

# **Austrian Journal of Technical and Natural Sciences**

**Nº 7–8 2014  
July–August**



«East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH

**Vienna  
2014**

# Austrian Journal of Technical and Natural Sciences

Scientific journal  
№ 7–8 2014 (July–August)

ISSN 2310-5607

<b>Editor-in-chief</b>	Petra Busch, Austria
<b>Consulting editors</b>	Jolanta Lewicka, Poland Alajos Fazekas, Hungary
<b>International editorial board</b>	Egor Rachynski, Ukraine Rostislav Komarov, Russia Slavka Konstantinova, Bulgaria Jennifer Mathieson, Scotland Hong Han, China Alessandro Massaro, Italy
<b>Proofreading</b>	Kristin Theissen
<b>Cover design</b>	Andreas Vogel
<b>Additional design</b>	Stephan Friedman
<b>Editorial office</b>	European Science Review “East West” Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH, Am Gestade 1 1010 Vienna, Austria
<b>Email:</b>	info@ew-a.org
<b>Homepage:</b>	www.ew-a.org

**Austrian 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.

## Instructions for authors

Full instructions for manuscript preparation and submission can be found through the “East West” Association GmbH home page at: <http://www.ew-a.org>.

## Material disclaimer

The opinions expressed in the conference proceedings do not necessarily reflect those of the «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH, the editor, the editorial board, or the organization to which the authors are affiliated.

## © «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH

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 «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH, Vienna, Austria on acid-free paper.

## Section 1. Architecture

## Секция 1. Архитектура

*Tarasyuk Ivan Ivanovich,  
Vostochnoevropaysky University named Lesia Ukrainka  
senior lecturer, institute of art,  
E-mail: iit77@ukr.net*

### Historical-architectural formation of village's country estates Volyn XII century — beginning of the XX century

**Abstract:** In the article the historical development of country estates, as the main structural element of the village building. The characteristics of architectural country estates of Volyn, interrelation of housing and farming buildings, their interlocation.

**Keywords:** country estates, the architecture, planning, the farming yard.

*Тарасюк Иван Иванович,  
Восточноевропейский университет имени Леси Украинки,  
старший преподаватель, институт искусств  
E-mail: iit77@ukr.net*

### Историко-архитектурное формирование сельских усадеб Волыни XII века — начало XX века

**Аннотация:** В статье рассматриваются историческое развитие усадеб, как основного структурного элемента сельской застройки. Характеристика архитектуры усадеб Волыни, взаимосвязь жилых и хозяйственных зданий, их взаиморасположение.

**Ключевые слова:** усадьба, архитектура, планирование, хозяйственный двор.

Изучение региональных особенностей народной архитектуры является актуальной задачей современных научных исследований. Традиционное народное архитектурное наследие Волыни олицетворяет собой многовековой опыт, традиции, быт и культуру украинского народа.

Важное место в формировании этого наследия принадлежит архитектуре сельских усадеб. Именно усадьба является одним из наиболее значимых компонентов традиционной бытовой культуры, которая берет свое начало с давних времен. Развитие усадеб, как основного структурного элемента сельской застройки тесно связано с развитием индивидуального жилья и сельских поселений. Получив возможность проживать отдельно от общины, человек на протяжении многих веков создавал и совершенствовал большое количество архитектурно — планировочных решений, как архитектуры индивидуального жилья, так и застройки усадеб и поселений.

В современной терминологии «усадьба» — это земельный участок, который охватывает дом, хозяйственные постройки с прилегающими к ним садом и огородом, что составляет отдельное хозяйство [1, 287] [3, 23] и составляет одно архитектурное целое. [19, 1392] В редких случаях в усадьбе огорода могло не быть. Похожее определение понятия «усадьба» находим и в других источниках [2, 101], с уточнением, что усадьба — это атрибут сельского типа поселений [7, 25], и является одной из базовых форм индивидуального жилого образования. [6, 5] В то же время к понятию «усадьба» относят и понятие «двор.» [13, 285] Понятие «сельский двор» в прошлом не ограничивался только земельным участком с расположенными на нем зданиями. Основным смыслом его был земельный надел, часть десятины пахотной земли.

Сведения о народной архитектуре Волыни XII — начало XX века, в том числе и о сельском усадебном

строительстве, встречаем в исторических, этнографических, археологических и архитектурных научных трудах многих ученых, как отечественных (Юрченко П., Данилюк А., Радовича Р., Самойлович В., Приходько М., Прибега Л. и другие), так и зарубежных (Волков Ф., Бломквист Е. и др.).

Территория Волыни в прошлом входила полностью или частично в различные административные образования: Киевская Русь (IX — XII вв.), Галицко-Волынское княжество (XII — XIV вв.), Волынское воеводство (XVI — XVIII вв.), Волынское наместничество (конец XVIII века до 1796 г.), Волынская губерния (1796–1925 гг.).

В настоящее время территориально совпадают с исторической Волынью — Волынская, Ровенская, большая часть Житомирской и северные районы Тернопольской и Хмельницкой области. [5]

Развитие усадеб тесно связано с возникновением и формированием сельских поселений. Пока жители Волынского края сохраняли полукочевой образ жизни, планирование и размеры поселений, и усадеб в частности, менялись в зависимости от природных условий. На протяжении веков архитектура, организуя пространство для жизни человека, непосредственно была связана с природной средой, которая влияла на формирование национального характера архитектуры. [20, 238] Естественные условия (условия конкретной местности (рельеф, почвы), климат, наличие тех или иных строительных материалов) — основной фактор на начальном этапе исторического развития форм и типов застройки сельских усадеб.

Территория Волыни не однородна в ландшафте, выделяют: Полесье с типичной в прошлом лесной культурой и Лесостепь — край земледелия. [4, 24] Волыньское Полесье — это низменная равнина, с бедными и малопригодными почвами для земледелия, но с большим количеством лесных массивов. Основной деятельностью населения было собирательство, бортничество и рыболовство. Лесостепная Волынь — это волнистая равнина с небольшими лесами и урожайными почвами, край земледелия. Большие морозы или жара, количество солнечных дней, осадки, направление преобладающих ветров, влияли на специфические композиционные приемы народной архитектуры Украины, и Волыни в частности. Среда обитания стала следствием использования строительного материала, что в свою очередь влияло на планировочную структуру, архитектурно-конструктивные и художественно-пластические решения народной архитектуры Волыни.

Рост числа жителей и переход к оседлости, способствовал возникновению поселений более определенной формы — ведь оборудовалось жильё надолго. Исккали для древнейших поселений сухие места у рек, озер и вблизи лесных массивов, на защищенных от ветров участках, удобных для проживания и ведения хозяйства. Изредка поселения располагались на древних городищах. [3, 17] Начало архитектуры древних славян происходят из традиций зарубинецкой культуры и традиций северного ареала черняховских племен. Выбор участка для усадеб в древних поселениях был почти произвольным, что в свою очередь привело к многообразию планировочных форм поселений.

Исторически сформировались и развивались под влиянием особенностей географической среды, этнических традиций, условий социально-экономического развития, хозяйственных знаний населения, государственного законодательства три основных социально-экономических типы сельских поселений на Волыни: село, выселки, хутор.

Наиболее распространенным и древнейшим типом поселений есть село, возникновение которого связано с дворищным хозяйством, с процессом хозяйственного освоения под земледелие определенных территорий группой людей. Дворище — форма совместного хозяйствования нескольких отдельных семей, объединенных в одну большую семью, которая известна еще с периода первобытного родового строя. [10, 63] Первые дворища развивались на достаточно широком пространстве (около гектара земли), в их состав входили однокамерные дома (их было 3–4), клетки, башни и многие хозяйственные постройки, также огород и сенокос. Через двор пролежала дорога, возле которой располагались основные здания, а к тем, что стояли в глубине хозяйства, прокладывали узкие дороги. Как правило, на дворище «сидела» большая патриархальная семья. [12, 335]

В начале развития, сельские поселения на Волыни были малодворовыми и состояли из нескольких дворов или группы дворов, по 5–10 хозяйств. Простота и приспособленность к природно-климатическим условиям сельских поселений, определяла характер взаимосвязи жилых и хозяйственных зданий в усадьбе, которые располагались отдельно друг от друга, без определенного порядка. При этом земельный участок, прилегающей к жилому зданию и хозяйственным сооружениям, всегда оставался открытыми, то есть под небом, в отличие от бытующих в других восточнославянских народов закрытого типа. Этот свободный тип застройки двора с расположением отдельных со-

оружий без определенного порядка, обеспечивал соблюдение элементарных санитарно-гигиенических норм, и получил всеобщее распространение с развитием земледелия, не только на Волыни, но на всей территории Украины. Свободный тип застройки двора сохранил свое существование на протяжении многих веков и был наиболее распространенным в XIX-начало XX веках.

Археологические материалы свидетельствуют, что усадебный характер застройки преобладал в XII — XIII веках на всей территории Киевской Руси. [3, с. 23] Главной функцией усадьбы того времени была защита; защита жилища от диких зверей и опасных людей, место где скрывались от холода, дождей и жары. Славянские народы располагали жильё по кругу, окружали усадьбу кольцевым земляным валом с деревянной оградой на нем, приспособлявая застройки для обороны от вражеских сил. Это древняя форма славянской усадьбы позже развилась в замкнутую застройку двора. [15, 514] Для замкнутой застройки двора характерно соединение между собой жилья и хозяйственных зданий по периметру. Основным сооружением в замкнутой застройке всегда являлось жилищное здание. Этот тип застройки двора получил распространение не только на севере Волыни, но и в Карпатах.

Традиционный крестьянский двор в прошлом, в зависимости от хозяйственной деятельности семьи, включал ряд разных хозяйственных построек. С развитием земледелия и животноводства сельская усадьба начинает представлять собой единый жилищно-производственный комплекс; в котором не было четкого распределения функций между отдельными частями этой усадьбы. Пространственная структура усадьбы, объединяя в себе жилые и хозяйственные постройки, обуславливалась прежде функциональным взаимодействием его составляющих. Ставя здания в соответствии со своими потребностями, крестьяне огораживают их заборами, начинают создавать двор. Все здания, которые формировали комплекс двора, были связаны между собой и существовали, как целостная система. В жилых помещениях, не только спали и ели, но и держали зимой животных, стирали, мастерили. В качестве жилья, в то же время выступали хозяйственные помещения или сооружения, в которых летом, а иногда и зимой спали.

В период формирования и развития феодализма усадьбы продолжали развиваться и приспособляться к новым общественным условиям. В XVI—XVII веках крестьяне жили в сёлах преимущественно на сель-

ских дворах (единоличное хозяйство) и дворищах. Крестьянский двор состоял из жилищных и хозяйственных сооружений, сада, огорода и обладал от 5 до 15 моргов земли (один морг составлял 0,56 га). Также были крестьянские хозяйства, владевшие только огородами, их называли огородниками. На юге Волыни в XVI века преобладали двора, которые имели 1–2 поля (один лан земли составлял от 19 до 23 га) земли и разные угодья, в северной части Волыни по 3–4 и более полей. [10, 63–64]

В XV — XVI веках на Волыни начинают организовываться совершенные формы производства — поместья, которые активизировали расширение площадей под пахотные земли. Лучшее и выгоднее положение в центре поселения, занимала усадьба (двор) помещика, она не была ограничена соседними наделами и имела большой простор для своего расширения и отделения хозяйственного двора.

Крестьянские усадьбы того времени, в зависимости от ширины надела, набирали формы удлиненного прямоугольника, в пределах которого и планировались ее части. В XVI — XVII ст. земельные наделы на Волыни располагались перпендикулярно путей сообщения, часто по обе стороны пути. [3, с. 24] В дальнейшем развитии, в результате выделения отдельных семей из одной семьи и разделение земельных наделов между ними, привело к раздробленности усадеб, к уменьшению размеров и ликвидации двусторонних усадеб.

На севере Волыни, в тех местах, где пахотных земель мало и население начинает заниматься животноводством (содержанием крупного рогатого скота), усадьбы обносят высокими заборами. Разведение скота было необходимо по причине бедности почв, для удобрения земли. От характера занятий семьи зависело количество хозяйственных зданий, их форма и размеры. Усадьба начинает выполнять промежуточную роль между жильем и улицей и занимает второе место за освоением.

С XVII века на Волыньском Полесье началась вырубка лесов для дальнейшего хозяйственного освоения земель. Этот процесс вызвал распространение хуторских поселений со свободной застройкой двора и бессистемным расположением зданий. В этой части Волыни, где в результате природных условий размеры земельных наделов были ограничены, беспорядочное планирования и раздробленность усадеб особенно выразительна. Традиционная форма узкого прямоугольника нарушалась, и усадьбы набирали форму ромбов, треугольников, иногда и вовсе бесформенные (окружены лесами, болотами, дорогами).

Определенное влияние на более поздние этапы развития сельских усадеб имели традиционные приемы связи зданий в украинском замковом строительстве XV — XVII веков, где сооружения размещались в один ряд, вдоль стены или по периметру. [18, 270] Такой вид застройки сельских усадеб назывался линейный и широко распространился в начале XIX века. При такой застройке, здания блокировались в один, или два, иногда в три параллельных ряда. В линейном типе застройки различали несколько вариантов: однорядная форма застройки (длинная хата) — расположение жилых и хозяйственных зданий в один ряд (под одной крышей, которая перекрывала здания на одном уровне или падала уступами (такие здания чаще стояли торцом к улице)) [11, 16], иногда здания располагались в один ряд, но каждое стояло отдельно; двухрядная форма застройки — расположение жилого здания и хозяйственных зданий (объединенных общими стенами и крышей) параллельными линиями. Двухрядная форма застройки была распространена на Волынском Полесье. [20, 238].

Строительство зданий под одной крышей было экономически выгодным, удобным для лучшей защиты людей и животных от морозов зимой. Если приходилось увеличивать количество жилищных или хозяйственных помещений, то достраивали только по длине, но никогда в ширину. Длина длинных домов иногда достигала 30 метров. Строительство зданий под одной крышей известно многим народам Западной Европы. Однорядная форма связи жилых и хозяйственных зданий случалась в отдельных районах Словакии, Румынии, Венгрии, Польши. [14, 65] Кроме Британии, длинная хата бытовала в Дании, Германии, Австрии, Голландии. [14, 219, 226]

Наряду со свободной и линейной застройкой двора характерным для Волыни является усадьбы с замкнутой застройкой открытого двора. В них размещалось под одной крышей по периметру жилые и хозяйственные постройки, с открытым хозяйственным двором внутри. Этот типа застройки двора был распространен на севере Волыни, в условиях жизни на отшибе, среди болот и лесов, при необходимости охранять скот от зверей, а также для задержания снега. Получили широкое распространение замкнутые дворы в середине XIX века. [17, с. 13] Усадьбы с замкнутой застройкой двора имели разные названия: хоромы, окружной двор, пидварок. Замкнутые дворы отличались разнообразием объемно-пространственного решения, размерами внутреннего дворика и разнообразными вариантами расположения жилого

здания. Иногда жилое здание выносилось за пределы двора, а другие здания оставались, сохраняя замкнутую планировку. Замкнутые дворы были распространены и в России. [15, 513–514] Объясняется это тесной связью с архитектурой других народов, русского и белорусского, что обусловлено общностью архитектурно-строительных и художественных традиций, корни которых идут со времен Киевской Руси. [8, с. 10]

Дальнейшая трансформация планов усадеб на Волыни приводит к появлению Г-образной и П-образной застройки. Характерной особенностью этих застроек является наличие сооружений, которые перпендикулярно прилегали к основной группе, причем при большем количестве хозяйственных помещений и зданий двор имел форму буквы «П» (у зажиточных крестьян), а при меньшей — букву «Г». По характеру конструктивной связи жилого здания с хозяйственными зданиями представлены подтипы: с независимым размещением жилья; частичное совмещение с хозяйственными сооружениями; сплошной объем под одной крышей, с выделением жилых и хозяйственных функций.

Чаще всего крестьянская усадьба Волыни XVIII — XIX веков состояла из трех частей: подворья (территория возле жилого здания), хозяйственного двора и огорода. Ко двору относили только хозяйственные постройки. [9, 15] Важное влияние на размеры крестьянских усадеб и количество хозяйственных построек, необходимых для ведения единоличного хозяйства имело уменьшение земельных наделов, которое началось в начале XIX века. Крестьянство в своей массе не только лишалось земли, но и теряло тягловую силу. Бедные крестьянские усадьбы делились на две части — двор и огород. Во дворе стоял дом и хлев. В состоятельных владельцев, кроме этого, было большое количество хозяйственных построек (сарая, отдельная рубленая кладовая, строение для телеги, погреб, курятник, сарай).

Сельские поселения, большинство из которых были малодворовыми, постепенно разрастались и образовывали многодворовые села. С ростом численности населения и развития производительных сил происходили значительные изменения в сети поселений разных типов. Существенное влияние на застройку двора имело вмешательство в народное сельское строительство государственного законодательства. В частности, российские и австро-венгерские строительные законы и инструкции XVIII — XIX веков регламентировали местонахождение на усадьбе опре-

деленных зданий, расположение двора относительно дороги или улицы, вносили определенные коррективы в народное строительство. Это делалось для обеспечения пожарной безопасности. В начале XX века в ходе реализации столыпинской аграрной реформы и переселения крестьян на хутора российское правительство сильно повлияло на соблюдение крестьянами строительных правил.

В XVIII веке — в начале XIX века появляются регулярные уличные поселения (в основном одноуличные), которые привели к изменению форм поселений и планирования. Уличные поселения становятся доминирующими и дали дальнейшее развитие сельским усадьбам со свободной застройкой двора, где жилые здания сооружали в основном отдельно от хозяйственных помещений, за исключением северо-западных районов Вольни. [8,12] Расположение жилого здания в свободной застройке двора было различным: торцом к улице, в глубине двора, у дороги. Нередко жилые и хозяйственные постройки были размещены на усадьбе без всякого определенного порядка.

Особенно характерным уличное планирование сельских поселений было для чешских и немецких колоний в XIX веке. Наряду с уличными формами сельских поселений для Вольни характерны бессистемные (северные районы), рядовые и комбинированные. Бессистемные поселения в подавляющем большинстве были бессистемно скучены. Рядовые поселения на Вольни встречались в двух разновидностях: придорожные и приречковые.

Использование особенностей окружающей среды для рационального упорядочения своих бытовых потребностей особенно четко просматривалось в ориентации главного фасада жилого здания. Фасад с наибольшим количеством окон ориентировался на юг (на южные румбы — юг, юг-восток, юг-запад.), для лучшей инсоляции и теплового режима жилых помещений, для наиболее благоприятных условий эксплуатации жилья. Соблюдение необходимой ориентации по сторонам света приводило к пренебрежению положением жилищного здания по отношению к улице. В селах часто жилые здания обращены и главным фасадом, и боковой, и задней стеной, а иногда и углом к улице.

Расположение зданий и форма двора в усадьбе зависели в основном от направления улицы, формы земельного участка и его топографических особенностей. [16, 176] Значительную роль в решении усадьбы играло расположение дома относительно линии застройки улицы. По удаленности от улицы жилого здания Украинский двор был представлен тремя вари-

антами: удаленным, приближенным, непосредственным. Для большей части Вольни характерно приближенное расположение жилого здания (с небольшим отступом 5–7 метров от линии застройки), а для северных районов характерно отдаленное.

Ориентация жилого здания значительно влияла на его расположение относительно улицы и от ее направления относительно стороны света. При направлении улицы с севера на юг, с юго-востока на северо-запад, с юго-запада на северо-восток, жилое здание располагалась перпендикулярно к улице (торцом). Это расположение было наиболее рациональным, уменьшая при этом к минимуму ширину приусадебного участка, обеспечивалась удобная связь с улицей и хозяйственным двором. Хозяйственные постройки в таком планировании располагались напротив длинной стороны жилого здания, напротив входа в дом или в глубине усадьбы.

При направлении улицы с востока на запад жилые здания располагались параллельно улице, длинной фасадной или напольной стороной. Размещение хозяйственных построек при такой планировке отмечалось двумя приемами: если к улице обращена фасадная сторона здания с входом, то хозяйственные постройки располагались перед домом, закрывая его от улицы (такое расположение зданий соответствовало древнему типу двора); если жилое здание обращено к улице непосредственно глухой (напольной) стеной, то хозяйственные постройки располагались в глубине усадьбы, напротив фасадной стороны жилого здания, создавая при этом отдельный хозяйственный двор, к которому выходили двери хозяйственных построек: амбара, погреба, сарая, здания для хранения скота, птицы, для сельскохозяйственного инвентаря и транспортных средств.

Условия сельского производства (выращивания зерновых, содержание крупного рогатого скота), требовало соответствующих помещений и отдельных зданий в усадьбе, требуя при этом удобной пространственной связи жилого здания с хозяйственными сооружениями, иногда даже в ущерб санитарно-гигиеническим условиям. Неприглядный вид имела улица с обращенными в ее сторону хозяйственными зданиями, но это мало свое объяснения, хозяин строя перед окнами хозяйственные постройки, мог сохранить их от кражи.

Материалом для строительства, как жилых, так и хозяйственных зданий в сельской усадьбе, служило дерево (сосна, дуб, реже осока или береза). Дерево было основным материалом для конструктивных элементов зданий, таких как стен (сруб и каркасная

техника), фундамент, пол, потолок, крыша (двух-, четырехскатная). Доступность, легкость обработки, возможность заселения сразу после завершения строительства способствовала распространению деревянного строительства с древних времен.

Преимущественно жилое здание и хозяйственные постройки в усадьбе Волыни объединялись в один ансамбль оградой, которая дополняла его и естественно вписывалась в местность. Главное назначение ограждения — защита домашних животных от диких зверей. Ограждение вместе с насаждениями усадьбы зимой помогали задерживать снежные заносы.

Стремясь к эстетике создаваемой среды, на основе гармоничной целостности, народные зодчие

достигали слияния имеющегося ландшафта и архитектурных форм. В застройке усадеб Волыни композиционно выделялось жилое здание (дом), за счет архитектурной формы, колористическим решением, размещением относительно улицы и т. д. В зависимости от функциональной принадлежности, значения хозяйственных зданий в формировании усадеб определялось в соответствующем архитектурно-планировочном решении. Общность объемно-планировочных и архитектурно-художественных приемов способствовала слиянию групп усадеб в целостную систему поселений, образуя органическую связь застройки с окружающей средой.

#### Список литературы:

1. Бломквист Е. Крестьянские постройки русских, украинцев и белорусов. – М.: 1956.
2. Безродный П. П. Архитектурные термины. – К.: Высшая школа, 1993.
3. Данилюк А. Г. Традиционная архитектура регионов Украины: Полесье. – Львов: Издательский центр ЛНУ им. Ивана Франко, 2001.
4. Атлас истории Волынской области/Отв. Ред. Ф. В. Зузук. – Луцк: Вол. нац. ун-т им. Леси Украинки, 2008.
5. Макарчук С. А. Этнография Украины. – Л.: Мир, 2004. [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.ebk.net.ua/Book/history/makarchuk\\_eu/part5/502.html](http://www.ebk.net.ua/Book/history/makarchuk_eu/part5/502.html)
6. Николаенко В. А. Типологические и методологические проблемы формирования индивидуальной малоэтажной жилой застройки в Украине: Автореф. дис. д-ра арх. – Харьков, 1999.
7. Репин Ю. Архитектура жилища. – К.: Тираж, 2003.
8. Самойлович В. П. Народное творчество в архитектуре сельского жилья. – К.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуры УССР, 1961.
9. Русов М. Поселение и постройки крестьян Полтавской губернии. – Х.: Сборник Харьковского историко-филологического общества, 1902.
10. Мишко Д. Из истории дворища на Украине. – НТЕ, 1963.
11. Данилюк А. Г. Волынь: Памятки народной архитектуры. – Л.: Надстирья, 2000.
12. Ворончук И. А. Крестьянский двор на Волыни во второй половине XVI века/Третья Академия памяти профессора Владимира Антоновича. – К., 1995.
13. Ополовников А. В. Русское деревянное зодчество. Гражданское зодчество. – М.: Искусство, 1983.
14. Типы сельского жилища в странах зарубежной Европы./Отв. Ред. С. А. Токарев – М.: Наука, 1968.
15. Волков Ф. Этнографические особенности украинского народа. Украинский народ в его прошлом и настоящем. – Петербург, 1916.
16. Юрченко П. Деревянная архитектура Украины. – К., 1970.
17. Самойлович В. П. Народное архитектурное творчество Украины. – К.: Будивэльник, 1989.
18. Приходько Н. Некоторые вопросы истории жилища на Украине. – М., 1974.
19. Советский энциклопедический словарь/Отв. Ред. А. М. Прохоров. – М.: Сов. Энциклопедия, 1987.
20. Архитектурное наследие Украины. Вып. 2./Отв. Ред. В. Тимофийенко. – К., 1995.



## Section 2. Biology

## Секция 2. Биология

*Malafeeva Evgenia Fedotovna, Nizhny Novgorod state University  
Arzamas branch, Candidate of biological Sciences,  
Associate Professor, Department of Zoology  
E-mail: malafeeva.ev@yandex.ru*

### Seasonal avifauna Arzamas areas with different degree of anthropogenic load

**Abstract:** This article focuses on monitoring studies avifauna of a small town, where different regions have different degree of anthropogenic load.

**Key words:** ornithofauna, anthropogenic loading, monitoring, sinanthrop, the coefficient of similarity.

*Малафеева Евгения Федотовна, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал  
Кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии  
E-mail: malafeeva.ev@yandex.ru*

### Сезонная орнитофауна районов г. Арзамаса с разной степенью антропогенной нагрузки

**Аннотация:** Данная статья посвящена мониторинговым исследованиям орнитофауны небольшого города, в котором разные районы имеют неодинаковую степень антропогенной нагрузки.

**Ключевые слова:** орнитофауна, антропогенная нагрузка, мониторинг, синантроп, коэффициент сходства.

Школа орнитологов нашего края всегда занимала одно из ведущих мест в изучении птиц России [1]. Кафедра зоологии Арзамасского государственного педагогического института с начала 70-х годов занималась изучением орнитофауны нашего города и Арзамасского района. В 70-е годы в городе было отмечено до 70 видов птиц [2]. Однако до середины 90-х годов 20 века орнитофауну изучали в основном в районе дендрария, расположенного к северо-западу от центра города [4]. С 1996 года было начато исследование сезонной орнитофауны в районах города с разным типом застройки, близостью зеленых зон и водоемов [3, 4, 5, 6, 7]. В настоящей работе приводятся обобщенные данные исследований орнитофауны города.

Арзамасский район находится в лесостепном Правобережье Нижегородской области, на так называемом Арзамасском плато, представляющем собой приподнятую полого-волнистую равнину. Климат лесостепной зоны относится к умеренно-континентальному. Средние годовые температуры воздуха

составляют  $\pm 3,2-3,7^\circ$ . Средняя январская температура —  $11,8^\circ$ , а среднеиюльская —  $+19^\circ$ . Вегетационный период продолжается 189 дней. Продолжительность безморозного периода составляет 137 дней. Осадков в год выпадает до 490 мм. Главной рекой края является Тёша [8, 47].

Видовой состав орнитофауны района и города представлен в основном гнездящимися видами, оседлых и зимующих незначительная часть. Исследование проведено в 7 районах города. Первый район представляет старинную часть, центр, в котором основной тип застройки представлен одно- и двухэтажными частными домами с огородами, однако, в последние годы характер застройки начал активно изменяться, появляются многоэтажные дома, сокращается количество зеленых насаждений, усилился поток как общественного, так и частного автотранспорта.

Второй район расположен на северо-востоке от центра города, представлен многоэтажными застройками и большой территорией одного из про-

мышленных предприятий — машиностроительного завода. Улица с интенсивным потоком грузового и общественного транспорта и небольшим количеством зеленых насаждений. Третий район находится в северо-западной части города, застроен в конце двадцатого века многоэтажными домами, интенсивный транспортный поток. С северной части этот район выходит на зелёный массив спортивно-оздоровительной базы и пруд, называемый 408 км за близость железнодорожной ветки, идущей в московском направлении.

Четвертый район расположен в нижней части города, это также старинная его часть, где преобладают старые застройки, у большинства домов есть огороды и палисадники, улицы, как и в центре города узкие, но с интенсивным транспортным потоком. У этой части города с западной стороны протекает река Тёша.

Пятый район отличается только многоэтажной застройкой — новая часть города, которой чуть более 20 лет. Расположен на востоке от центра, внутри микрорайона нет движения общественного и грузового транспорта. В северной части микрорайона протекает приток Тёши-Шамка, на востоке расположен зелёный массив искус-

ственных насаждений и одно из самых больших садоводств города.

Шестой район — побережье реки Тёши в пределах городской черты. На высоком правом берегу расположен город, левый берег — лука, железная дорога южного направления и пригород.

Седьмой район расположен в северной части от старого центра, фактически центральная часть города, но с многоэтажными застройками и улицы с интенсивным транспортным движением, однако, большая часть этого района представлена городским парком отдыха и памятником природы — дендрарием.

Результаты исследования орнитофауны показали интересную картину. Общее число видов птиц, встречаемых в городе в разные сезоны, 93. Кроме того отмечены единичные встречи с такими видами как сова белая, славка ястребиная, пуночка, клест-еловик, кедровка и горихвостка чернушка. Эти виды отмечены как залетные, так как ни для одного не обнаружено гнездование, и время пребывания в городе было коротким в течение недели или чуть больше. Количественное распределение видов по районам представлено на рисунке 1.

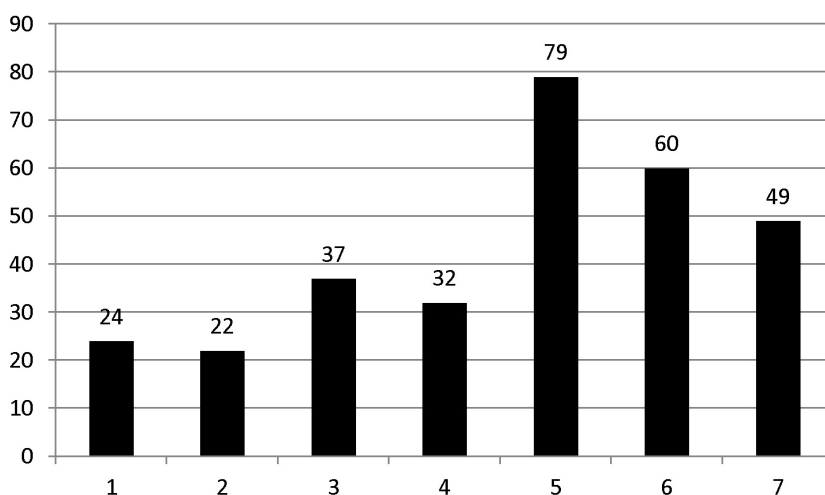


Рисунок 1. Количество видов птиц в разных районах города.

Сравнение районов по количественному составу авиафауны показало, что самое большое число видов встречается там, где расположены зелёные массивы и по побережью реки. В старом центре города и в районе промышленного предприятия наименьшее количество видов. 16 видов встречены повсеместно, среди них 8 синантропы (воробей полевой, голубь сизый, ворона серая, галка, сорока обыкновенная, грач, синица большая, стриж). В центральной части города (район 1), в районе 5 обнаружены 9 синантропных видов, в районе 6—11 и в районе 7—10. Однако индекс синантропизации (отношение количества синан-

тропных видов к общему в конкретном районе) самый большой в районах 1 (0,37) и 2 (0,36). Самый низкий показатель синантропизации в районе 5 (0,11), где наибольшее видовое разнообразие птиц.

Систематический анализ показал, что в городе встречаются виды 13 отрядов и 35 семейств, однако, наиболее представительный отряд Воробьинообразных (67,7% всей авиафауны города). Среди семейств воробьинообразных наиболее многочисленны в видовом отношении Славковые и Вьюрковые (по 13 видов) и Дроздовые (9 видов). В то же время повидовой учет плотности населения птиц

показал преобладание в городе представителей семейств Врановые и Ткачиковые в центральной части города и в районе крупного промышленного предприятия машиностроительного завода, в то время как в районах с большими зелеными массивами резко увеличивалась плотность населения Вьюрковых и Славковых, среди которых фоновыми видами выступали зяблик, зеленушка, щегол, пеночки весничка, трещотка и зеленая, славки серая и садовая.

Среди неворобьиных птиц явное преобладание представителей отрядов Соколообразные (8 видов) и Дятлообразные (6 видов).

Важным условием анализа видового разнообразия разных районов является кластеризация выборок на основе матрицы индексов сходства. Для этого мы рассчитали коэффициент Серенсена, на основе которого построена дендрограмма, представленная на рисунке 2.

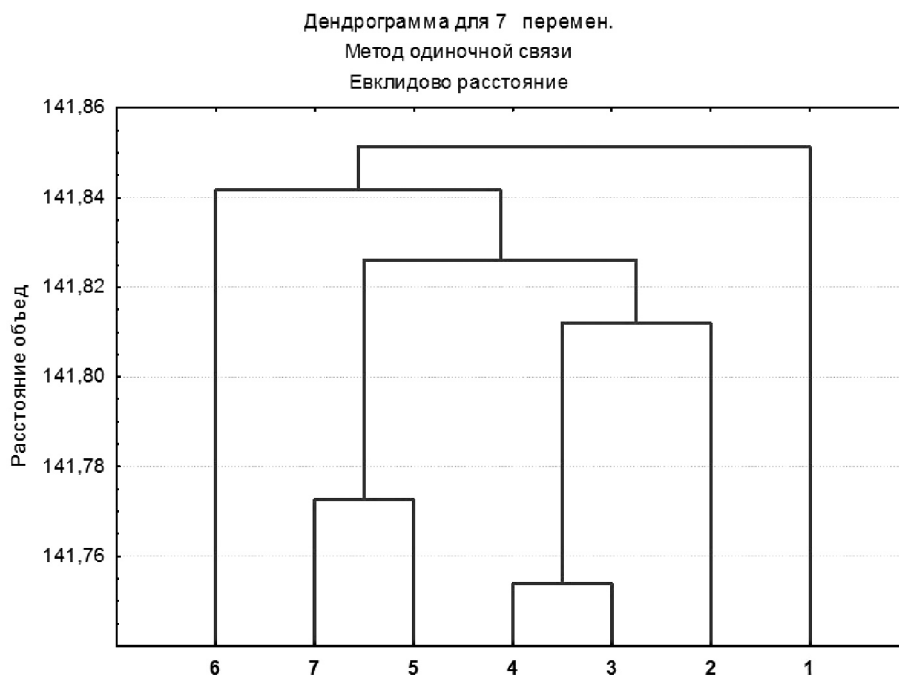


Рисунок 2. Дендрограмма кластерного анализа видового разнообразия птиц 7 районов города Арзамаса, построенная методом одиночного присоединения (ближайшего соседа).

Наибольшее сходство между собой имеют районы 7 и 5, включающие большие зеленные массивы в виде парка с дендрарием и зеленой зоны с садоводством. Второй кластер представляют районы 4 и 3, расположенные на значительном расстоянии друг от друга, но объединенные тем, что оба имеют расположенные рядом большие водоемы (река Теша и пруд 408 км). К этому кластеру близок район 2, расположенный на окраине города и имеющий большую по площади промышленную зону. Следует отметить, что для районов 4 и 3 так же характерно наличие промышленных предприятий, но меньшего масштаба с небольшими промышленными зонами.

Наибольшую плотность населения в первом районе имел воробей полевой, во втором — голубь сизый и в пятом — синица большая. Однако в осенне-зимний период во всех районах также отмечена высокая плотность населения снегирем и свиристым, воробьем полевым и синицей большой. Индекс видового разнообразия Шеннона распределился следующим образом: наименьшие показатели — 1,83 пер-

вый район, 1,47 второй и наибольший — 2,96 пятый. Причем, по сезонам он колебался значительно, и его наибольшие показатели в разных районах отмечены в разные сезоны. Снижение индекса Шеннона указывало на увеличение антропогенной нагрузки.

Экологический анализ городской орнитофауны был проведен по следующим параметрам: характер пребывания на территории (оседлые, перелетные, гнездящиеся, зимующие, кочующие); питание (зоофаги, фитофаги, всеядные, с сезонной сменой корма); приуроченность к местам обитания (лесные и парковые, птицы открытых пространств, околородные, гнездящиеся в поселениях человека); гнездование (деревья и кустарники, травы и земля, строения). По характеру пребывания на территории города птицы распределены следующим образом. 62% составили перелетные гнездящиеся, 28% — оседлые. Самые небольшие группы кочующих (6%) и зимующих (4%) птиц. Распределение данных экологических групп по районам представлено на рисунке 3.

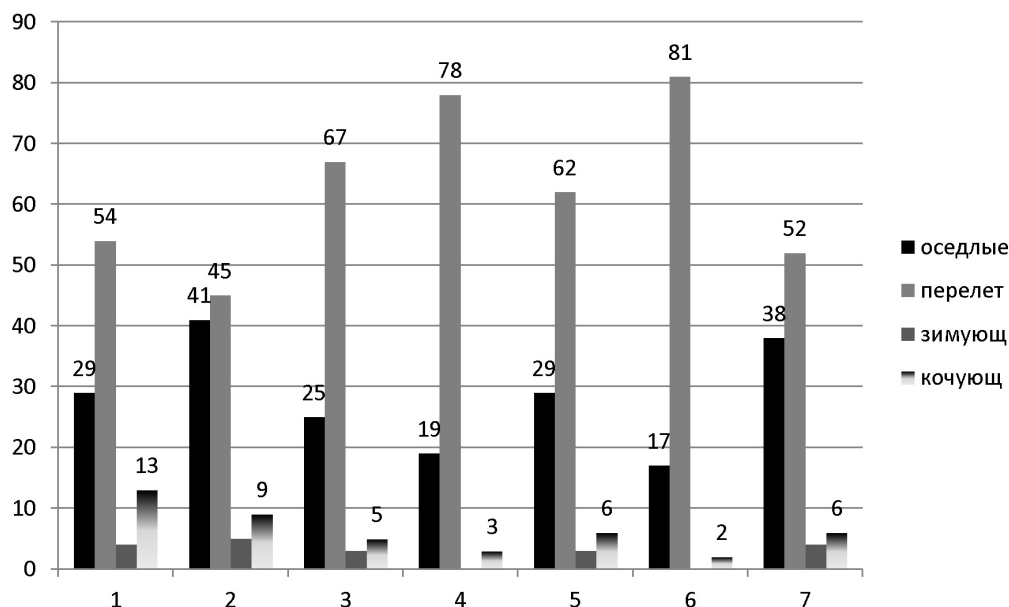


Рисунок 3. Распределение экологических групп птиц по характеру пребывания на территории в 7 районах города (%).

Как видно на рисунке во всех районах наибольший процент составляли перелетные гнездящиеся виды, в районе 2 (территория с большой промышленной зоной) их доля была практически равна с долей оседлых птиц. Соотношение перелетных и оседлых видов было невелико и в районах 1 (старый центр города) и 7 (новый центр с парковой зоной). Наилучшие места для гнездования перелетные птицы находили в районах 6, 4, 3 и 5.

Анализ трофических групп выявил явное преобладание зоофагов (48,4%) и птиц с сезонной сменой кормов (33,3%). Всеядные и фитофаги составили небольшие группы — 9,7 и 8,6% соответственно.

По типу гнездования преобладали виды, предпочитающие гнездиться на деревьях (47,3%), за ними следовала группа, гнездящихся на земле (31,2%). На зданиях и других сооружениях гнездится 7,5% видов, столько же предпочитают древесно-кустарниковый тип гнездования. В кустарнике селится не более 4,3%.

Фауно-генетический анализ по классификации Б. К. Штегмана (1938) показал, что фауна птиц города Арзамаса относится к 7 типам с преобладанием европейских (49,5%) и транспалеарктических (широко-распространенных, 34,5%) видов. Монгольский и арктический типы орнитофауны составили по 1%, китайский и средиземноморский — по 2%.

Динамика изменения орнитофауны, связанная с антропогенным прессом четко прослеживается в старом центре города. В последние годы значительно меняется характер застройки и интенсивность

транспортного потока при наличии старинных узких улиц, сокращается количество зеленых насаждений. Число видов в этом районе сократилось с 36 (в 90-е годы 20 столетия) до 24 в последние годы, что в 1,5 раза меньше. Исчезли в этой части города пухляки, лазоревки, зарянки, ласточки, пеночки, кроме зеленой. Однако плотность населения изменилась незначительно за счет увеличения плотности вороны серой, галки, воробья полевого, грача, голубя сизого. Следует отметить такой факт, что в городе не встречается домовый воробей уже на протяжении 30 лет.

Новый центр (район 7), в который входит большой зеленый массив дендрария и парковая зона, так же претерпел изменения. В конце 20 века дендрарий оказался в силу экономических условий в заброшенном состоянии, исчезли многие интродуценты, деревья стали высокоствольными, при сильном загущении кроны расположены высоко над землей. Уход за дендрарием в последние годы заключается в основном в вырубке кустарника местных пород и сухостоя, уборке территории от мусора. Дендрарий стал частью парка, возросла посещаемость его отдыхающими. Все это привело к сокращению удобных для гнездования мест, возрастанию фактора беспокойства. Число видов с 70 сократилось до 48 (в 1,5 раза), а плотности населения в 2 раза, особенно в зимний период.

Менее всего изменился состав авиофауны в районе 6 (улицы, прилегающие к побережью реки Тёши), хотя здесь отмечено снижение плотности на-

селения крачками, чибисами, желтыми трясогузками, чеканами и скворцами.

В районах 3 и 5 наблюдается тенденция к увеличению видового состава при относительно незначительных изменениях плотности населения. На наш взгляд, такая тенденция связана с наличием стареющих, зарастающих кустарником зеленых массивов и заброшенным состоянием многих садов в прилегающих

к этим зонам городских садоводств, что и привлекает птиц в эти районы города.

Таким образом, мониторинговые исследования орнитофауны небольшого города средней европейской полосы России показали четкую зависимость видового и численного состава от изменения характера застройки, состояния зеленых насаждений и интенсивности транспортного потока на улицах.

#### Список литература:

1. Воронцов Е. М. Птицы Горьковской области. – Горький: Волго-Вятск. кн. изд-во, 1967.
2. Малафеева Е. Ф. Сезонные орнитологические экскурсии в дендрарий и окрестности г. Арзамаса: Методическое пособие.- Арзамас: АГПИ, 1997.
3. Малафеева Е. Ф., Кондратова Т. И. Состояние сезонной орнитофауны г. Арзамаса в районах с разным типом застройки//Экологические и социально гигиенический аспекты окружающей человека среды. – Рязань: Изд-во «Проверенный», 2001.- С. 11–114.
4. Малафеева Е. Ф. Орнитофауна дендрария города Арзамаса Нижегородской области Материалы Всероссийской научной конференции «Охрана растительного и животного мира Поволжья и сопредельных территорий», Пенза, 20–21 мая 2003 г. – Пенза: ПГПУ, 2003.
5. Малафеева Е. Ф., Горбунчикова Т. А., Тиссен Н. А. Орнитофауна города Арзамаса Нижегородской области в разные сезоны года Материалы Четвертой Всероссийской конференции «Проблемы биологической науки и образования в педагогических вузах», 28–29 апреля 2005. Вып. 4. – Новосибирск, 2005.- С. 146–148.
6. Малафеева Е. Ф. Мониторинговые исследования зимней орнитофауны дендрария города Арзамаса//Зоологические исследования регионов России и сопредельных территорий: Материалы Международной научной конференции/Под ред. А. И. Дмитриева, Д. М. Кривоногова – Нижний Новгород: НГПУ, 2007.- С. 164–168.
7. Малафеева Е. Ф. Сезонная орнитофауна зеленых зон г. Арзамаса Нижегородской области//Альманах современной науки и образования. – 2013, № 7. – С. 94–98.
8. Природа Горьковской области. – Горький: Волго-вятское кн.изд-во, 1974.
9. Штегман Б. К. Основы орнитогеографического деления Палеарктики//Фауна СССР. Птицы. Т. 1, вып. 2. – М.–Л., 1938.

## Section 3. Biotechnology

### Секция 3. Биотехнологии

Smirnov Kirill Dmitrievich, Udmurt State University,  
Master degree student, the Faculty of Biology  
E-mail: ker78@yandex.ru

#### Cyanobacterial supra-cell structures as a basic component of primitive analogue neural networks

**Abstract:** At the present time, implementation of neural network devices based on live neuronal cells faces several challenges [16, 2], [17, 1], [7, 1], [2, 398–406, 18, 96–101]. To address this question, cyanobacterial *Oscillatoria* supra-cell structures were applied. Cyanobacteria *Oscillatoria* sp. possesses several interesting features: oscillation movement, chromatic adaptation, and light harvesting pigment system [4, 144–145]. To implement this type of bioelectronic devices, above-mentioned features of *Oscillatoria* supra-cell structures has been used.

**Keywords:** Cyanobacteria, *Oscillatoria* sp., supra-cell structures, bioelectronic devices, analogue neural networks.

#### Methods summary

In our case, chip structure consisted of filamentous *Oscillatoria* biomass (external surface: filaments 20–25 microns wide, 500–800 microns in length), contacts area, and organic and an inorganic auxiliary structures was realized (inner surface). To form supra-cell structure, *Oscillatoria* biomass was proliferated by directed photo taxis method. The chip surface local sections (circuits) were operated by light of different wavelengths via optical wires. In experiments, electric potentials on 8 electrodes from proliferated *Oscillatoria* clusters on the chip surface have been recorded (polygraph

EEGA-21/26 «Encephalan-131–03»). We used the following wavelengths: red (650 nm), ultraviolet (365 nm), green (535 nm) and white LEDs. The time of illumination was 1 and 2 min respectively.

#### Discussion

*Oscillatoria* is a filamentous cyanobacteria; *Oscillatoria* forms colonies of hundreds or thousands of microscopic (20–25 mic wide, 500–1000 microns in length) oriented trichomes. This special ability allow realize specific self-assembled chip devices as remote analogue of living neuronal structures [20, 61–63].

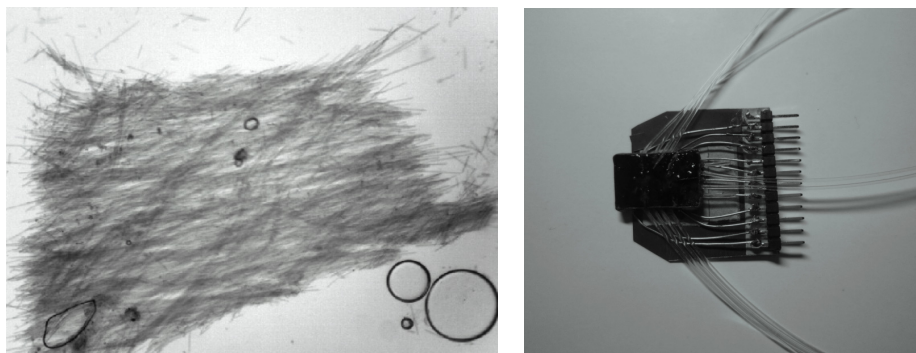


Fig 1. Multilayered trichome reticular structure of *Oscillatoria* (8/0.20, Microscope Model C11, Webbers Cam©, 5 Megapixels, left) and one of the devices (right).

Fig 1. shows isolated fragment of multilayered cyanobacterial cluster under the microscope. Trichomes (filaments) of cyanobacteria due to phototaxis stacked in a relatively uniform spatial structure. Each cell forms at least 20–120 contacts with neighboring trichomes (filaments). In microscopic field we can see striated

longitudinal and transverse bands of diameter 100–150 microns, formed by *Oscillatoria* sp. trichomes.

Cyanobacteria have a long history of existence and use and are the oldest known oxygenic organisms, which by their photosynthetic activity probably made a fundamental contribution to the development of

the present oxygen-rich atmosphere *Oscillatoria* [12, 2]. The mechanisms of cyanobacterial photosynthesis is identical to that of photosynthetic prokaryotes [1, 134–141]. Cyanobacteria has a prokaryotic photosynthetic apparatus consist of photosystem I and II, include chlorophyll *a* (rare-chlorophyll *c*) and light-harvesting pigment system: carotenoids and three special subclasses of pigments:

phycoerythrins, phycocyanins and allophycocyanins [11, 3130–3133], [21, 150–173]. Cyanobacteria have a several unique features: oxygenic/anoxygenic pathway of photosynthesis [14, 2153], oscillation movement, fast proliferation on substrate, phototaxis, and ability to absorb different wavelengths of light [21, 1300–150] and chromatic adaptation [19, 84–90].

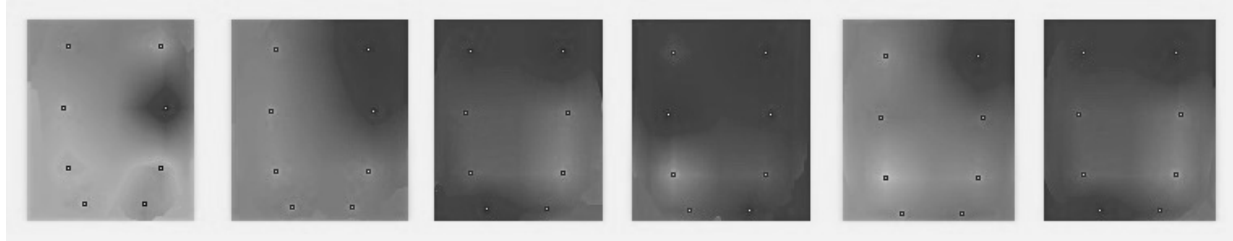


Fig. 2. Spatial activity of *Oscillatoria* sp. cluster on 8 electrodes (in basic constructions). Wavelength of light: red, green (lasers), white (LEDs). Illumination sides: left (L), right (R) and simultaneous (LR)

As an example in Figure 2. shows the activity patterns of evoked potentials (mV). Activity patterns change all the time and depends on the location exposure and wavelength of light in experiment.

The statistical data has been analyzed by a Kruskal-Wallis one-variance test. Kruskal-Wallis one-variance test shown to statistical significance for green and background and ultraviolet light (0.05%). Signal amplitude shown wide swings in 14–6230 mV in depending on wavelengths of light. Lowest amplitude was registries in backgrounds

(14–370 mV), the highest amplitude registries at green (3580 mV), and ultraviolet light (6233 mV); red laser shown medium values of amplitudes (540–740 mV). Background activity of *Oscillatoria* clusters ranged from 14 to 125 mV (depending on the design of the chip). Spontaneous activity of *Oscillatoria* clusters remotely similar to the synchronized bursting events (SBEs) [7] and self-synchronized processes in neural networks, including hidden correlations [15, 1151–1153], [16, 1–2], [17, 1–3], [7, 1], [6, 8465–8476].

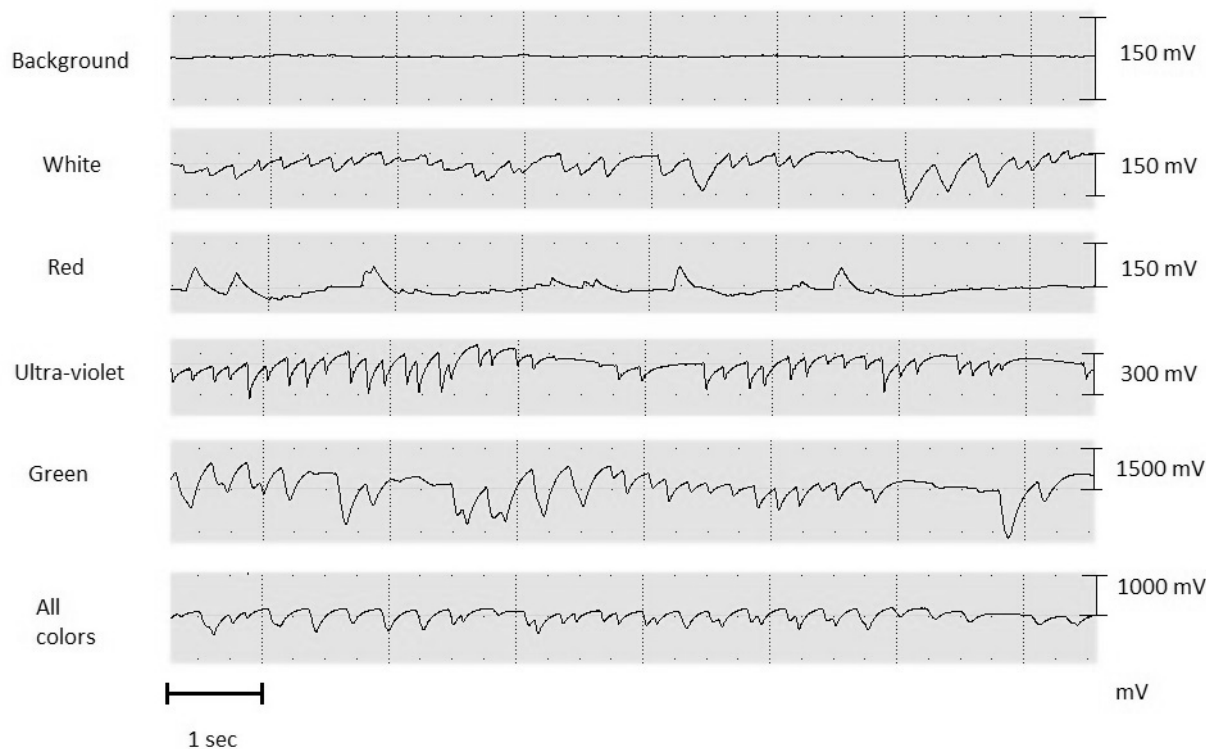


Fig.3 Generalized patterns of amplitudes (mV) after illumination of *Oscillatoria* cluster.

We can assume that the background activity clusters oscillator caused synchronization of electrical activity

within and between groups of individual trichomes in a network. Thus, electrical activity within them depends

on the work of photosynthetic apparatus and may be modulated light having different wavelength, as it occurred in experimental series.

As result of graphic interpretation we got an electric potential (mV) wide-band oscillations patterns (0, 5–8 Hz), depending on the wavelengths of light (nm). We can assume that the background activity of cyanobacterial clusters caused synchronization of electrical activity within and between groups of individual filaments in a “network”. Thus, electrical activity within them depends on the work of photosynthetic apparatus and may be modulated light having different wavelength, as it occurred in experimental series. After prolonged illumination, supra-cell structure demonstrated some properties of neural networks analogues: habituation, sensitization, and differentiation in 0, 5–4 Hz, 1–4 sec respectively.

Fig. 3 shows how amplitudes of different wavelength conditions were similar to each in the same patterns (during exposure of different devices). Likely this is due to the work of integrated complex cyanobacteriochrome (CBCR) photoreceptors [3, 12835], [9, 4974–9], [8, 8199–202] or cyanobacterial analogue of spatial dynamics of photosystem II in *Chara sp.* cell after stimulations [10, 516–519]. After that, the statistical data has been analyzed by a Kruskal-Wallis one- variance test. Test shown to statistical significance for green/background and ultraviolet light at a significance level of 0.05%. Signal amplitude shown wide swings in 100–7000 mV in depending on wavelengths, used in experimental process. The lowest amplitude was registries in backgrounds (100–250 mV at different constructions), the highest amplitude registries at green (535 nm, 7000 mV), and ultraviolet light. Red laser (650 nm) shown medium values of

amplitude 600–2500 mV on a different devices. In this case we have self-reproducing living system that reversibly react to individual light exposure depending on wavelength light diapasons. For this instance, we can use a range of reversible reactions and assign it a value (1), (2), (3), (4) as «colored state» (white, red, green, ultraviolet light and etc.) and [5]- «mixed state» (all wavelength in illumination). This features of a cluster *Oscillatoria* can lead to realization cyanobacteria- based similar devices on a set of a «colored» and «hybrid» state, operated by a different wavelengths conditions in determined local topology of wet chips. After prolonged illumination, supra-cell structure demonstrated some properties of neural networks analogues: habituation, sensitization, and differentiation (0,5–4 Hz, 1–4 sec).

Consequently, in this case we have self-reproducing living system that reversibly reacts to individual light exposure depending on wavelength light diapasons. For this instance, we can use a range of reversible reactions and assign it a value (1–5), where (1), (2), (3), (4) as «colored state» (white, red, green, ultraviolet light and etc.) and (5) — «mixed state» (all wavelength in illumination). Potentially, this features of *Oscillatoria* photosynthetic apparatus can lead to realization cyanobacteria- based similar devices on a set of a «colored» and «hybrid» state instead of binary “0” and “1”, operated by a different wavelengths conditions in determined local topology of wet chip.

**Acknowledgments** I am very grateful to many colleagues with whom I have discussed theoretical aspects, technical realization and experimental tests over the past 2 years and particular Pronichev I.V. and Khudyakova N.A, Udmurt State University, 426000 Izhevsk, Russia.

#### References:

1. Allen, Mary Mennes. Oxygenic Photosynthesis in Prokaryotes.//Bacteria in Nature. Vol. 1, 1985, pp 133–153.
2. Bruce C. Wheeler, Fellow IEEE and Gregory J. Brewer. Designing Neural Networks in Culture. Experiments are described for controlled growth, of nerve cells taken from rats, in predesigned geometrical patterns on laboratory culture dishes. Proc. IEEE Inst. electr Electron Eng. Mar 1, 2010;98 (3): 398–406
3. Bussella Adam N. and David M. Kehoe. Control of a four-color sensing photoreceptor by a two-color sensing photoreceptor reveals complex light regulation in cyanobacteria. Proc Natl Acad Sci U S A. Jul 30, 2013; 110 (31): 12834–12839.
4. Donkor Adubea Victoria, Donat-P. Hader. Effects of ultraviolet irradiation on photosynthetic pigments in some filamentous cyanobacteria. Aquatic Microbial Ecology, Vol. 11: 143–149, 1996.
5. Allen, Mary Mennes. Oxygenic Photosynthesis in Prokaryotes.//Bacteria in Nature. Vol. 1, 1985, pp 133–153.
6. Eytan Danny and Shimon Marom. Dynamics and Effective Topology Underlying Synchronization in Networks of Cortical Neurons. The Journal of Neuroscience, August 16, – 2006 26 (33):8465– 8476–8465.



7. Gabay Tamir, Moti Ben-David, Itshak Kalifa, Raya Sorkin, Ze'ev R. Abrams, Eshel Ben-Jacob, and Yael Hanein, Electro-chemical and biological properties of carbon nanotube based multi-electrode arrays, *Nanotechnology*, 18 (2007) 035201–035206
8. Gottlieb SM, Kim PW, Rockwell NC, Hirose Y, Ikeuchi M, Lagarias JC, Larsen DS. Primary photodynamics of the green/red-absorbing photoswitching regulator of the chromatic adaptation E domain from *Fremyella diplosiphon*. *Biochemistry*. 2013 Nov 19;52 (46):8198–208. doi: 10.1021/bi400946q. Epub 2013 Nov 7.
9. Hirose Y, Rockwell NC, Nishiyama K, Narikawa R, Ukaji Y, Inomata K, Lagarias JC, Ikeuchi M. Green/red cyanobacteriochromes regulate complementary chromatic acclimation via a protochromic photocycle. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2013 Mar 26;110 (13):4974–9. doi: 10.1073/pnas.1302909110. Epub 2013 Mar 11.
10. Krupenina N. A., Bulychev A. A., Schreiber U. Chlorophyll fluorescence images demonstrate variable pathways in the effects of plasma membrane excitation on electron flow in chloroplasts of *Chara* cells//*Protoplasma*. – 2011. – Vol. 248, no. 3. – P. 513–522.
11. Lemasson C, Tandeau De Marsac N., and Cohen-Bazire G. Role of Allophycocyanin as Light-Harvesting Pigment in Cyanobacteria.//*Proc Natl Acad Sci U S A*. 1973 November; 70 (11): 3130–3133.
12. Mohan N., Hanumantha Rao P, Ranjith Kumar R, et al. Mass Cultivation of *C. turgidus* and *Oscillatoria* sp. and Effective Harvesting of Biomass by Low-cost methods.//*Nature Precedings*: doi:10.1038/npre.2010.4331.1: Posted 5 Apr 2010.
13. Moshe David-Pur, Mark Shein, Lilach Bareket, et al. All-carbon-nanotube flexible neuronal electrodes. *Biomed Microdevices* (2014) 16:43–53.
14. Oren A., Padan E, and Avront M. Quantum yields for oxygenic and anoxygenic photosynthesis in the cyanobacterium *Oscillatoria limnetica* (blue-green algae/photosystem growth/phototrophic evolution/H<sub>2</sub>S photooxidation).//*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. Vol. 74, No. 5, pp. 2152–2156, May 1977.
15. Raichman N, Volman V, Ben-Jacob E (2006) Collective plasticity and individual stability in cultured neuronal networks. Volume 69, Issues 10–12, June 2006, Pages 1150–1154.
16. Shein Idelson M, Ben-Jacob E, Hanein Y (2010) Innate Synchronous Oscillations in Freely-Organized Small Neuronal Circuits. *PLoS ONE* 5 (12): e14443. doi:10.1371/jour
17. Shein-Idelson Mark, Eshel Ben-Jacob, and Yael Hanein. Engineered neuronal circuits: A new platform for studying the role of modular topology. *Front. Neuroeng.* 2011; 4:10.
18. Sorkin R., T. Gabay, P. Blinder, D Baranes, E. Ben-Jacob and Y. Hanein Compact self-wiring in cultured neural Networks. *J. Neural Eng.* 3 (2006) 95–101. doi:10.1371/journal.pone.0014443.
19. Tandeau de Marsac N. Occurrence and nature of chromatic adaptation in cyanobacteria. *J Bacteriol.* Apr 1977; 130 (1): 82–91.
20. Thomas CA, Springer PA, Okun LM, Berwald Y, Loeb GE. Miniature microelectrode array to monitor bioelectric activity of cultured cells. *Exp. Cell Res.* 1972; vol. 74 (no. 1):61–66.
21. Гусев М. В. Никитина К. А. Цианобактерии (физиология и метаболизм).- М: Издательство «Наука» 1979. 228 стр.

## Section 4. Mathematics

## Секция 4. Математика

Drushinin Victor Vladimirovich  
National research nuclear University "MEPHI",  
Sarov physico-technical Institute, Sarov,  
E-mail: vvdv@newmail.ru

### The proof for hypothesis of Legendre — existence of a prime between two squares

**Abstract:** Analytically proved that there is at least one prime number between two squares of consecutive natural numbers. The proof is based on the two buffer zones on the classic sieve Eratosthenes and the application of the theorem about overlay of arithmetic progressions.

**Key words:** sieve of Eratosthenes, buffer zones, the amount of arithmetic progressions, Legendre conjecture.

Legendre's conjecture was formulated by 200 years ago in 1808: on the interval  $(n^2, (n+1)^2)$  there is at least one prime number  $p$ , where  $n \in \mathbb{N}$  is the natural number. In the 25 volume encyclopedia "World of Mathematics" from 2014, the authors say that this hypothesis analytically so far not proven despite numerous attempts [1–3]. We have developed a method to create super grids of Eratosthenes, using the theorem of summation arithmetic progression (AP) and the application of probability theory. At the same time we first proved: an infinite number of pairs of primes-twins, primes par-fours, quartets of primes [4–6] and Euler- Goldbach conjecture [7]. This approach almost immediately proves the hypothesis of Legendre.

Write down a mathematical formulation of the classic sieve of Eratosthenes up to  $\mathbb{N}$ . There is an overlay of infinite set AP has form  $s(p_m, k) = p_m + p_m \cdot k, k \in \mathbb{N}$ , on the numeric axis and removing these composite numbers. Begins the process with  $p_1 = 2$ . When sequentially overlap of AP, the first not delete numbers (except number "1") is a primes. The numbering of primes is in order  $\{p_1 = 2; p_2 = 3; p_3 = 5; p_4 = 7; \dots\}$ . If you take the first set  $(d+1)$  primes  $a_{d+1} = \{p_1; p_2; p_3; p_4 = 7; \dots; p_d; p_{d+1}\}$ , you can select the two buffer zones on  $\mathbb{N}$ . The first buffer zone  $A(d) = [p_d, p_{d+1}^2 - 2]$  — interval on  $\mathbb{N}$ . A characteristic feature of  $A(d)$  is that, if we removed all  $s(p_m, k)$  where  $1 \leq m \leq d$  in this interval, all of the remaining number are primes. Thus, the first not delete number  $p_d$  not only gives prime, but also a whole set of primes on interval  $A(d)$ .

The second buffer zone  $B(d) = [1, T_d]$ , where  $T_d = \prod_{k=1}^d p_k$  — the product of all primes from  $a_d$ . Theorem about overlay of AP  $s(p_m, k)$  [5] says that the quantity, not deleted the AP numbers, on the  $B(d)$  exactly equal to  $S(d) = \prod_{k=1}^d (p_k - 1) + d$ . There are probability detects not remote the number on  $B(d)$

$$\omega(d) = S(d) / T_d = (d / T_d) + \prod_{k=1}^d (1 - (1 / p_k)). \quad (1)$$

Immediately it should be noted that not all of the remaining number are prime numbers. For example, there is a "1", which is not included in the system of primes. Composite numbers, which appear in the  $B(d)$ , start with the  $p_{d+1}^2$  that does not remove a set  $a_d$ . So as a  $[p_d, p_{d+1}^2 - 2]$  contains not only remote primes then the probability of the number of primes  $\tilde{N}$  is

$$\tilde{N}(A(d)) = (p_{d+1}^2 - p_d - 1) \left\{ \prod_{k=1}^d (1 - (1 / p_k)) + (d / T_d) \right\}. \quad (2)$$

For example, when  $d=4$ ,  $p_4=7$ ,  $p_5=11$ , we have the  $A(4) = [7, 119]$ ,  $B(4) = [1, 210]$ , there are the number not removed numbers  $S(4) = 52$ . There are of them are not primes. This "1" and the five composite number are  $\{121; 143; 169; 187; 209\}$ . Length of the interval (the number of values in the buffer zone  $A(4)$ ) there is a  $L(4) = 113$ ,  $\omega(4) = 0,2476$ ,  $\tilde{N}(A(4)) = 27,9$ . The exact number of primes are  $N(A(4)) = 27$ .

Comparison of direct blending of AP and probability theory for large numbers always gives the actual number of deleted numbers not greater in magnitude than the calculation of probability theory, i. e.  $N(x_2, x_1) > \tilde{N}(x_2, x_1)$ .

Now there is key fact of evidence. Will prove a hypothesis of Legendre on the contrary. Let on the interval  $(n^2, (n+1)^2)$  there is no primes. Hence, there is an inequality

$$p_d < n^2 < (n+1)^2 < p_{d+1}. \quad (3)$$

The number of all the numbers equal to  $2n$  on the  $(n^2, (n+1)^2)$ . Therefore, the number of primes  $\tilde{N}$  on the theory of probability is

$$\tilde{N}((n^2, (n+1)^2)) = 2n \cdot \left\{ \left( \prod_{k=1}^d (1 - (1/p_k)) \right) + (d/T_d) \right\}. \quad (4)$$

Since numerically conjecture of Legendre confirmed to  $n \leq 10^{10}$  then taking great  $n$ , you can ignore the second summand in the brace (4). Next we transform  $\omega(d) = \prod_{k=1}^d (1 - (1/p_k))$ . Since  $\ln(\omega(d)) = \sum_{k=1}^d \ln(1 - (1/p_k))$ , we can use the following system of ratios

$$\ln\left(1 - \frac{1}{p_k}\right) = -\sum_{t=1}^{\infty} \frac{1}{t} \left(\frac{1}{p_k}\right)^t > -\sum_{t=1}^{\infty} \left(\frac{1}{p_k}\right)^t = -\frac{1}{p_k - 1} \geq -\frac{2}{p_k}. \quad (5)$$

Using asymptotic equality of Legendre-Chebyshev type [5]

$$\sum_{k=1}^d \frac{1}{p_k} = \ln(C_n \ln(p_d)), \quad (6)$$

we find the number of primes is determined on the interval by the inequalities of the Legendre

$$\tilde{N}((n^2, (n+1)^2)) > \frac{2n}{C^2 \ln^2 p_d}. \quad (7)$$

By the condition the inequality (3) have  $\sqrt{p_d} < n$ , thus, inequality (6) can be strengthened

$$N((n^2, (n+1)^2)) > \tilde{N}((n^2, (n+1)^2)) > \frac{2\sqrt{p_d}}{C^2 \ln^2 p_d}. \quad (8)$$

With an increase of  $n$  and, consequently, increase of  $p_d$  the right side of the inequality is a monotonically increasing, i.e. number of primes on the interval  $(p_d, p_{d+1})$  seeks to infinity by the rule of L'Hopital. This contradiction proves assumption Legendre on the numeric axis.

The work reported at 8 All-Union conference "Mathematics and Mathematical Modeling" (Sarov, April, 2014) and 19 seminar of young scientists in Nizhniy Novgorod (Nizhny Novgorod, May, 2014). The authors would like to thank prof., doctor of physico-mathematical sciences, head of RFYC-VNIIEF Y. N. Deryugina for discussion and support.

#### References:

1. Joaquin Navarro. Elusive ideas and timeless theorems. World of mathematics, vol. 25, p. 58, Moscow De Fgostini, 2014.
2. Sizii S. V. Lectures on number theory, Moskow, 2007.
3. Dicson L. (E). History of the Theory of Numbers, v. II, CPC, NewYork, 1971.
4. Druzhinin V.V, NTVP, 2014, №. 1, p. 22.
5. Drushinin V.V., Lazarev A. A., Sirotkina, A. G. Life Science Journal, 11, 2014 (10s), p. 346.
6. Druzhinin V. V., Lazarev A. A. NTVP, 2014, № 4, p. 21.
7. Druzhinin V. V. NTVP, 2014, №. 3, p. 14.

*Shirokov Lev Vasilievich, Arzamas branch of the Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod (UNN), candidate of physico-mathematical Sciences, associate Professor  
E-mail: Shirokov1954@mail.ru*

## On radial spaces

**Abstract:** The article considers the class of radial space. We study the properties of the radial spaces associated with topological products.

**Keywords:** topological space, continuous mapping, compact, radial space, topological product.

*Широков Лев Васильевич, Арзамасский филиал ННГУ им. Н. И. Лобачевского кандидат физико-математических наук, доцент  
E-mail: Shirokov1954@mail.ru*

## О радиальных пространствах

**Аннотация:** В статье рассматривается класс радиальных пространств. Изучаются свойства радиальных пространств, связанные с топологическими произведениями.

**Ключевые слова:** топологическое пространство, непрерывное отображение, компакт, радиальное пространство, топологическое произведение.

Результаты данной статьи тесно связаны с работами автора [3–7]. Компакт — компактное хаусдорфово пространство, не обязательно метризуемое. Все пространства предполагаются вполне регулярными.

Пусть  $S$  — семейство подмножеств топологического пространства  $X$ . Семейство  $S$  называется  $c$ -сетью в точке  $x \in X$ , если выполняются следующие условия: а)  $x \in \bigcap \{P : P \in S\}$ ; б) для каждой окрестности  $O_x$  точки  $x$  в пространстве  $X$  найдется множество  $P \in S$  такое, что выполняется  $P \subset O_x$ ; в)  $S$  линейно упорядочено по включению. Положим  $[A]_{ch} = \{x \in X : \text{существует } c\text{-сеть } S \text{ в } x \text{ такая, что } P \cap A \neq \emptyset \text{ для любого } P \in S\}$ . Если  $\tau$  — кардинал, то положим:

$\text{exp}_\tau A = \{B : B \subset A \text{ и } |B| \leq \tau\}$  и  $[A]_\tau = \bigcup \{[B]_x : B \in \text{exp}_\tau A\}$ .

Следующее понятие ввел Х. Херрлих.

**Определение.** Пространство  $X$  называется радиальным в точке  $x \in X$ , если для всякого  $A \subset X$  такого, что  $x \in [A]_x$  непременно  $x \in [A]_{ch}$ .

Пространство называется радиальным, если оно радиально в каждой точке.

В данной статье изучаются свойства радиальных пространств, являющихся непрерывными образами всюду плотных подпространств топологических произведений. Определение всех используемых понятий и обозначений можно найти в монографии Р. Энгелькина [8].

Архангельским А. В. [2] доказано, что если радиальный компакт является непрерывным образом топологического произведения компактов веса  $\leq \tau$ , где  $\tau \geq \omega_0$ , то его вес не превосходит  $\tau$ . Следующее утверждение существенно усиливает этот результат.

**Теорема 1.** Пусть  $\tau \geq \omega_0$ ,  $X = \prod \{X_\alpha : \alpha \in A\}$  — топологическое произведение пространств  $X_\alpha$  веса  $\leq \tau$  для любого  $\alpha \in A$ ,  $S$  — всюду плотное подпространство  $X$  и  $f : S \rightarrow Y$  непрерывное отображение  $S$  на радиальный компакт  $Y$ . Тогда вес  $Y \leq \tau$ .

**Доказательство.** Так как  $c(X) \leq \tau$ , то  $c(S) \leq \tau$  и, следовательно,  $c(Y) \leq \tau$ . Тогда из теоремы Архангельского А. В. [1] следует, что  $\varpi(Y) \leq 2^\tau$ . Отсюда, в силу результатов Архангельского А. В. [1], вытекает существование множества  $A' \subset A$  мощности  $\leq 2^\tau$  и непрерывное отображение  $\bar{f} : pr_{A'}(S) \rightarrow Y$  пространства  $pr_{A'}(S)$  на компакт  $Y$ . Положим  $S' = pr_{A'}(S)$ . Для каждого  $\alpha \in A'$  рассмотрим компактное хаусдорфово расширение  $bX_\alpha$  пространства  $X_\alpha$  такое, что  $\varpi(bX_\alpha) \leq \tau$  и положим  $X' = \prod \{bX_\alpha : \alpha \in A'\}$ . Через  $g : \beta S' \rightarrow X'$  обозначим стандартное отображение

стоун-чеховской компактификации  $\beta S'$  пространства  $S'$  на  $X'$ . Далее, через  $\varphi$  обозначим непрерывное продолжение отображения  $\bar{f}$  на  $\beta S'$ . Выбрав произвольную точку  $y \in Y$  положим  $F_y = g(\varphi^{-1}(y))$  и пусть  $\theta$  — произвольное элементарное открытое подмножество  $X'$  такое, что  $\theta \cap F_y \neq \emptyset$ . По теореме Хьюита-Марчевского-Пондичери [8] выполняется  $d(\theta) \leq \tau$ , то есть, существует множество  $M = \{x' : t \in T\}$  мощности  $\leq \tau$ , всюду плотное в  $\theta$ . Положим

$$\Sigma'_\tau = \{x = (x_\alpha) \in [\theta]_{X'} : |\{\alpha \in A' : x_\alpha \neq x'_\alpha\}| \leq \tau\}$$

для каждого  $t \in T$ . Обозначим через  $\theta_1$  множество  $[g^{-1}(\theta)]_{\beta S'}$  и через  $\theta_2$  — множество  $\varphi(\theta_1)$ . Далее, для каждого  $t \in T$  обозначим через  $F_1^t$  множество  $g^{-1}(\Sigma'_\tau) \cap \theta_1$  и через  $F_2^t$  — множество  $\varphi(F_1^t)$ . Ясно, что  $[F_1^t]_{\beta S'} = \theta_1$  и, следовательно,  $[F_2^t]_Y = \theta_2$ . Так как для любого  $t \in T$  и любого множества  $\Phi \subset F_2^t$  мощности  $\leq \tau$  выполняется  $[\Phi]_Y \subset F_2^t$  и  $c(F_2^t) \leq \tau$ , то  $F_2^t = \theta_2$  для любого  $t \in T$  [2], то есть,  $F_y \cap \Sigma'_\tau \neq \emptyset$  для любого  $t \in T$ . Для каждого  $t \in T$  выберем точку  $z^t \in F_y \cap \Sigma'_\tau$  и положим

$$A^t = \{\alpha \in A : pr_\alpha(z^t) \neq pr_\alpha(x^t)\}.$$

Тогда мощность множества

$$A^* = \bigcup \{A^t : t \in T\} \cup A_\theta$$

не превосходит  $\tau$ , где  $A_\theta$  — конечное подмножество  $A'$  такое, что множество  $[\theta]_{X'}$  не зависит от множества  $A' \setminus A_\theta$ . Так как множество  $pr_{A' \setminus A^*}(M)$  всюду плотно в  $X'_{A' \setminus A^*}$ , то

$$pr_{A' \setminus A^*}(F_y \cap [\theta]_{X'}) = X'_{A' \setminus A^*},$$

то есть множество  $F_y \cap [\theta]_{X'}$  является накрытием грани  $X'_{A' \setminus A^*}$  пространства  $X'$  с основанием  $A^*$  мощности  $\leq \tau$ . Тогда из результатов автора вытекает существование слоя  $H_v^{i(v)}$  с основанием  $v$  мощности  $\leq \tau$ , лежащего в  $F_y \cap [\theta]_{X'}$ . Так как элементарное открытое множество  $\theta$  было выбрано произвольно, то существует множество  $F'_y \subset F_y$ , являющееся объединением множеств типа  $G_{\delta, \tau}$  в  $X'$  такое, что  $[F'_y]_{X'} = F_y$ . Тогда множество  $F_y$  имеет тип  $G_{\delta, \tau}$  в  $X'$ . Пусть  $\eta$  — система открытых подмножеств пространства  $X'$  такая, что

$$F_y = \bigcap \{U : U \in \eta\} \text{ и } |\eta| \leq \tau.$$

Тогда

$$y = \bigcap \{\varphi^*(g^{-1}(U)) : U \in \eta\},$$

а так как в компактах псевдохарактер точек совпадает с их характером, то  $\chi(y, Y) \leq \tau$ . Так как точка  $y$  была выбрана произвольным образом, то выполняется  $\chi(Y) \leq \tau$ . Следовательно,  $\varpi(Y) \leq \tau$ . Теорема доказана.

**Замечание.** Без существенных изменений доказанная теорема переносится на непрерывные образы всюду плотных подпространств пределов обратных спектров топологических пространств с соответствующей модификацией ее условий. Идеи приведенных рассуждений позволяют доказать следующие утверждения, представляющие самостоятельный интерес.

**Теорема 2.** Пусть  $f: S \rightarrow X$  — непрерывное отображение всюду плотного подпространства  $S$  обобщенного канторова дисконтинуума  $D^{\tau}$  на компакт  $X$ ,  $\tau'$  — несчетный регулярный кардинал, причем

$$S = \bigcup \{ H_{v_p}^{i(v_p)} : p \in P \},$$

где для любого  $p \in P$  множество  $H_{v_p}^{i(v_p)}$  является слоем в  $D^{\tau}$  с основанием  $v_p$  мощности  $< \tau'$ , и для любого  $p \in P$  существует точка  $x \in X$  такая, что множество  $f^{-1}(x)$  содержит слой  $H_{v_p}^{i(v_p)}$ . Тогда вес компакта  $X < \tau'$ .

Следующее понятие введено Архангельским А. В.

**Определение.** Топологическое пространство  $X$  называется  $\alpha$ -растянутым, если существует на  $X$  линейное упорядочение " $<$ " такое, что всякое множество  $X_x = \{y \in Y : y \leq x\}$ ,  $x \in X$  замкнуто в  $X$ .

**Определение.** Компакт  $X$  называется  $q$ -адическим, если  $X$  является образом некоторого подмножества обобщенного канторова дисконтинуума  $D^{\tau}$  относительно  $d$ -регулярного отображения [4], [9].

**Теорема 3.**  $q$ -адическим компакт  $X$ , являющийся  $\alpha$ -растянутым пространством, метризуем.

**Теорема 4.** Всякий  $q$ -адическим компакт  $X$ , вес которого  $\tau$  нельзя представить в виде суммы счетного совокупности меньших кардиналов, непрерывно отображается на тихоновский куб  $I^{\tau}$  веса  $\tau$ .

**Теорема 5 (СН).** Псевдорadiaльный  $q$ -адическим компакт  $X$  метризуем.

**Замечание.** СН — континуум-гипотеза.

### Список литературы:

1. Архангельский А. В. Об отображениях всюду плотных подпространств топологических произведений. // Докл. АН СССР. 1971. т. 197. № 4. С. 750–753.
2. Архангельский А. В. О некоторых свойствах радиальных пространств. // Мат. Заметки. 1980. т. 27. № 1. С. 95–104.
3. Широков Л. В. Внешняя характеристика пространств Дугунджи и  $\aleph$ -метризуемых бикомпактов. // Докл. АН СССР. 1982. т. 263. № 5. С. 1073–1077.
4. Широков Л. В. О  $AE(n)$ -бикомпактах. // Известия РАН. 1992. т. 56. № 6. С. 1316–1327.
5. Широков Л. В. О продолжении непрерывных отображений и аппроксимативной связности // Проблемы современной науки, Центр научного знания «ЛОГОС». 2013. выпуск 9. С. 3–9.
6. Широков Л. В. О  $AE(n)$ -бикомпактах и  $n$ -мягких отображениях. // Сиб. матем. журн. 1992. т. 33. № 2. С. 151–156.
7. Широков Л. В. Теория аналитических функций. Аспекты приложений / Л. В. Широков, Н. П. Ямпурин, В. Д. Садков. - Арзамас: АГПИ, 2004. - 188 с.
8. Engelking R. General Topology. - Warszawa: PWN, 1977. - 626 p.
9. Shirokov L. V. On some forms of embeddings of topological spaces. // Russian Mathematical Surveys 42, (2), 297–298.

## Section 5. Materials Science

## Секция 5. Материаловедение

*Pitukhin Alexander Vasilyevich, Petrozavodsk State University,  
professor, Faculty of Forest Engineering  
E-mail: pitukhin@psu.karelia.ru*

*Vasilyev Sergey Borisovich, Petrozavodsk State University,  
professor, Faculty of Forest Engineering  
E-mail: servas@psu.karelia.ru*

*Panov Nikolai Gennadievich, Petrozavodsk State University,  
lecturer, Faculty of Forest Engineering  
E-mail: supernicola@yandex.ru*

*Kolesnikov Gennady Nikolayevich, Petrozavodsk State University,  
professor, Faculty of Industrial and Civil Engineering  
E-mail: kgn@petrsu.ru*

### **Nanostructure of glue and strength of wood particle board**

**Abstract:** The reinforcing nanostructure of glue based on urea-formaldehyde resin with shungite nanopowder addition is presented in the article. The goal of the addition, is to increase the strength of wood particle board. According to the result of investigation by means of electronic microscope the glue reinforcing nanostructure is a mesh with a characteristic cell-size about 36 nm.

**Keywords:** shungite, urea-formaldehyde resin, structure

*Питухин Александр Васильевич, Петрозаводский государственный университет,  
профессор, лесоинженерный факультет  
E-mail: pitukhin@psu.karelia.ru*

*Васильев Сергей Борисович, Петрозаводский государственный университет,  
профессор, лесоинженерный факультет  
E-mail: servas@psu.karelia.ru*

*Панов Николай Геннадьевич, Петрозаводский государственный университет,  
преподаватель, лесоинженерный факультет  
E-mail: supernicola@yandex.ru*

*Колесников Геннадий Николаевич, Петрозаводский государственный университет,  
профессор, строительный факультет  
E-mail: kgn@petrsu.ru*

### **Наноструктура клея и прочность древесно-стружечных плит**

**Аннотация:** Рассмотрена армирующая наноструктура в клея на основе карбамидо-формальдегидной смолы с добавкой в виде нанодисперсного порошка шунгита. Цель добавки — повышение прочности древесно-стружечных плит. По результатам электронной микроскопии показано, что армирующая наноструктура клея представляет собой сетку с характерным размером ячеек около 36 нм.

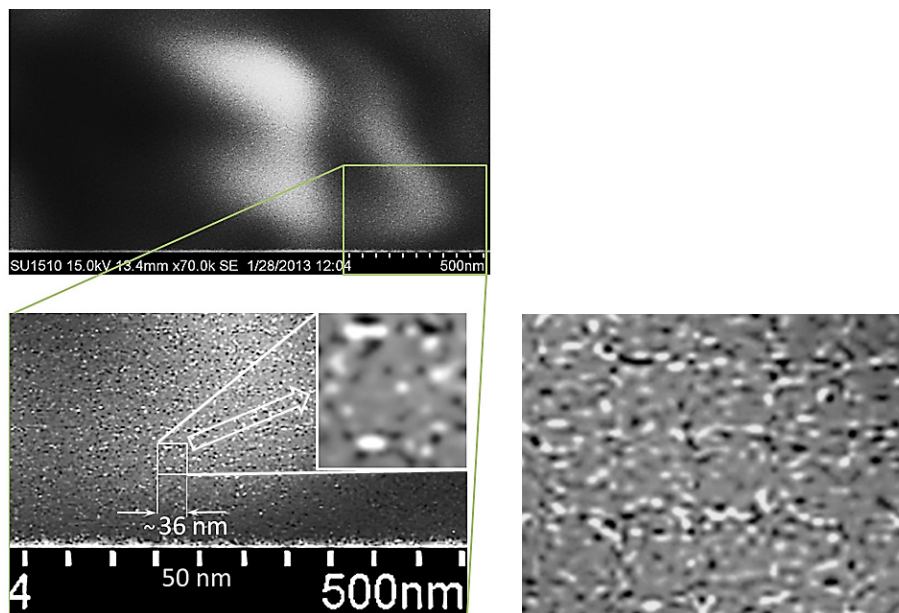
**Ключевые слова:** шунгит, карбамидо-формальдегидная смола, структура

Нанотехнологии составляют основу разработок новых материалов, в том числе материалов функционально и конструкционного назначения [1, 2]. Углеродсодержащие наночастицы используются как модификаторы при создании многих композитных материалов конструкционного назначения [3, 4]. Новым направлением в этой области является исследование композитных материалов на основе измельченной древесины [5, 6, 7]. Предварительные исследования показали, что использование добавок наноматериалов позволяет создавать практически новое поколение композитов, отвечающих современным требованиям экологической безопасности и экономической целесообразности [7, 8, 9]. Анализ публикаций показывает, что необходимо продолжение исследований взаимосвязи структуры упомянутых материалов с их прочностными характеристиками.

В производстве древесно-стружечных плит существует проблема уменьшения свободного формальдегида, который содержится в смолах, используемых в качестве клея для консолидации древесных частиц. Для её решения применяют смолы с пониженной эмиссией формальдегида [8]. Однако это ведёт к уменьшению прочности материала. Одним из способов повышения прочности плит является применение наномодификаторов при их производстве [3, 10]. Новые возможности в данном направлении связаны с применением нанодисперсного порошка шунгита,

содержащего углерод и кремнезем в соотношении примерно 30/60 [11]. Применение данного порошка в качестве модификатора клеевых композиций для изготовления древесно-стружечных плит экспериментально обосновано в работе [12]. Модификация клеевой композиции нанодисперсным порошком шунгита позволила увеличить прочность образцов древесно-стружечных плит при изгибе на 41%, а прочность при растяжении перпендикулярно срединной плоскости плиты выросла на 104% [15]. В работе [6] экспериментально установлено, что максимум прочности плиты достигается, если доля нанодисперсного порошка шунгита составляет около 10% от сухого остатка смолы.

Указанный выше эффект увеличения прочности объясняется [13] способностью наночастиц углерода и кремнезема образовывать вторичные структуры в виде цепочек и трехмерной сетки (см. рис.). Эта сетка выполняет функции армирующего каркаса для клеевой композиции и обеспечивает указанное выше увеличение прочности. В работе [11, с. 35] установлено, что «конденсация водной дисперсии нанокластеров шунгитового углерода приводит к образованию трехмерной углеродной сетки». Этот вывод подтвержден в производственном эксперименте [6], в котором эффект увеличения прочности достигался при определенной влажности сырьевой смеси.



**Рисунок.** Образованная наночастицами сетка (снимок сделан с использованием сканирующего электронного микроскопа HITACHI SU-1510)

Приведенные выше данные электронной микроскопии согласуются с выводами работы [11] о том, что агрегация основных структурных элементов ведет к образованию глобулярных агрегатов, а их взаимо-

действие приводит к появлению кластеров агрегатов размерами 10–100 нм. Можно считать, что в нашем случае вторичные кластеры имеют характерный размер примерно 36 нм.

Новизна и практическая значимость клеевой композиции с наномодификатором подтверждена патентом РФ [12]. Представленные выше данные дополняют известные результаты [14, 15, 16], подтверждают

преимущества и целесообразность использования нанодispersного порошка шунгита в качестве модификатора клеевой композиции при изготовлении древесно-стружечных плит.

#### Список литературы:

1. Акатенков Р. В., Алексагин В. Н., Аношкин И. В., Бабин А. Н., Богатов В. А., Грачев В. П., Кондрашов С. В., Минаков В. Т., Раков Э. Г. Влияние малых количеств функционализированных нанотрубок на физико-механические свойства и структуру эпоксидных композиций // Деформация и разрушение материалов. 2011. № 11. С. 35–39.
2. Ivanchev S. S., Ozerin A. N. Nanostructures in polymer systems // Polymer Science. Series B. 2006. V. 48. № 7–8. P. 213–225.
3. Алферов Ж. И., Асеев А. Л., Гапонов С. В., Копьев П. С., Панов В. И., Полторацкий Э. А., Сибельдин Н. Н., Суриц Р. А. Наноматериалы и нанотехнологии // Нано- и микросистемная техника. 2003. № 8. С. 3–13.
4. Kablov E. N., Kondrashov S. V., Yurkov G. Y. Prospects of using carbonaceous nanoparticles in binders for polymer composites // Nanotechnologies in Russia. 2013. V. 8. № 3–4. P. 163–185.
5. Candan, Zeki, Turgay Akbulut. Nano-engineered plywood panels: Performance properties // Composites Part B: Engineering. 2014. V. 64. P. 155–161.
6. Панов Н. Г., Питухин А. В., Рожков С. С., Цветков В. Е., Санаев В. Г., Фирюлина О. В. Древесно-стружечные плиты на основе карбамидоформальдегидной смолы, модифицированной наноразмерным шунгитом // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2012. № 2. С. 135–138.
7. Stefan Veigel, Jörn Rathke, Martin Weigl, and Wolfgang Gindl-Altmatter. Particle Board and Oriented Strand Board Prepared with Nanocellulose-Reinforced Adhesive // Journal of Nanomaterials. 2012. V. 2012. Article ID 158503, doi:10.1155/2012/158503.
8. Варанкина Г., Чубинский А. Снижение токсичности древесных плитных материалов // ЛесПромИнформ. 2011. № 1 (75). URL: <http://www.lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/2166>
9. Баранов Е. В., Незнамова О. М., Чернышов Е. М., Пустовгар А. П. Исследование рациональных составов композита из древесной щепы на основе силикатного и цементного связующего для стеновых панелей быстровозводимых малоэтажных зданий // Вестник МГСУ. 2012. № 11. С. 131–139.
10. Шуклин С. Г., Бузилов С. В., Шуклин Д. С. Модифицированные полимеры, содержащие углеродные нанотрубки // Перспективные материалы. 2010. № 4. С. 61–65.
11. Рожкова Н. Н. Нанокремнезем шунгитов // Карельский научный центр РАН: Институт геологии. Петрозаводск. 2011. 98 с.
12. Рожкова Н. Н., Панов Н. Г., Питухин А. В., Рожков С. С., Васильев С. Б., Колесников Г. Н. Клеевая композиция с наномодификатором для древесностружечных плит // Патент РФ № 2520449. Опубликовано: 27.06.2014.
13. Рожкова Н. Н. Нанокремнезем шунгитов: структурные и физико-химические свойства, механизмы активации // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора химических наук. Санкт-Петербург. 2013. 39 с. URL: <http://vak2.ed.gov.ru/idcUploadAutoref/renderFile/140265>
14. Питухин А. В., Васильев С. Б., Панов Н. Г., Рожков С. С., Колесников Г. Н., Копарев В. С. Древесно-стружечная плита // Патент РФ № 137500. Опубликовано: 20.02.2014.
15. Питухин А. В., Панов Н. Г., Колесников Г. Н., Васильев С. Б. Влияние добавки нанопорошка шунгита в клеевой раствор для изготовления трёхслойных древесностружечных плит на их физико-механические свойства // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 4. С. 147.
16. Питухин А. В., Васильев С. Б., Колесников Г. Н., Панов Н. Г., Копарев В. С. Модель разрушения древесностружечных плит при растяжении перпендикулярно пласти // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. № 6 (135). С. 68–72.
17. Васильев С. Б., Девятникова Л. А., Колесников Г. Н., Симонова И. В. Технологические решения для реализации потенциала ресурсосбережения при переработке круглых лесоматериалов на щепу // Петрозаводск: Издательство ПетрГУ. 2013. 92 с.



## Section 6. Machinery construction

## Секция 6. Машиностроение

*Vasenin Valery Ivanovitch, Perm National Research Polytechnic University,  
associate professor, candidate of technical sciences,  
department "Materials, technologies and design of machinery"  
E-mail: vasseninvaleriy@mail.ru*

*Bogomjagkov Aleksey Vasilievitch, postgraduate student  
Sharov Konstantin Vladimirovitch, postgraduate student*

### Investigation into a storey-shaped gating system with feeders of variable cross-section

**Abstract:** The method of calculation of speeds and liquid expenses in each feeder and in all system depending on quantity at the same time working feeders, their diameters and arrangement on form height is offered. It managed to be made at the expense of application of the equation of Bernoulli to stream sections with different expenses without any additional conditions. Three types of losses of pressure are considered: on friction on length, in local resistance and on pressure change. Good compliance of theoretical and experimental data is obtained.

**Keywords:** collector, feeder, head, resistance coefficient, expense coefficient, stream speed, consumption of liquid.

*Васенин Валерий Иванович,  
Пермский национальный исследовательский политехнический университет  
доцент кафедры "Материалы, технологии и конструирование машин",  
кандидат технических наук*

*Богомяжков Алексей Васильевич, аспирант  
Шаров Константин Владимирович, аспирант*

### Исследование ярусной литниковой системы с питателями разных площадей поперечных сечений

**Аннотация:** Предложена методика расчета скоростей и расходов жидкости в каждом питателе и во всей системе в зависимости от количества одновременно работающих питателей, их диаметров и расположения по высоте формы. Это удалось сделать за счет применения уравнения Бернулли к сечениям потока с разными расходами безо всяких дополнительных условий. Учитываются три вида потерь напора: на трение по длине, в местных сопротивлениях и на изменение напора. Получено хорошее соответствие теоретических и экспериментальных данных.

**Ключевые слова:** коллектор, питатель, напор, коэффициент сопротивления, коэффициент расхода, скорость потока, расход жидкости.

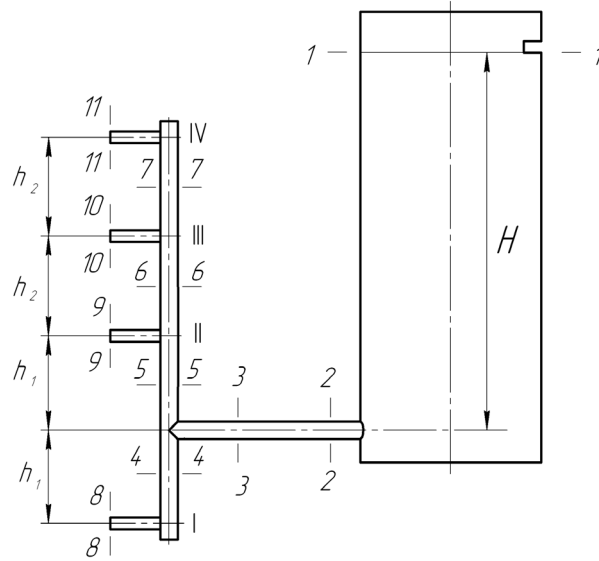
Ранее были исследованы *L*-образная [1, 2], разветвленная [3, 4], комбинированная [5], крестовинная [6, 7] и кольцевая [8] литниковые системы (ЛС). Разница между расчетными и опытными значениями скоростей, расходов и напоров составляла несколько процентов. Это удивительно, так как использовали в расчетах урав-

нение Бернулли (УБ) для потока с переменным расходом (и массой). Хотя оно выведено для потока жидкости с постоянным расходом (массой) — при отсутствии раздачи потока по питателям [9, 205]. И его использование при расчетах ЛС с изменяющимся до нуля расходом жидкости в коллекторе (шлакоуловителе) теоретически

не доказано. В перечисленных ЛС питатели располагаются в одной горизонтальной плоскости, а гидравлический напор в системе один и тот же для всех питателей. Поэтому представляется целесообразным экспериментально и расчетами исследовать такую сложную ЛС, как ярусная, при размещении питателей на разных уровнях (ярусах) по высоте формы, когда питатели имеют разные площади поперечных сечений, а напоры жидкости в питателях разные.

Ярусная литниковая система (ЛС) показана на рисунке. Система состоит из чаши-стояка, горизонтального коллектора, вертикального коллектора и питателей. Диаметр чаши-стояка равен 175 мм. Уровень жидкости  $H$  — расстояние по вертикали от сечения 1–1 в чаше-стояке до продольной оси горизон-

тального коллектора — поддерживался постоянным путем непрерывного доливания воды в чашу и слива ее излишек через специальную щель в чаше:  $H = 0,4530$  м. Жидкость выливается сверху из питателей в форму. В сечениях коллектора 2–2 и 3–3 установлены для измерения напора пьезометры — стеклянные трубочки длиной 500 мм и внутренним диаметром 4,5 мм. Время истечения жидкости из каждого питателя составляло 50–250 с — в зависимости от количества одновременно работающих питателей, а вес вылившейся из питателя воды — около 9 кг. Эти временные и весовые ограничения обеспечили отклонение от среднего значения скорости  $\pm 0,005$  м/с, не более. Расход жидкости из каждого питателя определялся не менее 6 раз.



Литниковая система

Сначала произведем расчет истечения жидкости только из одного питателя I. Составим уравнение Бернулли для сечений 1–1 и 8–8 ЛС:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \alpha \frac{v_1^2}{2g} + H + h_1 = \frac{p_8}{\gamma} + \alpha \frac{v_8^2}{2g} + h_{1-8}^{(1)} \quad (1)$$

где  $p_1$  и  $p_8$  — давления в сечениях 1–1 и 8–8, Н/м<sup>2</sup> (равны атмосферному давлению:  $p_1 = p_8 = p_a$ );  $\gamma$  — удельный вес жидкого металла, Н/м<sup>3</sup>;  $\alpha$  — коэффициент неравномерности распределения скорости по сечению потока (коэффициент Кориолиса); принимаем  $\alpha = 1,1$  [9, 108];  $v_1$  и  $v_8$  — скорости металла в сечениях 1–1 и 8–8, м/с (вследствие большой разности площадей чаши-стояка  $S_1$  в сечении 1–1 и питателя  $S_8$  в сечении 8–8 можно принять  $v_1 = 0$ );  $g$  — ускорение свободного падения;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $h_1$  — расстояние от горизонтальной оси коллектора до горизонтальной оси питателя I, м;  $h_{1-8}^{(1)}$  — потери напора при движении жидкости от сечения 1–1 до се-

чения 8–8 (в случае работы только одного питателя I), м. Эти потери напора

$$h_{1-8}^{(1)} = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-4} + \lambda \frac{h_1}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_4^2}{2g} + \left( \zeta_8 + \lambda \frac{l_8}{d_8} \right) \alpha \frac{v_8^2}{2g} \quad (2)$$

где  $\zeta_{\kappa}$ ,  $\zeta_{3-4}$  и  $\zeta_8$  — коэффициенты местных сопротивлений входа металла из чаши-стояка в коллектор, поворота из сечения 3–3 в сечение 4–4 и поворота из коллектора в питатель I;  $v_3$  и  $v_4$  — скорости жидкости в сечениях 3–3 и 4–4 коллектора, м/с;  $v_2 = v_3 = v_4$ ;  $l_{\kappa}$  — длина коллектора на участке от чаши-стояка до вертикально расположенного коллектора, м;  $d_{\kappa}$  и  $d_8$  — гидравлические диаметры коллектора и питателя I, м;  $\lambda$  — коэффициент потерь на трение;  $l_8$  — длина питателя I, м. Расход в ЛС при сливе сверху определяется скоростью металла  $v_8$  в выходном сечении

8–8 питателя I и площадью  $S_8$  его поперечного сечения:  $Q = v_8 S_8$ .

Остальные скорости жидкости в каналах ЛС определяем из уравнения неразрывности потока:

$$Q = v_2 S_k = v_3 S_k = v_4 S_k = v_8 S_8, \quad (3)$$

где  $S_k$  — площадь сечения коллектора, м<sup>2</sup>. Выразим все скорости металла в (2) через скорость  $v_8$ , используя уравнение неразрывности потока (3):

$$h_{1-8(8)}^{(1)} = \alpha \frac{v_8^2}{2g} \left[ \left( \zeta_k + \lambda \frac{l_k + h_1}{d_k} + \zeta_{3-4} \right) \left( \frac{S_8}{S_k} \right)^2 + \zeta_8 + \lambda \frac{l_8}{d_8} \right]. \quad (4)$$

Выражение в квадратных скобках обозначим как  $\zeta_{1-8(8)}^{(1)}$  — это коэффициент сопротивления системы от сечения 1–1 до сечения 8–8, приведенный к скорости жидкости в сечении 8–8:

$$\zeta_{1-8(8)}^{(1)} = \left( \zeta_k + \lambda \frac{l_k + h_1}{d_k} + \zeta_{3-4} \right) \left( \frac{S_8}{S_k} \right)^2 + \zeta_8 + \lambda \frac{l_8}{d_8}. \quad (5)$$

Теперь (1) можно записать так:

$$H + h_1 = \alpha v_8^2 (1 + \zeta_{1-8(8)}^{(1)}) / 2g. \quad (6)$$

А коэффициент расхода системы от сечения 1–1 до сечения 8–8, приведенный к скорости  $v_8$ ,

$$\mu_{1-8(8)}^{(1)} = (1 + \zeta_{1-8(8)}^{(1)})^{-1/2}. \quad (7)$$

Скорость

$$v_8^{(1)} = \mu_{1-8(8)}^{(1)} \sqrt{\frac{2g}{\alpha} (H + h_1)}. \quad (8)$$

Расход  $Q$  находим по выражению (3). Диаметр питателя I  $d_8 = 0,00603$  м, длина питателя I  $l_8 = 0,03015$  м. Диаметр коллектора  $d_k = d_2 = d_3 = d_4 = d_5 = d_6 = d_7 = 0,01603$  м. Длина коллектора на участке от стояка до вертикального коллектора  $l_k = 0,2255$  м.  $h_1 = 0,1290$  м,  $h_2 = 0,1140$  м. Принимаем, как и в работе [10], что коэффициент потерь на трение  $\lambda = 0,03$ . Коэффициент  $\zeta_k$  — это коэффициент местного сопротивления входа из сосуда большого диаметра в трубу. При

нескругленной входной кромке трубы коэффициент  $\zeta_k = 0,3$  [11]. Коэффициент местного сопротивления поворота на  $90^\circ$  в коллекторе из сечения 3–3 в сечение 4–4 (без изменения площадей сечений потока до и после поворота)  $\zeta_{3-4} = 0,885$  [12].  $\zeta_{3-4} = \zeta_{3-5} = 0,885$ . Коэффициент местного сопротивления поворота на  $90^\circ$  из коллектора в питатель I (с изменением площадей сечений)  $\zeta_8 = 0,296$  [12].

Результаты расчетов по соотношениям (5), (7), (8) и (3):  $\zeta_{1-8(8)}^{(1)} = 0,483012$ ,  $\mu_{1-8(8)}^{(1)} = 0,821160$ ,  $v_8^{(1)} = 2,645711$  м/с,  $Q^{(1)} = Q_8^{(1)} = 75,555631 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с.

Расчеты истечения жидкости из питателей II, III и IV производим аналогично со следующими поправками.  $d_9 = 0,00703$  м,  $l_9 = 0,03515$  м,  $\zeta_9 = 0,302$ .  $d_{10} = 0,00803$  м,  $l_{10} = 0,04015$  м,  $\zeta_{10} = 0,309$ .  $d_{11} = 0,00903$  м,  $l_{11} = 0,04515$  м,  $\zeta_{11} = 0,334$ . При работе питателя II в выражении (8) вместо “ $H + h_1$ ” должно быть “ $H - h_1$ ”, для питателя III — “ $H - h_1 - h_2$ ”, для питателя IV — “ $H - h_1 - 2h_2$ ”. Коэффициенты сопротивлений:

$$\zeta_{1-9(9)}^{(1)} = \left( \zeta_k + \lambda \frac{l_k + h_1}{d_k} + \zeta_{3-5} \right) \left( \frac{S_9}{S_k} \right)^2 + \zeta_9 + \lambda \frac{l_9}{d_9},$$

$$\zeta_{1-10(10)}^{(1)} = \left( \zeta_k + \lambda \frac{l_k + h_1 + h_2}{d_k} + \zeta_{3-5} \right) \left( \frac{S_{10}}{S_k} \right)^2 + \zeta_{10} + \lambda \frac{l_{10}}{d_{10}},$$

$$\zeta_{1-11(11)}^{(1)} = \left( \zeta_k + \lambda \frac{l_k + h_1 + 2h_2}{d_k} + \zeta_{3-5} \right) \left( \frac{S_{11}}{S_k} \right)^2 + \zeta_{11} + \lambda \frac{l_{11}}{d_{11}}.$$

Результаты расчетов и экспериментов (в знаменателе) приведены в табл. 1.  $Q^* = \frac{Q - Q_9}{Q_9} \cdot 100$ . Расчетное

значение расхода меньше экспериментального для нижнего питателя I на 2,1%, а для верхнего питателя IV — больше на 3,5%.

Таблица 1. – Характеристики литниковой системы при работе одного питателя

Работающие питатели	I	II	III	IV
$\zeta$	0,483	0,520	0,589	0,713
$\mu$	0,821	0,811	0,793	0,764
$v$ , м/с	<u>2,646</u>	<u>1,950</u>	<u>1,535</u>	<u>1,000</u>
	2,702	1,969	1,527	0,966
$Q \cdot 10^6$ , м <sup>3</sup> /с	<u>75,56</u>	<u>75,67</u>	<u>77,76</u>	<u>64,03</u>
	77,16	76,43	77,33	61,86
$Q^*$ , %	-2,1	-1,0	+0,6	+3,5

Найдем расход металла в ЛС при работе питателей I и II. Составим УБ для сечений 1–1 и 8–8 питателя I ( $v_2 = v_3$ ,  $v_4 \uparrow v_5$ ):

$$H + h_1 = \left( \zeta_k + \lambda \frac{l_k}{d_k} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-4(4)} + \lambda \frac{h_1}{d_k} \right) \alpha \frac{v_4^2}{2g} + \left( \zeta_8 + \lambda \frac{l_8}{d_8} + 1 \right) \alpha \frac{v_8^2}{2g}, \quad (9)$$

и для сечений 1-1 и 9-9 питателя II:

$$H - h_1 = \left( \zeta_\kappa + \lambda \frac{l_\kappa}{d_\kappa} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-5(5)}^\delta + \lambda \frac{h_1}{d_\kappa} \right) \alpha \frac{v_5^2}{2g} + \left( \zeta_9 + \lambda \frac{l_9}{d_9} + 1 \right) \alpha \frac{v_9^2}{2g}, \quad (10)$$

где  $\zeta_{3-4(4)}^\delta$  — коэффициент сопротивления (не местного) на деление потока в коллекторе в сечении 3-3 между сечениями 4-4 и 5-5, приведенный к скорости металла в сечении 4-4;  $\zeta_{3-5(5)}^\delta$  — коэффициент сопротивления (не местного) на деление потока в коллекторе в сечении 3-3 между сечениями 4-4 и 5-5, приведенный к скорости жидкости в сечении 5-5. Эти коэффициенты определяем по следующему соотношению [13, 277]:

$$\zeta^\delta = \left[ 1 + \phi (v_\delta / v)^2 \right] / (v_\delta / v)^2, \quad (11)$$

где  $\phi$  — коэффициент, зависящий от скругления кромок места деления потока;  $v$  — скорость жидкости до деления потока, м/с;  $v_\delta$  — скорость жидкости в одном из каналов после деления потока, м/с. При большом радиусе скругления  $\phi = 0,3$ , при нулевом радиусе скругления  $\phi = 1,5$ ; для нашей ЛС  $\phi = 1,5$ . Как видно, коэффициенты  $\zeta_{3-4(4)}^\delta$  и  $\zeta_{3-5(5)}^\delta$  зависят от отношений скоростей  $v_4 / v_3$  и  $v_5 / v_3$ , которые тоже неизвестны.

Введем следующие обозначения:  $x_2 = v_9 / v_8$ ,  $y_2 = S_9 / S_8$ . Тогда  $v_9 = x_2 \cdot v_8$ ,  $v_8 = v_9 / x_2$ ,  $S_9 = y_2 S_8$ ,  $S_8 = S_9 / y_2$ ,  $y_2 = 1,359177$ .

Уравнение неразрывности потока для работы двух питателей имеет вид:

$$Q = v_2 S_\kappa = v_3 S_\kappa = v_4 S_\kappa + v_5 S_\kappa = v_8 S_8 + v_9 S_9 = v_8 S_8 + x_2 v_8 \cdot y_2 S_8 = v_8 S_8 (1 + x_2 y_2) = v_8 S_{np(8)}^{(2)}. \quad (12)$$

Здесь  $S_{np(8)}^{(2)} = (1 + x_2 y_2) S_8$  — приведенная — к скорости  $v_8$  — площадь питателей (для двух работающих питателей I и II).

Аналогично записываем:

$$Q = v_8 S_8 + v_9 S_9 = \frac{v_9}{x_2} \frac{S_9}{y_2} + v_9 S_9 = v_9 S_9 \left( \frac{1}{x_2 y_2} + 1 \right) = v_9 S_{np(9)}^{(2)}, \quad (13)$$

где  $S_{np(9)}^{(2)} = \left( \frac{1}{x_2 y_2} + 1 \right) S_9$  — приведенная — к скорости  $v_9$  — площадь питателей (для двух работающих питателей).

Нужно задаться величиной  $x_2$ . Это может быть любое число. Однако ясно, что  $v_8$  больше  $v_9$ , так как  $H + h_1 > H - h_1$ . Предположим, что при работе двух питателей  $x_2 = 0,6$ , т.е.  $v_9 = 0,6 v_8$ . Тогда  $S_{np(8)}^{(2)} = (1 + x_2 y_2) S_8 = (1 + 0,6 \cdot 1,359177) S_8 = 1,815506 S_8$ .  $Q = v_8 S_{np(8)}^{(2)} = v_8 \cdot 1,815506 S_8 = v_3 S_\kappa$ ,  $v_4 S_\kappa = v_8 S_8$ ,  $\frac{v_4 S_\kappa}{v_3 S_\kappa} = \frac{v_8 S_8}{1,815506 v_8 S_8}$ ,  $v_4 / v_3 = 1 / 1,815506 = 0,550811$  —

это и есть отношение  $v_\delta / v$  в зависимости (11). Находим, что  $\zeta_{3-4(4)}^\delta = 4,796063$ .

Так же находим:  $S_{np(9)}^{(2)} = (1 + 1/x_2 / y_2) S_9 = (1 + 1/0,6 / 1,359177) S_9 = 2,226232 S_9$ ,  $Q = v_9 S_{np(9)}^{(2)} = v_9 \cdot 2,226232 S_9 = v_3 S_\kappa$ ,  $v_5 S_\kappa = v_9 S_9$ ,  $\frac{v_5 S_\kappa}{v_3 S_\kappa} = \frac{v_9 S_9}{2,226232 v_9 S_9}$ ,

$v_5 / v_3 = 1/2,226232 = 0,449189$ ,  $\zeta_{3-5(3)}^\delta = 6,456110$ .

$v_2 = v_3 = v_8 \frac{S_{np(8)}^{(2)}}{S_\kappa} = v_9 \frac{S_{np(9)}^{(2)}}{S_\kappa}$ ,  $v_4 = v_8 S_8 / S_\kappa$ ,  $v_5 = v_9 S_9 / S_\kappa$ .

Теперь выражения (9) и (10) можно записать так:

$$H + h_1 = \alpha \frac{v_8^2}{2g} \left[ \left( \zeta_\kappa + \lambda \frac{l_\kappa}{d_\kappa} \right) \left( \frac{S_{np(8)}^{(2)}}{S_\kappa} \right)^2 + \left( \zeta_{3-4(4)}^\delta + \lambda \frac{h_1}{d_\kappa} \right) \left( \frac{S_8}{S_\kappa} \right)^2 + \zeta_8 + \lambda \frac{l_8}{d_8} + 1 \right], \quad (14)$$

$$H - h_1 = \alpha \frac{v_9^2}{2g} \left[ \left( \zeta_\kappa + \lambda \frac{l_\kappa}{d_\kappa} \right) \left( \frac{S_{np(9)}^{(2)}}{S_\kappa} \right)^2 + \left( \zeta_{3-5(5)}^\delta + \lambda \frac{h_1}{d_\kappa} \right) \left( \frac{S_9}{S_\kappa} \right)^2 + \zeta_9 + \lambda \frac{l_9}{d_9} + 1 \right]. \quad (15)$$

Введем следующие обозначения:

$$\zeta_{1-8(8)}^{(2)} = \left( \zeta_\kappa + \lambda \frac{l_\kappa}{d_\kappa} \right) \left( \frac{S_{np(8)}^{(2)}}{S_\kappa} \right)^2 + \left( \zeta_{3-4(4)}^\delta + \lambda \frac{h_1}{d_\kappa} \right) \left( \frac{S_8}{S_\kappa} \right)^2 + \zeta_8 + \lambda \frac{l_8}{d_8}, \quad (16)$$

$$\zeta_{1-9(9)}^{(2)} = \left( \zeta_\kappa + \lambda \frac{l_\kappa}{d_\kappa} \right) \left( \frac{S_{np(9)}^{(2)}}{S_\kappa} \right)^2 + \left( \zeta_{3-5(5)}^\delta + \lambda \frac{h_1}{d_\kappa} \right) \left( \frac{S_9}{S_\kappa} \right)^2 + \zeta_9 + \lambda \frac{l_9}{d_9}, \quad (17)$$

$$\mu_{1-8(8)}^{(2)} = \left( 1 + \zeta_{1-8(8)}^{(2)} \right)^{-1/2}, \quad (18)$$

$$\mu_{1-9(9)}^{(2)} = \left( 1 + \zeta_{1-9(9)}^{(2)} \right)^{-1/2}. \quad (19)$$

Все значения входящих в эти формулы величин известны. Определяем:  $\zeta_{1-8(8)}^{(2)} = 0,594519$ ,  $\mu_{1-8(8)}^{(2)} = 0,791927$ ,  $\zeta_{1-9(9)}^{(2)} = 0,832110$ ,  $\mu_{1-9(9)}^{(2)} = 0,738796$ . По (8) находим, что  $v_8 = 2,551525$  м/с (для напора  $H + h_1$ ),  $v_9 = 1,776028$  м/с (для  $H - h_1$ ). Отношение скоростей  $x_2 = v_9 / v_8 = 0,696065$ . А мы задавались  $x_2 = 0,6$ . Делаем следующее приближение —  $x_2 = 0,696065$ , повторяем расчет и получаем:  $x_2 = 0,708740$ . Путем подобных приближений при заданном  $x_2 = 0,710427$  находим:  $x_2 = 0,7104274$ . На этом расчет величины  $x_2$  можно закончить, так как получившееся значение отличается от заданного всего на 0,0000004. Принимаем  $x_2 = 0,710427$ , а  $v_9 = 0,710427 v_8$ . Приведенные площади питателей:  $S_{np(8)}^{(2)} = 1,965596 S_8$ ,  $S_{np(9)}^{(2)} = 2,035630 S_9$ .  $\zeta_{1-8(8)}^{(2)} = 0,614087$ ,  $\mu_{1-8(8)}^{(2)} = 0,787112$ ,  $\zeta_{1-9(9)}^{(2)} = 0,780367$ ,

$\mu_{1-9(9)}^{(2)} = 0,749455$ . По (8) определяем, что  $v_8^{(2)} = 2,536011$  м/с (для напора  $H + h_1$ ),  $v_9^{(2)} = 1,801652$  м/с (для  $H - h_1$ ).  $Q_8^{(2)} = 72,422868 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $Q_9^{(2)} = 69,931279 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с. Расход в системе  $Q^{(2)} = Q_8^{(2)} + Q_9^{(2)} = 142,354147 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с. В питателе II по сравнению с питателем I скорость истечения жидкости ниже — из-за меньшего напора, а расходы почти одинаковые — из-за большей площади сечения питателя II.

Расчеты работы питателей I и III, I и IV производим аналогично. При работе питателя III в выражении (8) вместо " $H + h_1$ " должно быть " $H - h_1 - h_2$ ", для питателя IV — " $H - h_1 - 2h_2$ ". Коэффициенты сопротивлений:

$$\begin{aligned} \zeta_{1-10(10)}^{(2)} &= \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \left( \frac{S_{np(10)}^{(2)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \\ &+ \left( \zeta_{3-5(5)}^{\partial} + \lambda \frac{h_1 + h_2}{d_{\kappa}} \right) \left( \frac{S_{10}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{10} + \lambda \frac{l_{10}}{d_{10}}, \\ \zeta_{1-11(11)}^{(2)} &= \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \left( \frac{S_{np(11)}^{(2)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \\ &+ \left( \zeta_{3-5(5)}^{\partial} + \lambda \frac{h_1 + 2h_2}{d_{\kappa}} \right) \left( \frac{S_{11}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{11} + \lambda \frac{l_{11}}{d_{11}}. \end{aligned}$$

Расчетные и опытные (в знаменателе) данные — в табл. 2.

В случае работы питателей II и III с выходными сечениями 9–9 и 10–10 уравнения Бернулли запишутся в следующем виде:

$$H - h_1 = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + h_1}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-5} \right) \alpha \frac{v_5^2}{2g} + \quad (20)$$

$$+ \left( \zeta_9^{oms} + \lambda \frac{l_9}{d_9} + 1 \right) \alpha \frac{v_9^2}{2g},$$

$$H - h_1 - h_2 = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + h_1}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-5} \right) \alpha \frac{v_5^2}{2g} + \quad (21)$$

$$+ \left( \zeta_6 + \lambda \frac{h_2}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_6^2}{2g} + \left( \zeta_{10} + \lambda \frac{l_{10}}{d_{10}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{10}^2}{2g},$$

где  $\zeta_9^{oms}$  — коэффициент сопротивления (не местного) на ответвление потока в питатель II с выходным сечением 9–9;  $\zeta_6$  — коэффициент сопротивления (не местного) на проход жидкости из сечения 5–5 в сечение 6–6 при ответвлении части потока в питатель II с выходным сечением 9–9. Коэффициенты сопротивлений, обусловленных отделением потока из коллектора в питатель, будем подсчитывать по формулам для тройников [14, 112–115]. Коэффициент сопротивления на проход в коллекторе при ответвлении части потока в питатель

$$\zeta_{np} = 0,4 \left( 1 - v_{np} / v_{\kappa} \right)^2 / \left( v_{np} / v_{\kappa} \right)^2, \quad (22)$$

а коэффициент сопротивления на ответвление части потока в питатель

$$\zeta_{oms} = \left[ 1 + \tau \left( v_n / v_{\kappa} \right)^2 \right] / \left( v_n / v_{\kappa} \right)^2, \quad (23)$$

где  $v_{\kappa}$  и  $v_{np}$  — скорости металла в коллекторе до и после ответвления части потока в питатель, м/с;  $v_n$  — скорость жидкости в питателе, м/с;  $\tau$  — коэффициент. Для нашего случая  $\tau = 0,15$  [15]. Коэффициент  $\zeta_{np}$  получается приведенным к скорости проходящего потока  $v_{np}$ , а  $\zeta_{oms}$  — к скорости в питателе  $v_n$ . Как видно, коэффициенты  $\zeta_{np}$  и  $\zeta_{oms}$  зависят от неизвестных отношений скоростей  $v_{np} / v_{\kappa}$  и  $v_n / v_{\kappa}$ , точнее, от  $v_6 / v_5$  и  $v_9 / v_5$ .

Введем следующие обозначения:  $x_3 = v_{10} / v_9$ ,  $y_3 = S_{10} / S_9$ .  $v_{10} = x_3 v_9$ ,  $v_9 = v_{10} / x_3$ .  $S_{10} = y_3 S_9$ ,  $S_9 = S_{10} / y_3$ .  $y_3 = 1,304729$ .

Расход в системе при работе питателей II и III

$$\begin{aligned} Q &= v_2 S_{\kappa} = v_3 S_{\kappa} = v_5 S_{\kappa} = v_9 S_9 + v_{10} S_{10} = \\ &= v_9 S_9 + x_3 v_9 \cdot y_3 S_9 = v_9 S_9 (1 + x_3 y_3) = v_9 S_{np(9)}^{(2)}. \end{aligned}$$

Здесь  $S_{np(9)}^{(2)} = (1 + x_3 y_3) S_9$  — приведенная к скорости  $v_9$  площадь питателей.

Аналогично находим:

$$Q = v_9 S_9 + v_{10} S_{10} = \frac{v_{10} S_{10}}{x_3 y_3} + v_{10} S_{10} = v_{10} S_{10} \left( \frac{1}{x_3 y_3} + 1 \right) = v_{10} S_{np(10)}^{(2)},$$

где  $S_{np(10)}^{(2)} = \left( \frac{1}{x_3 y_3} + 1 \right) S_{10}$  — приведенная к скорости  $v_{10}$

площадь питателей.  $v_2 = v_3 = v_5 = v_9 \frac{S_{np(9)}^{(2)}}{S_{\kappa}} = v_{10} \frac{S_{np(10)}^{(2)}}{S_{\kappa}}$ , а  $v_6 = v_{10} \frac{S_{10}}{S_{\kappa}}$ .

Следует задаться величиной  $x_3$ . Для начала возьмем  $x_3 = 0,5$ . В этом случае  $S_{np(9)}^{(2)} = 1,652365 S_9$ ,  $S_{np(10)}^{(2)} = 2,532885 S_{10}$ .

Нужно еще найти отношения  $v_9 / v_5$  и  $v_6 / v_5$ .

$$\frac{v_9 S_9}{v_5 S_{\kappa}} = \frac{v_9 S_9}{v_9 S_{np(9)}^{(2)}} = \frac{S_9}{(1 + x_3 y_3) S_9} = \frac{1}{1 + x_3 y_3},$$

$$\frac{v_9}{v_5} = \frac{1}{1 + x_3 y_3} \frac{S_{\kappa}}{S_9} \text{ — это и есть отношение } v_n / v_{\kappa}$$

в зависимости (23). Находим, что  $v_9 / v_5 = 3,146665$ ,

$$\text{а } \zeta_9^{oms} = 0,250995.$$

$$\frac{v_6 S_{\kappa}}{v_5 S_{\kappa}} = \frac{v_{10} S_{10}}{v_{10} S_{np(10)}^{(2)}} = \frac{S_{10}}{\left( 1 + \frac{1}{x_3 y_3} \right) S_{10}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{x_3 y_3}},$$

$$\frac{v_6}{v_5} = \frac{1}{1 + \frac{1}{x_3 y_3}} \text{ — это отношение } v_{np} / v_{\kappa} \text{ в формуле}$$

(22). Определяем:  $v_6 / v_5 = 0,394807$ ,  $\zeta_6 = 0,939894$ .

Теперь выражения (20) и (21) можно записать так:

$$H-h_1 = \alpha \frac{v_9^2}{2g} \left[ \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + h_1}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-5} \right) \left( \frac{S_{np(9)}^{(2)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_9^{oms} + \lambda \frac{l_9}{d_9} + 1 \right],$$

$$H-h_1-h_2 = \alpha \frac{v_{10}^2}{2g} \left[ \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + h_1}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-5} \right) \left( \frac{S_{np(10)}^{(2)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \left( \zeta_6 + \lambda \frac{h_2}{d_{\kappa}} \right) \left( \frac{S_{10}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{10} + \lambda \frac{l_{10}}{d_{10}} + 1 \right].$$

Введем следующие обозначения:

$$\zeta_{1-9(9)}^{(2)} = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + h_1}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-5} \right) \left( \frac{S_{np(9)}^{(2)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_9^{oms} + \lambda \frac{l_9}{d_9},$$

$$\zeta_{1-10(10)}^{(2)} = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + h_1}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-5} \right) \left( \frac{S_{np(10)}^{(2)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \left( \zeta_6 + \lambda \frac{h_2}{d_{\kappa}} \right) \left( \frac{S_{10}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{10} + \lambda \frac{l_{10}}{d_{10}}.$$

Определяем:  $\zeta_{1-9(9)}^{(2)} = 0,587678$ ,  $\mu_{1-9(9)}^{(2)} = 0,793631$ ,  $\zeta_{1-10(10)}^{(2)} = 1,278352$ ,  $\mu_{1-10(10)}^{(2)} = 0,662506$ . По (8) находим, что  $v_9 = 1,907851$  м/с (для напора  $H-h_1$ ),  $v_{10} = 1,282190$  м/с (для  $H-h_1-h_2$ ). Отношения скоростей:  $x_3 = v_{10} / v_9 = 0,672060$ . А задавались  $x_3 = 0,5$ . Делаем следующее приближение:  $x_3 = 0,672060$ . Повторяем расчет и получаем:  $x_3 = 0,728946$ . Путем подобных приближений при заданном  $x_3 = 0,749651$  находим:  $x_3 = 0,74965099$ . На этом расчет величины  $x_3$  можно закончить, так как получившееся значение отличается от заданного всего на 0,00000001. Принимаем  $x_3 = 0,749651$ , а  $v_{10} = 0,749651 v_9$ . Приведенные площади питателей:  $S_{np(9)}^{(2)} = 1,978092 S_9$ ,  $S_{np(10)}^{(2)} = 2,022399 S_{10}$ .  $\zeta_{1-9(9)}^{(2)} = 0,712276$ ,  $\mu_{1-9(9)}^{(2)} = 0,764211$ ,  $\zeta_{1-10(10)}^{(2)} = 0,974830$ ,  $\mu_{1-10(10)}^{(2)} = 0,711599$ . По (8) определяем, что  $v_9^{(2)} = 1,837126$  м/с (для случая  $H-h_1$ ),  $v_{10}^{(2)} = 1,377203$  м/с (для  $H-h_1-h_2$ ).  $Q_9^{(2)} = 71,308181 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $Q_{10}^{(2)} = 69,745937 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с. Расход в системе  $Q^{(2)} = Q_9^{(2)} + Q_{10}^{(2)} = 141,054118 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с.

Расчет работы питателей II и IV, III и IV производим подобным же образом, результаты — в табл. 2.

Таблица 2. – Характеристики литниковой системы при работе двух питателей

Работающие питатели	I, II	I, III	I, IV	II, III	II, IV	III, IV
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
$\zeta_{1-8(8)}$	0,614	0,612	0,580			
$\mu_{1-8(8)}$	0,787	0,788	0,796			
$v_8$	<u>2,536</u>	<u>2,538</u>	<u>2,564</u>			
	2,620	2,453	2,658			
$Q_8 \cdot 10^6$	<u>72,42</u>	<u>72,48</u>	<u>73,21</u>			
	74,82	70,05	75,91			

Уравнения Бернулли для питателей II, III и IV с выходными сечениями 9–9, 10–10 и 11–11 запишутся в следующем виде:

$$H-h_1 = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + h_1}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-5} \right) \alpha \frac{v_5^2}{2g} + \left( \zeta_9^{oms} + \lambda \frac{l_9}{d_9} + 1 \right) \alpha \frac{v_9^2}{2g}, \quad (24)$$

$$H-h_1-h_2 = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + h_1}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-5} \right) \alpha \frac{v_5^2}{2g} + \left( \zeta_6 + \lambda \frac{h_2}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_6^2}{2g} + \left( \zeta_{10}^{oms} + \lambda \frac{l_{10}}{d_{10}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{10}^2}{2g}, \quad (25)$$

$$H-h_1-2h_2 = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + h_1}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-5} \right) \alpha \frac{v_5^2}{2g} + \left( \zeta_6 + \lambda \frac{h_2}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_6^2}{2g} + \left( \zeta_7 + \lambda \frac{h_2}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_7^2}{2g} + \left( \zeta_{11} + \lambda \frac{l_{11}}{d_{11}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{11}^2}{2g}. \quad (26)$$

Введем следующие обозначения:  $x_3 = v_{10} / v_9$ ,  $x_4 = v_{11} / v_9$ ,  $y_3 = S_{10} / S_9$ ,  $y_4 = S_{11} / S_9$ ,  $v_{10} = x_3 v_9$ ,  $v_9 = v_{10} / x_3$ ,  $v_{11} = x_4 v_9$ ,  $v_9 = v_{11} / x_4$ .  $S_{10} = y_3 S_9$ ,  $S_9 = S_{10} / y_3$ .  $S_{11} = y_4 S_9$ ,  $S_9 = S_{11} / y_4$ .  $y_3 = 1,304729$ ,  $y_4 = 1,649927$ .

Расход в системе при работе питателей II, III и IV можно представить в виде следующих выражений:

$$Q = v_2 S_{\kappa} = v_3 S_{\kappa} = v_5 S_{\kappa} = v_9 S_9 + v_{10} S_{10} + v_{11} S_{11} = v_9 S_9 + x_3 v_9 \cdot y_3 S_9 + x_4 v_9 \cdot y_4 S_9 = v_9 S_9 (1 + x_3 y_3 + x_4 y_4) = v_9 S_{np(9)}^{(3)},$$

$$Q = v_9 S_9 (1 + x_3 y_3 + x_4 y_4) = \frac{v_{10}}{x_3} \frac{S_{10}}{y_3} (1 + x_3 y_3 + x_4 y_4) = v_{10} S_{np(10)}^{(3)},$$

$$Q = v_9 S_9 (1 + x_3 y_3 + x_4 y_4) = \frac{v_{11}}{x_4} \frac{S_{11}}{y_4} (1 + x_3 y_3 + x_4 y_4) = v_{11} S_{np(11)}^{(3)}.$$

Здесь  $S_{np(9)}^{(3)} = (1 + x_3 y_3 + x_4 y_4) S_9$ ,  $S_{np(10)}^{(3)} = \frac{1 + x_3 y_3 + x_4 y_4}{x_3 y_3} S_{10}$ ,  $S_{np(11)}^{(3)} = \frac{1 + x_3 y_3 + x_4 y_4}{x_4 y_4} S_{11}$  —

приведенные к скоростям  $v_9$ ,  $v_{10}$  и  $v_{11}$  площади питателей. Теперь можно записать следующее равенство:

$$v_2 = v_3 = v_5 = v_9 \frac{S_{np(9)}^{(3)}}{S_{\kappa}} = v_{10} \frac{S_{np(10)}^{(3)}}{S_{\kappa}} = v_{11} \frac{S_{np(11)}^{(3)}}{S_{\kappa}}. \text{ Очевидно,}$$

что  $v_4 = v_8 S_8 / S_{\kappa}$ , а  $v_7 = v_{11} S_{11} / S_{\kappa}$ .

1	2	3	4	5	6	7
$Q^*, \%$	-3,2	+3,5	-3,6			
$\zeta_{1-9(9)}$	0,780			0,712	0,600	
$\mu_{1-9(9)}$	0,749			0,764	0,791	
$v_9$	$\frac{1,802}{1,855}$			$\frac{1,837}{1,777}$	$\frac{1,901}{1,864}$	
$Q_9 \cdot 10^6$	$\frac{69,93}{72,00}$			$\frac{71,31}{68,97}$	$\frac{73,77}{72,39}$	
$Q^*, \%$	-2,9			+3,4	+1,9	
$\zeta_{1-10(10)}$		1,041		0,975		0,851
$\mu_{1-10(10)}$		0,700		0,712		0,735
$v_{10}$		$\frac{1,355}{1,479}$		$\frac{1,377}{1,368}$		$\frac{1,422}{1,384}$
$Q_{10} \cdot 10^6$		$\frac{68,61}{74,90}$		$\frac{69,75}{69,28}$		$\frac{72,03}{70,09}$
$Q^*, \%$		-8,4		+0,7		+2,8
$\zeta_{1-11(11)}$			1,740		1,735	1,833
$\mu_{1-11(11)}$			0,604		0,605	0,594
$v_{11}$			$\frac{0,791}{0,798}$		$\frac{0,791}{0,751}$	$\frac{0,777}{0,733}$
$Q_{11} \cdot 10^6$			$\frac{50,63}{51,11}$		$\frac{50,67}{48,10}$	$\frac{49,79}{46,94}$
$Q^*, \%$			-0,9		+5,3	+6,1
$Q \cdot 10^6$	$\frac{142,35}{146,82}$	$\frac{141,09}{144,95}$	$\frac{123,84}{127,02}$	$\frac{141,05}{138,25}$	$\frac{124,45}{120,49}$	$\frac{121,82}{117,03}$
$Q^*, \%$	-3,0	-2,7	-2,5	+2,0	+3,3	+4,1

Расход жидкости в сечении 6–6

$$v_6 S_{\kappa} = v_{10} S_{10} + v_{11} S_{11} = v_{10} S_{10} + x_4 v_9 \cdot y_4 S_9 =$$

$$= v_{10} S_{10} + x_4 \frac{v_{10}}{x_3} \cdot y_4 \frac{S_{10}}{y_3} = v_{10} S_{10} \left( 1 + \frac{x_4 y_4}{x_3 y_3} \right),$$

$$v_6 S_{\kappa} = v_{10} S_{10} + v_{11} S_{11} = x_3 v_9 \cdot y_3 S_9 + v_{11} S_{11} =$$

$$= x_3 \frac{v_{11}}{x_4} \cdot y_3 \frac{S_{11}}{y_4} + v_{11} S_{11} = v_{11} S_{11} \left( \frac{x_3 y_3}{x_4 y_4} + 1 \right)$$

$$\text{А скорость } v_6 = v_{10} \left( 1 + \frac{x_4 y_4}{x_3 y_3} \right) \frac{S_{10}}{S_{\kappa}} = v_{11} \left( 1 + \frac{x_3 y_3}{x_4 y_4} \right) \frac{S_{11}}{S_{\kappa}}.$$

Следует задаться величинами  $x_3$  и  $x_4$ . Для начала возьмем  $x_3 = 0,5$  и  $x_4 = 0,3$ . В этом случае  $S_{np(9)}^{(3)} = 2,147343S_9$ ,  $S_{np(10)}^{(3)} = 3,291630S_{10}$ ,  $S_{np(11)}^{(3)} = 4,338257S_{11}$ .

Нужно найти отношения  $v_9 / v_5$ ,  $v_6 / v_5$ ,  $v_{10} / v_6$  и  $v_7 / v_6$ .

$$\frac{v_9 S_9}{v_5 S_{\kappa}} = \frac{v_9 S_9}{v_9 S_{np(9)}^{(3)}} = \frac{S_9}{(1 + x_3 y_3 + x_4 y_4) S_9} = \frac{1}{1 + x_3 y_3 + x_4 y_4},$$

$$\frac{v_9}{v_5} = \frac{1}{1 + x_3 y_3 + x_4 y_4} \frac{S_{\kappa}}{S_9} \text{ — это отношение } v_n / v_{\kappa} \text{ в зави-}$$

симости (23). Находим, что  $v_9 / v_5 = 2,421336$ , а  $\zeta_9^{oms} = 0,320565$ .

$$\frac{v_6 S_{\kappa}}{v_5 S_{\kappa}} = \frac{\left( 1 + \frac{x_4 y_4}{x_3 y_3} \right) v_{10} S_{10}}{\frac{1 + x_3 y_3 + x_4 y_4}{x_3 y_3} v_{10} S_{10}} = \frac{x_3 y_3 + x_4 y_4}{1 + x_3 y_3 + x_4 y_4} \text{ — это}$$

$v_{np} / v_{\kappa}$  в уравнении (22). Определяем:  $v_6 / v_5 = 0,534308$ ,  $\zeta_6 = 0,303860$ .

$$\frac{v_{10} S_{10}}{v_6 S_{\kappa}} = \frac{v_{10} S_{10}}{\left( 1 + \frac{x_4 y_4}{x_3 y_3} \right) v_{10} S_{10}} = \frac{1}{1 + \frac{x_4 y_4}{x_3 y_3}}, \quad \frac{v_{10}}{v_6} = \frac{1}{1 + \frac{x_4 y_4}{x_3 y_3}} \frac{S_{\kappa}}{S_{10}},$$

$v_{10} / v_6 = 2,265860$ ,  $\zeta_{10}^{oms} = 0,344775$ .

$$\frac{v_7 S_{\kappa}}{v_6 S_{\kappa}} = \frac{v_{11} S_{11}}{\left( 1 + \frac{x_3 y_3}{x_4 y_4} \right) v_{11} S_{11}} = \frac{1}{1 + \frac{x_3 y_3}{x_4 y_4}}, \quad \frac{v_7}{v_6} = \frac{1}{1 + \frac{x_3 y_3}{x_4 y_4}},$$

$v_7 / v_6 = 0,431413$ ,  $\zeta_7 = 0,694814$ .

Подставляем найденные значения отношений величин в формулы (24)–(26) и после преобразований

имеем следующие выражения для определения коэффициентов сопротивлений:

$$\zeta_{1-9(9)}^{(3)} = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + h_1}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-5} \right) \left( \frac{S_{np(9)}^{(3)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_9^{oms} + \lambda \frac{l_9}{d_9},$$

$$\zeta_{1-10(10)}^{(3)} = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + h_1}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-5} \right) \left( \frac{S_{np(10)}^{(3)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \left( \zeta_6 + \lambda \frac{h_2}{d_{\kappa}} \right) \left( 1 + \frac{x_4 y_4}{x_3 y_3} \right)^2 \left( \frac{S_{10}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{10}^{oms} + \lambda \frac{l_{10}}{d_{10}},$$

$$\zeta_{1-11(11)}^{(3)} = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + h_1}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-5} \right) \left( \frac{S_{np(11)}^{(3)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \left( \zeta_6 + \lambda \frac{h_2}{d_{\kappa}} \right) \times \left( 1 + \frac{x_3 y_3}{x_4 y_4} \right)^2 \left( \frac{S_{11}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \left( \zeta_7 + \lambda \frac{h_2}{d_{\kappa}} \right) \left( \frac{S_{11}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{11} + \lambda \frac{l_{11}}{d_{11}}.$$

Все значения входящих в эти формулы величин известны. Определяем:

$\zeta_{1-9(9)}^{(3)} = 0,785845$ ,  $\mu_{1-9(9)}^{(3)} = 0,748304$ ,  $\zeta_{1-10(10)}^{(3)} = 1,856634$ ,  $\mu_{1-10(10)}^{(3)} = 0,591661$ ,  $\zeta_{1-11(11)}^{(3)} = 4,358391$ ,  $\mu_{1-11(11)}^{(3)} = 0,431999$ . По (8) для соответствующих действующих напоров находим, что  $v_9 = 1,798887$  м/с,  $v_{10} = 1,145079$  м/с,  $v_{11} = 0,565290$  м/с. Отношения скоростей:  $x_3 = v_{10} / v_9 = 0,636549$ ,  $x_4 = v_{11} / v_9 = 0,314245$ . А мы задавались  $x_3 = 0,6$  и  $x_4 = 0,3$ . Повторяем расчет при  $x_3 = 0,636549$  и  $x_4 = 0,314245$  и получаем:  $x_3 = 0,702746$ ,  $x_4 = 0,312052$ . Путем подобных приближений находим:  $x_3 = 0,751368$ ,  $x_4 = 0,280081$ . Приведенные площади питателей:  $S_{np(9)}^{(3)} = 2,442445 S_9$ ,  $S_{np(10)}^{(3)} = 2,491447 S_{10}$ ,  $S_{np(11)}^{(3)} = 5,285381 S_{11}$ .  $\zeta_{1-9(9)}^{(3)} = 0,928557$ ,  $\mu_{1-9(9)}^{(3)} = 0,720085$ ,  $\zeta_{1-10(10)}^{(3)} = 1,214120$ ,  $\mu_{1-10(10)}^{(3)} = 0,672047$ ,  $\zeta_{1-11(11)}^{(3)} = 6,284361$ ,  $\mu_{1-11(11)}^{(3)} = 0,370514$ . По (8) определяем, что  $v_9 = 1,731049$  м/с (для  $H - h_1$ ),  $v_{10} = 1,300655$  м/с (для  $H - h_1 - h_2$ ),  $v_{11} = 0,484834$  м/с (для  $H - h_1 - 2h_2$ ).  $Q_9^{(3)} = 67,190827 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $Q_{10}^{(3)} = 65,869323 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $Q_{11}^{(3)} = 31,049774$  м<sup>3</sup>/с. Расход в системе  $Q^{(3)} = Q_9^{(3)} + Q_{10}^{(3)} + Q_{11}^{(3)} = 164,109923 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с.

В случае работы трех питателей уравнения Бернулли для питателей I, II и III с выходными сечениями 8–8, 9–9 и 10–10 запишутся в следующем виде:

$$H + h_1 = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-4(4)}^{\partial} + \lambda \frac{h_1}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_4^2}{2g} + \left( \zeta_8 + \lambda \frac{l_8}{d_8} + 1 \right) \alpha \frac{v_8^2}{2g}, \quad (27)$$

$$H - h_1 = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-5(5)}^{\partial} + \lambda \frac{h_1}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_5^2}{2g} + \left( \zeta_9^{oms} + \lambda \frac{l_9}{d_9} + 1 \right) \alpha \frac{v_9^2}{2g}, \quad (28)$$

$$H - h_1 - h_2 = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-5(5)}^{\partial} + \lambda \frac{h_1}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_5^2}{2g} + \left( \zeta_6 + \lambda \frac{h_2}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_6^2}{2g} + \left( \zeta_{10} + \lambda \frac{l_{10}}{d_{10}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{10}^2}{2g}. \quad (29)$$

Введем следующие обозначения:  $x_2 = v_9 / v_8$ ,  $x_3 = v_{10} / v_8$ ,  $y_2 = S_9 / S_8$ ,  $y_3 = S_{10} / S_8$ .

$v_9 = x_2 v_8$ ,  $v_8 = v_9 / x_2$ ,  $v_{10} = x_3 v_8$ ,  $v_8 = v_{10} / x_3$ ,  $S_9 = y_2 S_8$ ,  $S_8 = S_9 / y_2$ ,  $S_{10} = y_3 S_8$ ,  $S_8 = S_{10} / y_3$ .  $y_2 = 1,359177$ ,  $y_3 = 1,773358$ .

Расход в системе при работе питателей I–III

$$Q = v_2 S_{\kappa} = v_3 S_{\kappa} = v_4 S_{\kappa} + v_5 S_{\kappa} = v_8 S_8 + v_9 S_9 + v_{10} S_{10} = v_8 S_8 + x_2 v_8 \cdot y_2 S_8 + x_3 v_8 \cdot y_3 S_8 = v_8 S_8 (1 + x_2 y_2 + x_3 y_3) = v_8 S_{np(8)}^{(3)},$$

$$Q = v_8 S_8 (1 + x_2 y_2 + x_3 y_3) = \frac{v_9 S_9}{x_2 y_2} (1 + x_2 y_2 + x_3 y_3) = v_9 S_{np(9)}^{(3)},$$

$$Q = v_8 S_8 (1 + x_2 y_2 + x_3 y_3) = \frac{v_{10} S_{10}}{x_3 y_3} (1 + x_2 y_2 + x_3 y_3) = v_{10} S_{np(10)}^{(3)},$$

$$\text{где } S_{np(8)}^{(3)} = (1 + x_2 y_2 + x_3 y_3) S_8, \quad S_{np(9)}^{(3)} = \frac{1 + x_2 y_2 + x_3 y_3}{x_2 y_2} S_9,$$

$$S_{np(10)}^{(3)} = \frac{1 + x_2 y_2 + x_3 y_3}{x_3 y_3} S_{10} \quad \text{— приведенные соответ-$$

ственно к скоростям  $v_8$ ,  $v_9$  и  $v_{10}$  площади питателей.

Нужно задаться величинами  $x_2$  и  $x_3$ . Для начала возьмем  $x_2 = 0,6$ , а  $x_3 = 0,3$ . В этом случае

$$S_{np(8)}^{(3)} = 2,347514 S_8, \quad S_{np(9)}^{(3)} = 2,878597 S_9,$$

$$S_{np(10)}^{(3)} = 4,412558 S_{10}.$$

Скорость в сечении 3–3

$$v_3 = v_8 \frac{S_{np(8)}^{(3)}}{S_{\kappa}} = v_9 \frac{S_{np(9)}^{(3)}}{S_{\kappa}} = v_{10} \frac{S_{np(10)}^{(3)}}{S_{\kappa}}. \quad \text{Очевидно, что}$$

$$v_4 = v_8 S_8 / S_{\kappa}, \quad v_6 = v_{10} S_{10} / S_{\kappa}.$$

Расход жидкости в сечении 5–5

$$Q_5 = v_5 S_{\kappa} = v_9 S_9 + v_{10} S_{10} = v_9 S_9 + x_3 v_8 \cdot y_3 S_8 = v_9 S_9 + x_3 \frac{v_9}{x_2} \cdot y_3 \frac{S_9}{y_2} = v_9 \left( 1 + \frac{x_3 y_3}{x_2 y_2} \right) S_9,$$

$$Q_5 = v_5 S_{\kappa} = v_9 S_9 + v_{10} S_{10} = x_2 v_8 \cdot y_2 S_8 + v_{10} S_{10} = x_2 \frac{v_{10}}{x_3} \cdot y_2 \frac{S_{10}}{y_3} + v_{10} S_{10} = v_{10} \left( \frac{x_2 y_2}{x_3 y_3} + 1 \right) S_{10}.$$

Тогда будем иметь следующее:

$$\frac{v_4 S_{\kappa}}{v_3 S_{\kappa}} = \frac{v_8 S_8}{v_8 S_{np(8)}^{(3)}} = \frac{S_8}{(1 + x_2 y_2 + x_3 y_3) S_8} = \frac{1}{2,347514} = 0,425983,$$

$$v_4 / v_3 = 0,425983,$$

$$\frac{v_5 S_{\kappa}}{v_3 S_{\kappa}} = \frac{v_9 S_9 \left( 1 + \frac{x_3 y_3}{x_2 y_2} \right)}{v_9 S_9 (1 + x_2 y_2 + x_3 y_3) / x_2 y_2} = \frac{x_2 y_2 + x_3 y_3}{1 + x_2 y_2 + x_3 y_3} = 0,574017,$$

$v_8 / v_6 = 0,574017$ . По соотношению (11) находим:

$$\zeta_{3-4(4)}^{\partial} = 7,010820, \quad \zeta_{3-5(5)}^{\partial} = 4,534939.$$

Расход жидкости в сечении 5–5



$$\begin{aligned}
Q_5 &= v_5 S_k = v_9 S_9 + v_{10} S_{10} = v_9 S_9 + x_3 v_8 \cdot y_3 S_8 = \\
&= v_9 S_9 + x_3 \frac{v_9}{x_2} \cdot y_3 \frac{S_9}{y_2} = v_9 \left( 1 + \frac{x_3 y_3}{x_2 y_2} \right) S_9, \\
Q_5 &= v_5 S_k = v_9 S_9 + v_{10} S_{10} = x_2 v_8 \cdot y_2 S_8 + v_{10} S_{10} = \\
&= x_2 \frac{v_{10}}{x_3} \cdot y_2 \frac{S_{10}}{y_3} + v_{10} S_{10} = v_{10} \left( \frac{x_2 y_2}{x_3 y_3} + 1 \right) S_{10}.
\end{aligned}$$

Найдем величины отношений  $v_9/v_5$  и  $v_6/v_5$ .

$$\frac{v_9 S_9}{v_5 S_k} = \frac{v_9 S_9}{v_9 \left( 1 + \frac{x_3 y_3}{x_2 y_2} \right) S_9} = 1 / \left( 1 + \frac{x_3 y_3}{x_2 y_2} \right),$$

$$\frac{v_9}{v_5} = \frac{S_k}{S_9 \left( 1 + \frac{x_3 y_3}{x_2 y_2} \right)} \text{ — это отношение } v_n/v_k \text{ в зависимо-}$$

сти (23). Находим, что  $v_9/v_5 = 3,146665$ , а  $\zeta_9^{ome} = 0,250995$ .

$$\frac{v_6 S_k}{v_5 S_k} = \frac{v_{10} S_{10}}{v_{10} \left( 1 + \frac{x_2 y_2}{x_3 y_3} \right) S_{10}} = 1 / \left( 1 + \frac{x_2 y_2}{x_3 y_3} \right),$$

$$\frac{v_6}{v_5} = 1 / \left( 1 + \frac{x_2 y_2}{x_3 y_3} \right) \text{ — отношение } v_{np}/v_k \text{ в уравнении}$$

(22). Определяем:  $v_6/v_5 = 0,394807$ ,  $\zeta_6 = 0,939894$ .

Подставляем найденные значения отношений величин в формулы (27)–(29) и после преобразований имеем следующие выражения для определения коэффициентов сопротивлений:

$$\begin{aligned}
\zeta_{1-8(8)}^{(3)} &= \left( \zeta_k + \lambda \frac{l_k}{d_k} \right) \left( \frac{S_{np(8)}^{(3)}}{S_k} \right)^2 + \\
&+ \left( \zeta_{3-4(4)}^\delta + \lambda \frac{h_1}{d_k} \right) \left( \frac{S_8}{S_k} \right)^2 + \zeta_8 + \lambda \frac{l_8}{d_8}, \\
\zeta_{1-9(9)}^{(3)} &= \left( \zeta_k + \lambda \frac{l_k}{d_k} \right) \left( \frac{S_{np(9)}^{(3)}}{S_k} \right)^2 + \left( \zeta_{3-5(5)}^\delta + \lambda \frac{h_1}{d_k} \right) \times \\
&\times \left( 1 + \frac{x_3 y_3}{x_2 y_2} \right)^2 \left( \frac{S_9}{S_k} \right)^2 + \zeta_9^{ome} + \lambda \frac{l_9}{d_9}, \\
\zeta_{1-10(10)}^{(3)} &= \left( \zeta_k + \lambda \frac{l_k}{d_k} \right) \left( \frac{S_{np(10)}^{(3)}}{S_k} \right)^2 + \left( \zeta_{3-5(5)}^\delta + \lambda \frac{h_1}{d_k} \right) \times \\
&\times \left( 1 + \frac{x_2 y_2}{x_3 y_3} \right)^2 \left( \frac{S_{10}}{S_k} \right)^2 + \left( \zeta_6 + \lambda \frac{h_2}{d_k} \right) \left( \frac{S_{10}}{S_k} \right)^2 + \zeta_{10} + \lambda \frac{l_{10}}{d_{10}}.
\end{aligned}$$

Определяем:  $\zeta_{1-8(8)}^{(3)} = 0,670885$ ,  $\mu_{1-8(8)}^{(3)} = 0,773618$ ,  $\zeta_{1-9(9)}^{(3)} = 1,104691$ ,  $\mu_{1-9(9)}^{(3)} = 0,689296$ ,  $\zeta_{1-10(10)}^{(3)} = 3,346405$ ,  $\mu_{1-10(10)}^{(3)} = 0,479662$ . По (8) для соответствующих напоров находим, что  $v_8 = 2,492536$  м/с,  $v_9 = 1,657034$  м/с,  $v_{10} = 0,928320$  м/с. Отношения скоростей:  $x_2 = v_9/v_8 = 0,664799$ ,  $x_3 = v_{10}/v_8 = 0,372440$ . А задавались  $x_2 = 0,6$  и  $x_3 = 0,3$ . Делаем следующие приближения —  $x_2 = 0,664799$ ,  $x_3 = 0,372440$ , повторяем расчет и получаем:  $x_2 = 0,670138$ ,  $x_3 = 0,404331$ . Путем подобных приближений находим:  $x_2 = 0,658881$ ,  $x_3 = 0,432424$ . Приведенные площади питателей:  $S_{np(8)}^{(3)} = 2,662379 S_8$ ,  $S_{np(9)}^{(3)} = 2,972944 S_9$ ,  $S_{np(10)}^{(3)} = 3,471871 S_{10}$ . Результаты расчетов и экспериментов — в табл. 3.

Таблица 3. – Характеристики литниковой системы при работе трех или четырех питателей

Работающие питатели	II–IV	I–III	I–IV
1	2	3	4
$\zeta_{1-8(8)}$		0,725	0,728
$\mu_{1-8(8)}$		0,761	0,761
$v_8$		$\frac{2,453}{2,532}$	$\frac{2,451}{2,532}$
$Q_8 \cdot 10^6$		$\frac{70,05}{72,31}$	$\frac{69,99}{72,31}$
$Q^*, \%$		–3,1	–3,2
$\zeta_{1-9(9)}$	0,929	1,212	1,234
$\mu_{1-9(9)}$	0,720	0,672	0,669
$v_9$	$\frac{1,731}{1,702}$	$\frac{1,616}{1,665}$	$\frac{1,608}{1,665}$
$Q_9 \cdot 10^6$	$\frac{67,19}{66,06}$	$\frac{62,73}{64,63}$	$\frac{62,42}{64,63}$
$Q^*, \%$	+1,7	–2,9	–3,4
$\zeta_{1-10(10)}$	1,214	2,329	2,163

1	2	3	4
$\mu_{1-10(10)}$	0,672	0,548	0,562
$v_{10}$	$\frac{1,301}{1,290}$	$\frac{1,061}{1,150}$	$\frac{1,088}{1,150}$
$Q_{10} \cdot 10^6$	$\frac{65,87}{65,33}$	$\frac{53,72}{58,24}$	$\frac{55,11}{58,24}$
$Q^*, \%$	+0,8	-7,8	-5,4
$\zeta_{1-11(11)}$	6,284		$\infty$
$\mu_{1-11(11)}$	0,371		0
$v_{11}$	$\frac{0,485}{0,439}$		0
$Q_{11} \cdot 10^6$	$\frac{31,05}{28,11}$		0
$Q^*, \%$	+10,5		
$Q \cdot 10^6$	$\frac{164,11}{159,50}$	$\frac{186,50}{195,18}$	$\frac{187,52}{195,18}$
$Q^*, \%$	+2,9	-4,5	-3,9

Для случая работы всех четырех питателей УБ у нас уже записаны — это выражения (27), (28), (25) и (26).  
 $x_2 = v_9 / v_8$ ,  $x_3 = v_{10} / v_8$ ,  $x_4 = v_{11} / v_8$ ,  $y_2 = S_9 / S_8$ ,  
 $y_3 = S_{10} / S_8$ ,  $y_4 = S_{11} / S_8$ .

$v_9 = x_2 v_8$ ,  $v_8 = v_9 / x_2$ ,  $v_{10} = x_3 v_8$ ,  $v_8 = v_{10} / x_3$ ,  $v_{11} = x_4 v_8$ ,  
 $v_8 = v_{11} / x_4$ .  $S_9 = y_2 S_8$ ,  $S_8 = S_9 / y_2$ ,  $S_{10} = y_3 S_8$ ,  $S_8 = S_{10} / y_3$ ,  
 $S_{11} = y_4 S_8$ ,  $S_8 = S_{11} / y_4$ .  $y_2 = 1,359177$ ,  $y_3 = 1,773358$ ,  
 $y_4 = 2,242544$ . Приведенные площади питателей:

$$S_{np(8)}^{(4)} = (1 + x_2 y_2 + x_3 y_3 + x_4 y_4) S_8,$$

$$S_{np(9)}^{(4)} = \frac{1 + x_2 y_2 + x_3 y_3 + x_4 y_4}{x_2 y_2} S_9,$$

$$S_{np(10)}^{(4)} = \frac{1 + x_2 y_2 + x_3 y_3 + x_4 y_4}{x_3 y_3} S_{10},$$

$$S_{np(11)}^{(4)} = \frac{1 + x_2 y_2 + x_3 y_3 + x_4 y_4}{x_4 y_4} S_{11}.$$

$$\text{Скорость } v_3 = v_8 \frac{S_{np(8)}^{(4)}}{S_k} = v_9 \frac{S_{np(9)}^{(4)}}{S_k} = v_{10} \frac{S_{np(10)}^{(4)}}{S_k} = v_{11} \frac{S_{np(11)}^{(4)}}{S_k}.$$

Скорость

$$v_5 = v_9 \frac{x_2 y_2 + x_3 y_3 + x_4 y_4}{x_2 y_2} \frac{S_9}{S_k} = v_{10} \frac{x_2 y_2 + x_3 y_3 + x_4 y_4}{x_3 y_3} \frac{S_{10}}{S_k} =$$

$$= v_{11} \frac{x_2 y_2 + x_3 y_3 + x_4 y_4}{x_4 y_4} \frac{S_{11}}{S_k}.$$

$$\text{Скорость } v_6 = v_{10} \left( 1 + \frac{x_4 y_4}{x_3 y_3} \right) \frac{S_{10}}{S_k} = v_{11} \left( 1 + \frac{x_3 y_3}{x_4 y_4} \right) \frac{S_{11}}{S_k}.$$

$$v_4 = v_8 S_8 / S_k, v_7 = v_{11} S_{11} / S_k.$$

Задаемся для начала расчета  $x_2 = v_9 / v_8 = 0,5$ ,  
 $x_3 = v_{10} / v_8 = 0,3$ ,  $x_4 = v_{11} / v_8 = 0,1$ . В этом случае  
 $S_{np(8)}^{(4)} = 2,435850 S_8$ ,  $S_{np(9)}^{(4)} = 3,584302 S_9$ ,  $S_{np(10)}^{(4)} = 4,578602 S_{10}$ ,

$S_{np(11)}^{(4)} = 10,861998 S_{11}$ . Находим, как обычно,  $\zeta_{3-4(4)}^{\partial}$ ,  $\zeta_{3-5(5)}^{\partial}$ ,  
 $\zeta_6$ ,  $\zeta_7$ ,  $\zeta_9^{ama}$ ,  $\zeta_{10}^{ama}$ . Определяем:  $\zeta_{1-8(8)}^{(4)} = 0,685454$ ,  
 $\mu_{1-8(8)}^{(4)} = 0,770267$ ,  $\zeta_{1-9(9)}^{(4)} = 1,571020$ ,  $\mu_{1-9(9)}^{(4)} = 0,623659$ ,  
 $\zeta_{1-10(10)}^{(4)} = 3,673230$ ,  $\mu_{1-10(10)}^{(4)} = 0,462585$ ,  $\zeta_{1-11(11)}^{(4)} = 29,946048$ ,  
 $\mu_{1-11(11)}^{(4)} = 0,179762$ . По (8) для соответствующих дей-  
ствующих напоров находим, что  $v_8 = 2,481739$  м/с,  
 $v_9 = 1,499246$  м/с,  $v_{10} = 0,895270$  м/с,  $v_{11} = 0,235226$   
м/с. Отношения скоростей:  $x_2 = 0,604111$ ,  
 $x_3 = 0,360743$ ,  $x_4 = 0,094783$ . А задавались  $x_2 = 0,5$ ,  
 $x_3 = 0,3$  и  $x_4 = 0,1$ . Повторяем расчет при  $x_2 = 0,604111$ ,  
 $x_3 = 0,360743$ ,  $x_4 = 0,094783$  и получаем:  $x_2 = 0,633499$ ,  
 $x_3 = 0,385237$ ,  $x_4 = 0,082177$ . Для этих значений  $x_2$ ,  $x_3$   
и  $x_4$  имеем по расчету:  $x_2 = 0,641811$ ,  $x_3 = 0,398406$ ,  
 $x_4 = 0,070258$ . Для последних  $x_2$ ,  $x_3$  и  $x_4$  расчетные зна-  
чения:  $x_2 = 0,644780$ ,  $x_3 = 0,407258$ ,  $x_4 = 0,060205$ . При  
дальнейших расчетах так и не получаем сближения заданного и  
рассчитанного значений отношения  $v_{11} / v_8$ . Наоборот,  $v_{11} / v_8 \rightarrow 0$ .  
Удивительно не это, а то, что в эксперименте из питателя IV вода  
действительно не течет, т. е.  $v_{11} = 0$ . Хотя уровень жидкости в ча-  
стояке выше оси питателя IV на 96 мм. То есть напор  $H$  расходуется  
на потери на трение, в местных сопротивлениях, на деление напора,  
и его уже не хватает для подъема жидкости до питателя IV (при  
работе питателей I–IV). Это при напоре  $H = 0,453$  м. Если напор  
увеличить, то из питателя IV жидкость течет (эксперименты  
проводились при  $H = 0,753$  м). Окончательно имеем:  $x_2 = 0,656242$ ,  
 $x_3 = 0,444046$ ,  $x_4 = 8,9 \cdot 10^{-11}$ .  
 $S_{np(8)}^{(4)} = 2,679402 S_8$ ,  $S_{np(9)}^{(4)} = 3,003985 S_9$ ,  $S_{np(10)}^{(4)} = 3,402620 S_{10}$ ,

$S_{np(11)}^{(4)} = 1,2 \cdot 10^{11} S_{11}$ . Остальные результаты — в табл. 3.

Так что же мы имеем? Сначала о суммарном расходе воды при разном количестве работающих питателей (см. табл. 2). Расчетные данные при работе питателей I и II, I и III, I и IV меньше экспериментальных на 3,0, 2,7 и 2,5% и больше опытных для питателей II и III, II и IV, III и IV на 2,0, 3,3, 4,1%. Как и при работе только одного питателя, когда чем выше расположен питатель, тем больше отличие расчетного расхода от опытного.

В случае работы трех питателей (табл. 3) суммарный расчетный расход из питателей II–IV больше опытного на 2,9%, а для питателей I–III и I–IV расчетный расход меньше опытного на 4,5 и 3,9%. Чем это объясняется, непонятно. Хотя изменения небольшие, и какие-то выводы делать сложно.

Для каждого из работающих питателей в системе расчетные данные отличаются от опытных на величину от  $-5,4\%$  до  $+6,1\%$ . За исключением высоко расположенного питателя IV в системе из питателей I и III ( $-8,4\%$ ) и в системе из питателей II и IV ( $+10,5\%$ ). В системах из питателей I–III и I–IV из высоко расположенного питателя III, наоборот, вытекает жидкости больше расчетного соответственно на 7,8 и 5,4%. Почему это произошло, неясно, хотя это не такие уж большие отклонения расчетных величин от опытных.

В целом можно считать, что получено хорошее соответствие опытных и расчетных данных. И уравнение Бернулли, выведенное для частного случая — для системы с одним питателем, работает и в литниковой системе с количеством питателей, большим одного, при расположении неодинаковых питателей на разных уровнях по высоте формы.

Из-за таких малых отличий возникает мысль о порочном круге, когда в расчетах используются данные, полученные в своих же опытах. Действительно, коэффициент сопротивления на поворот в коллекторе на  $90^\circ$  и из коллектора в питатель и изменение площадей сечений потока до и после поворота находился для этой же ЛС. Однако порочного круга нет. Во-первых, в экспериментах по определению этого коэффициента *при работе только одного питателя* (не было деления потока) использовалась не новая, а известная зависимость — уравнение Бернулли. Во-вторых, для определения указанного коэффициента проводились независимые опыты [12]. И — главное — коэффициенты сопротивлений в гидравлике расчету не поддаются, а определяются экспериментально. Только сопротивление резкого расширения потока, а также — с некоторыми допу-

щениями — сопротивление резкого сужения и сопротивление поворота на  $90^\circ$  без изменения площадей сечений до и после поворота подсчитываются теоретически. А наши главные сопротивления — поворот в коллекторе на  $90^\circ$  и поворот из коллектора в питатель с изменением площадей сечений до и после поворота — определяются только опытным путем. Как и коэффициент потерь на трение  $\lambda$ . Коэффициенты сопротивлений на деление потока, подсчитываемые по (11), и на проход и на ответвление части потока, определяемые по (22) и (23), тоже получены путем обработки результатов опытов [13, 14]. Раз гидравлика — расчетно-экспериментальная наука, то, как бы этого ни хотелось, придется использовать в теоретических исследованиях опытные данные. Но надо помнить слова Е. Вигнера: «Нам в принципе неизвестно, почему наши теории «работают» так хорошо. Их точность может еще не свидетельствовать об их правильности и непротиворечивости» [16, 197].

Независимо от количества работающих питателей уравнение Бернулли выглядит одинаково — это выражение (1). Или можно записать УБ для сечения 1–1 и любого сечения ЛС, или двух любых сечений, хотя расходы жидкости в этих сечениях могут отличаться во много раз. То есть мы *используем уравнение Бернулли для сечений потока с разными расходами* и, как это ни удивительно, эксперименты подтверждают данное, казалось бы, абсурдное допущение. И за счет этого стал возможным расчет ЛС. Безо всяких дополнительных принципов. Только очевидное:  $Q = \sum_{i=1}^n Q_i$ , где  $Q_i$  — расход жидкости в  $i$ -том питателе. В любом сечении гидравлической системы действует  $H$  в виде суммы скоростного и пьезометрического напоров и потерь напора.

В расчетах учитываются, кроме 2-х обычных гидравлических потерь — на трение по длине и в местных сопротивлениях, — потери на изменение напора, подсчитываемые по соотношениям (11), (22) и (23). Возможность суммирования потерь на изменение напора с потерями на трение по длине и в местных сопротивлениях теоретически не обоснована. Однако пока не получено экспериментальных данных, противоречащих данному допущению.

В заключение заметим, что питатели «знают» друг о друге, так как включение или выключение хотя бы одного питателя приводит к перестройке работы всей гидравлической системы (см. табл. 2 и 3). А при работе, например, питателей I–IV в сечении 8–8 питателя I действует только напор в виде  $\alpha v_8^2 / 2g$  — то, что осталось от  $H + h_1$ . В сечении 9–9 питателя II — только  $\alpha v_9^2 / 2g$  вместо  $H - h_1$ . И т. д.

Таким образом, впервые теоретически и экспериментально исследована ярусная литниковая система с определением скоростей и расходов жидкости в каждом питателе и во всей системе, причем питатели имеют разные площади поперечных сечений. При расчёте таких систем с изменяющимся расходом жидкости использовали уравнение Бернулли, хотя оно в гидравлике выведено теоретически и провере-

но практически для потока жидкости с постоянным расходом. Получено хорошее соответствие опытных и расчетных данных. При работе всех четырех питателей при сливе жидкости из питателей сверху в форму вода из верхнего (четвертого) питателя не течет и по расчету, и в эксперименте, хотя уровень воды в чаше на 96 мм выше центра отверстия этого питателя.

#### Список литературы:

1. Васенин В. И. Особенности расчета расхода металла в литниковых системах//Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 1988. – № 1. – С. 103–106.
2. Васенин В. И. Исследование L-образной литниковой системы//Литейное производство. – 2011. – № 8. – С. 32–35.
3. Васенин В. И. Расчет расхода металла в разветвленной литниковой системе//Литейное производство. – 2007. – № 4. – С. 5–8.
4. Васенин В. И., Щелконогов М. Ю. Исследование разветвленной литниковой системы//Литейное производство. – 2010. – № 8. – С. 17–20.
5. Васенин В. И., Богомягков А. В., Шаров К. В. Исследование комбинированной литниковой системы//Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – Т. 14. – № 3. – С. 77–81.
6. Vasenin V. I., Bogomyagkov A. V., Sharov K. V. Research of cross gating system//Science and Education: materials of the III international research and practice conference, vol. I. – Munich: Vela-Verlag, 2013. – P. 194–205.
7. Vasenin V. I., Bogomyagkov A. V., Sharov K. V. Research of cross gating system with feeders of variable crosssection//2<sup>nd</sup> International conference on the political, technological, economic and social processes. – London: Scieuro, 2013. – P. 55–81.
8. Васенин В. И., Богомягков А. В., Шаров К. В. Исследования кольцевых литниковых систем//Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Том 15. – № 4 (2). – С. 316–322.
9. Чугаев Р. Р. Гидравлика. – М.: изд-во “Бастет”, 2008. – 672 с.
10. Токарев Ж. В. К вопросу о гидравлическом сопротивлении отдельных элементов незамкнутых литниковых систем//Улучшение технологии изготовления отливок. – Свердловск: изд-во Уральского политехнического института, 1966. – С. 32–40.
11. Васенин В. И., Богомягков А. В., Шаров К. В. Исследование влияния относительной длины питателя на характеристики литниковой системы//Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2013. – Т. 15. – № 2. – С. 48–52.
12. Васенин В. И., Васенин Д. В., Богомягков А. В., Шаров К. В. Исследование местных сопротивлений литниковой системы//Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – Т. 14. – № 2. – С. 46–53.
13. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.
14. Меерович И. Г., Мучник Г. Ф. Гидродинамика коллекторных систем. – М.: Наука, 1986. – 144 с.
15. Васенин В. И., Богомягков А. В., Шаров К. В. Исследования L-образных литниковых системы//Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – Т. 14. – № 4. – С. 108–122.
16. Вигнер Е. Этюды о симметрии. – М.: Мир, 1971. – 320 с.

Frolov Kostiantyn Jurijowytsch, Freelancer,

Magister in Ingenieurmechanik

E-Mail: ja0503@rambler.ru

Davydenko Jurij Aleksandrowitsch, Nationale technische

Jurij-Kondratjuk-Universität Poltawa,

Dozent, Lehrstuhl für theoretische Mechanik namens L. I. Serdjuk

E-Mail: davydenko65@mail.ru

Tscherednikow Wladimir Nikolajewitsch,

Entwicklungsbüro „Aerokopter“, Dozent, Chefkonstrukteur

E-Mail: v.n.cherednikov@gmail.com

## Wellenoptimierung durch die Teilinversion einer ihrer Stufen

**Inhalt:** Im vorliegenden Artikel behandelt man zum ersten Mal einen der Vorteile der Verwendung von einem absolut neuen und prinzipiell einzigartigen Verfahren zur Steigerung der Tragfähigkeit der Wellen — der Teilinversion. Und zwar — die Möglichkeit der Senkung der Maximalgröße der in der Welle entstehenden Spannungen. Es sind Ergebnisse des Modellierens für die Standardwelle und für die angebotene Welle angeführt, die mit der Hilfe des Programms FEMAP erhalten wurden.

**Schlüsselwörter:** Tragfähigkeit, Teilinversion, Welle, Spannungen, Modellieren, FEMAP

Für die Erreichung notwendiger Charakteristiken der Wellen oder deren Verbesserung gemäß [1, Seite 310–311] verwendet man zurzeit am häufigsten: die Vergrößerung des Querschnittsradius, die Verwendung eines teureren und härteren Materials oder die Verfestigung der Oberflächenschicht. Diese Methoden sind oft mit einer Steigerung des Detailwertes verbunden, manchmal mit einer sehr bedeutenden, und mit einer Zeitverlängerung für dessen Fertigung, manchmal mit einer sehr

wesentlichen. Dabei ist die Vergrößerung der Wellenabmessungen und (oder) deren Masse möglich, was zur Steigerung statischer und dynamischer Belastungen auf die Lager und die Basisknotenpunkte führt.

Im vorliegenden Artikel wird eine prinzipiell einzigartige Methode zur Steigerung der Wellentragfähigkeit behandelt — die Teilinversion.

Die Inversion (lat. *inversio*) bedeutet Umkehrung, Umstellung.

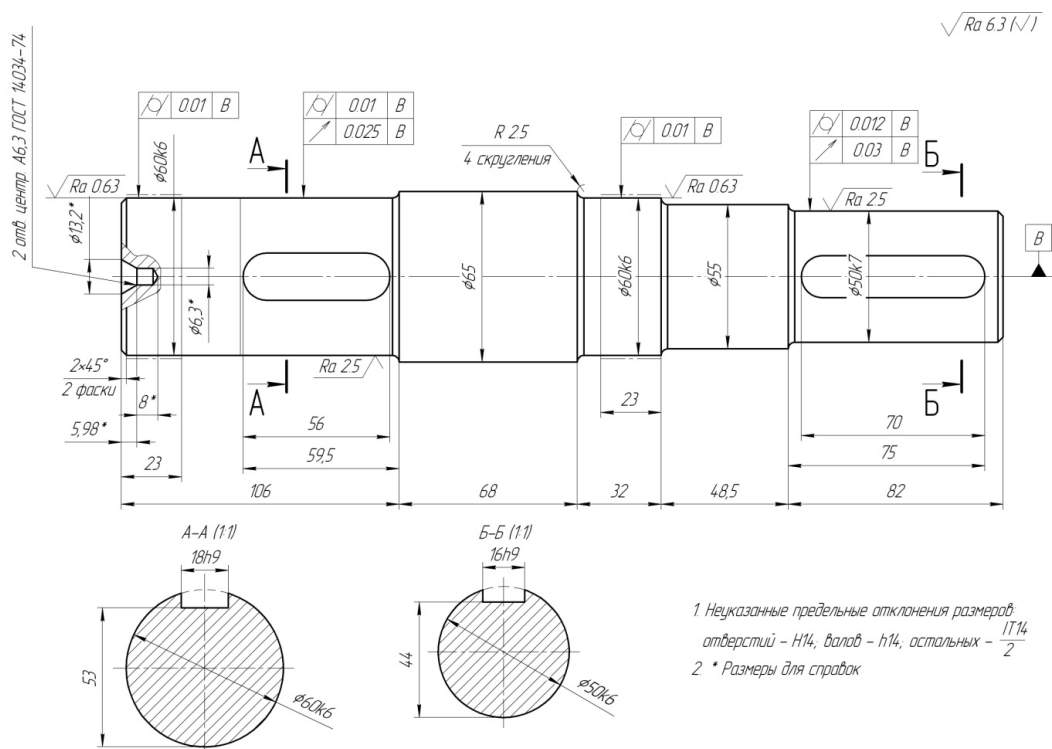


Bild 1. Zeichnung der zu behandelnden Welle

Geometrische Inversion ist eine Umwandlung, bei der Geraden, Kreise, Ebenen und Körper in andere Geraden, Kreise, Ebenen und Körper umgewandelt werden. Kreise zum Beispiel können in Geraden und umgekehrt übergehen. Die Teilinversion stellt entsprechend solche, aber nicht vollständige Umwandlung dar. Zum Beispiel, wird ein Teil des Kreises zu einer Geraden.

Zur vorgeschlagenen Methode haben analytische Forschungen des Querschnitts einer Unwuchtwellen, die durch einen Schwingungserreger mit den Ausschnitten für Keile gelenkt wird, geführt [2]. Es wurde die Funktion des axialen Moments der Trägheit von diesem Querschnitt, auf die Achse  $x$  bezogen, erhalten und deren weitere analytische Forschungen bestätigten die anfängliche Vermutung: die Steigerung des axialen Moments des Widerstandes vom Querschnitt der Welle mit der Verminderung der Fläche von diesem Querschnitt ist möglich [3–5]. Und weitere analytische Forschungen haben erlaubt, von selten verwendeten, durch Schwingungserreger gelenkten Unwuchtwellen zu Körpern des runden Querschnitts insgesamt überzugehen [6].

Hier wird zum ersten Mal die Verwendung der Teilinversion einer der Wellenstufen für die Verminderung der Größe von maximalen äquivalenten Spannungen, die in dieser Welle während deren Arbeit entstehen, behandelt. Und zwar für die durch den geschlossenen, schräg verzahnten, äußeren, langsam laufenden Zahnradtrieb mit Evolventenverzahnung des zweistufigen Stirnradgetriebes betriebene Mehrstufenwelle (Bild 1).

Dabei werden berücksichtigt:

— Eigenschaften des Wellenstoffs — des Stahls nach 45 GOST 1050–88 [Staatlicher Standard];

— Größen der auf die Welle wirkenden Kräfte: die Kreiskraft  $F_t=5547$  N, die Radialkraft  $F_r=2006$  N, die Axialkraft  $F_a=1126$  N;

— Parameter der verwendeten Lager — einreihiges Rollenlager, mit Kegelrollen 7212 GOST 520–2011 [Staatlicher Standard].

Als Grundlage und Prüfung der Ergebnisse des Modellierens gilt die analytische Bestimmung der in der Standardwelle entstehenden größten Äquivalentenspannungen nach dem allgemeingültigen Algorithmus:

1. Zusammenstellung des Rechenschemas der Welle.
2. Bestimmung der auf die Welle wirkenden äußeren Kräfte und Momente.
3. Bestimmung der Lagerungsreaktionen.
4. Aufbau von Biegemomentlinien und Torsionsmomentlinien.
5. Bestimmung der Äquivalentenspannung.

Gemäß den Empfehlungen verwendet man für die Bestimmung der in dieser Welle entstehenden Äquivalentenspannungen die Hypothese der Tangentialspannungen von Mohr [7, Seite D 76]:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}, \quad (1)$$

wo  $\sigma_v$  — Äquivalentenspannung;

$\sigma$  — Normalspannung (Biegespannung);

$\tau$  — Tangentialspannung (Verdrehspannung) sind.

Weiter wird das Modellieren der Welle und deren Arbeit im Programm FEMAP 10 behandelt. Hier ist die Achse  $z$  eine Längsachse der Welle; die Achsen  $x$  und  $y$  sind so orientiert, wie das Bild 2 zeigt.

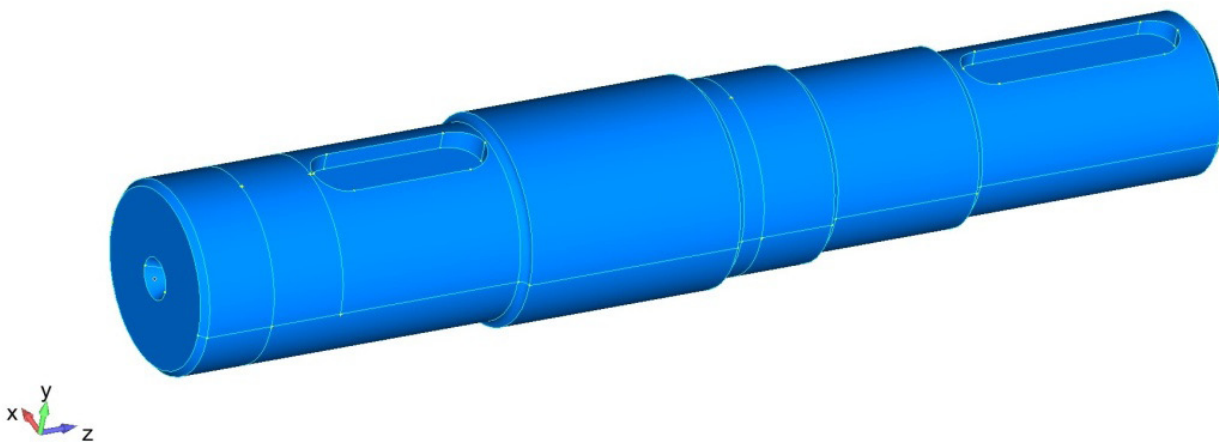


Bild 2. 3-D-Modell der zu behandelnden Welle

Im Zusammenhang mit den Nuancen des Modellierens berücksichtigt man im Programm FEMAP 10 für die Erhaltung eines adäquaten Ergebnisses außer

der Welle auch den Keil 18×11×56 GOST 23360–78 [Staatlicher Standard] (Bild 3).

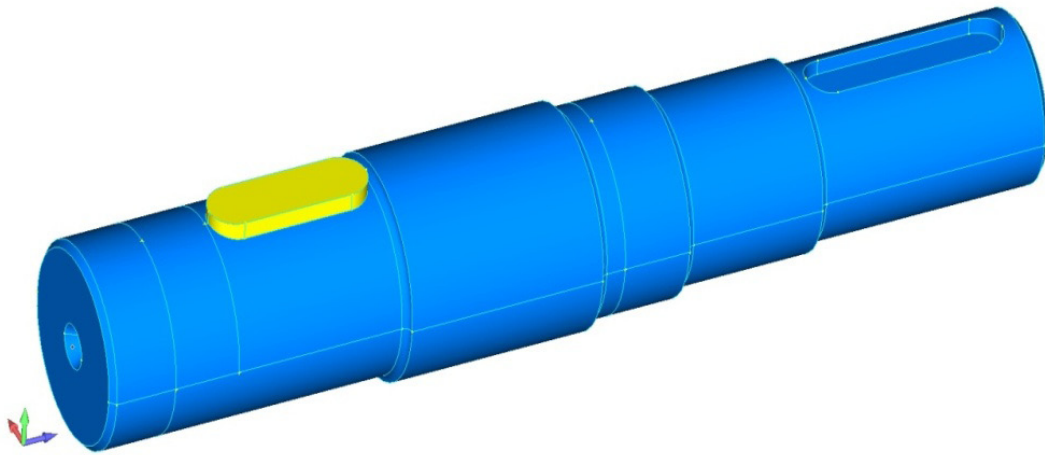


Bild 3. 3-D Modell der zu behandelnden Welle mit dem Keil

Die Netzgröße beim Modellieren wurde auf solche Weise gewählt, dass die Ergebnisse maximal den analytischen Ergebnissen entsprechen. Im gegebenen

Fall ist der Unterschied zwischen den analytischen Ergebnissen und den Ergebnissen des Modellierens nicht höher als 0,22% (Bild 4).

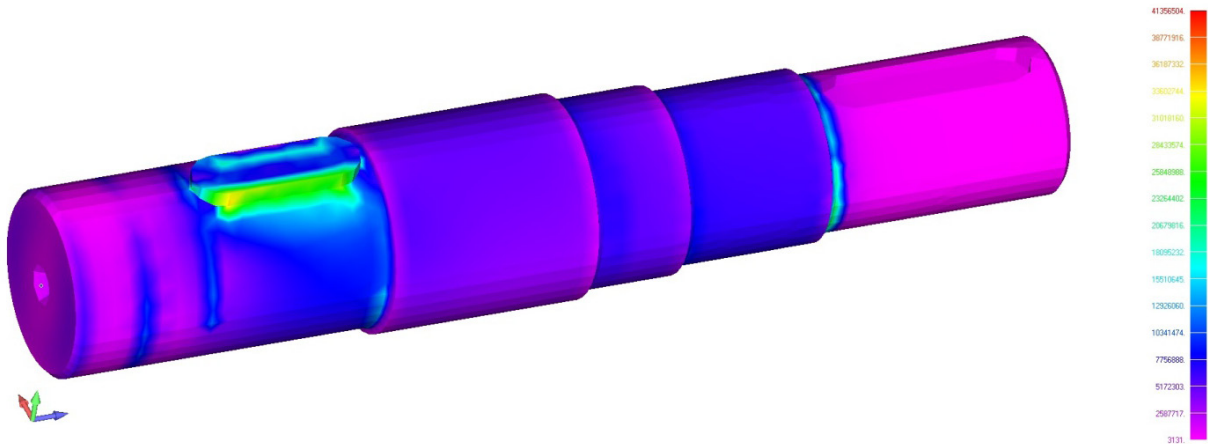


Bild 4. Verteilung der Spannungen, die während der Arbeit der zu behandelnden Welle mit dem Keil entstehen

Weiter behandeln wir dieselbe Welle und den Keil: die Netzgröße beim Modellieren, die Stoffeigenschaften der Details, die Belastung und die Lager sind analogisch. Aber eine der Stufen der Welle auf der ganzen Länge,

einschließlich teilweise die zu ihr anliegenden Abrundungen, wird teilweise inversiert: Es werden zwei gleiche symmetrische Abflachungen in der Ebene, die der Ebene  $xOz$  parallel ist, gemacht (Bild 5).

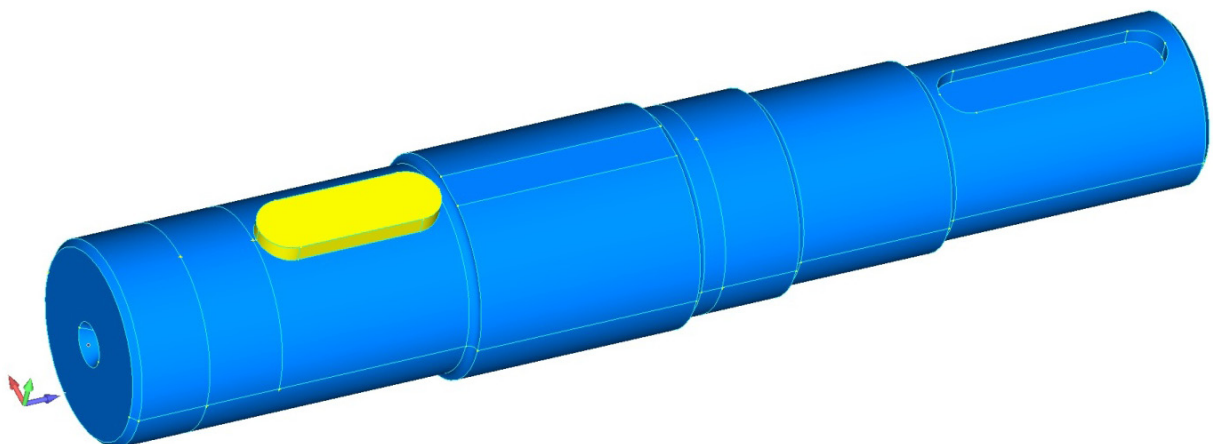


Bild 5. 3-D-Modell der zu behandelnden Welle mit dem Keil mit einer auf der ganzen Länge teilweise inversierten Stufe

Als Resultat des Modellierens für verschiedene Tiefgrößen der Abflachungen wurde die Gesetzmäßigkeit der Größenveränderung der in der Welle entstehenden maximalen äquivalenten Spannungen erhalten, die den Grafiken 2–5 entspricht, die in Punkt [3] angeführt

werden. Auf dem Bild 6 ist eins solcher Resultate dargestellt, wo es bei der Abflachtungstiefe  $h=0.5$  mm gelungen ist, die Größe der in der Welle entstehenden, maximalen äquivalenten Spannungen um 1,67% zu senken.

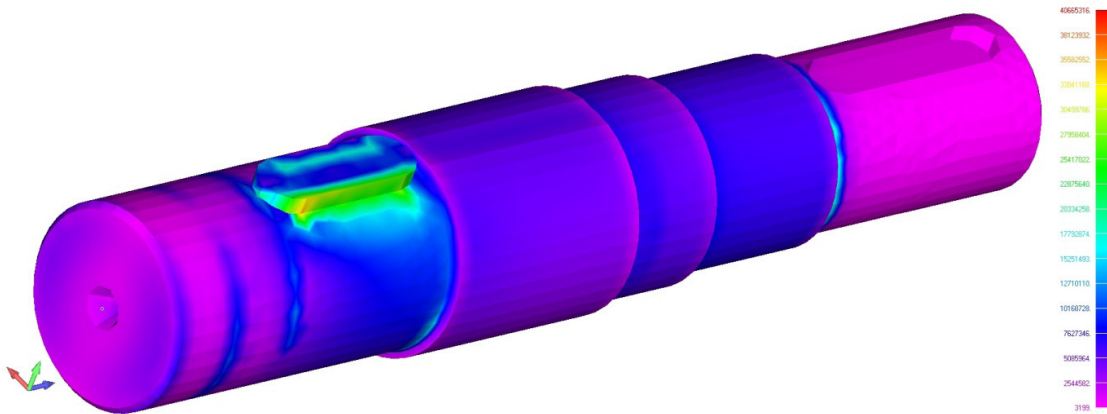


Bild 6 — Verteilung der Spannungen, die während der Arbeit der zu behandelnden Welle mit dem Keil mit einer auf der ganzen Länge teilweise inversierten Stufe entstehen

Noch interessantere Ergebnisse wurden bei der Teilinversion derselben Stufe der Welle, aber schon mit der Nut nur auf der Länge dieser Stufe, erhalten. Die Verteilung der Spannungen unterscheidet sich nicht prinzipiell vom Bild 6. Aber

die auf dem Bild 7 dargestellte Grafik widerlegt die beim Widerstand der Stoffe übliche Vermutung, dass sich mit der Verminderung der Größe des Querschnitts das Widerstandsmoment dieses Querschnitts vermindert.

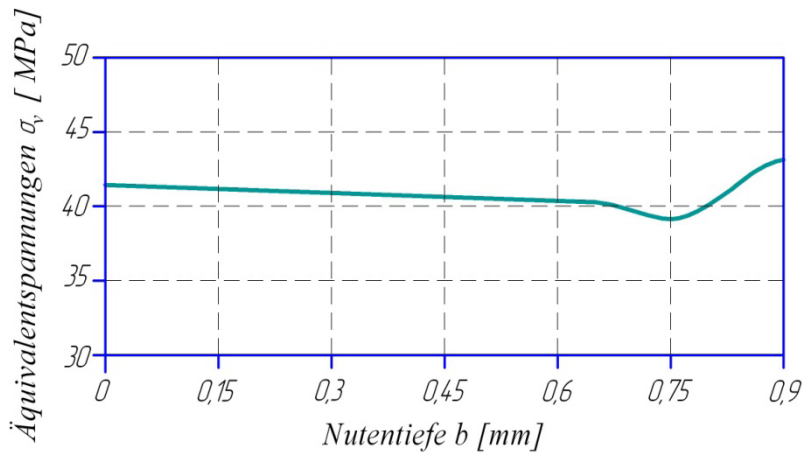


Bild 7 — Grafik der Abhängigkeit der in der Welle entstehenden äquivalenten Spannungen von der Nutentiefe einer ihrer Stufen

Diese Grafik zeigt, dass die Größe der in der Welle entstehenden maximalen äquivalenten Spannungen bei der Vergrößerung der Nutentiefe bis 0,75 mm schon um 5,2% sinkt! Dabei vermindert sich die Fläche des Querschnitts der entsprechenden Stufe der Welle und die Masse dieser Welle!

Nach den Ergebnissen dieser und anderer Forschungen wurde das Patent der Ukraine für das nützliche Modell ausgefertigt und erhalten [8].

Natürlich braucht man für eine vollständige Forschung, für den Erhalt des internationalen Patents

und für den Einsatz das Modellieren des Einflusses der Teilinversion auf den Widerstand der Ermüdung der Welle (Gestaltfestigkeit) und auf Schwingungen, in jedem Fall Naturexperimente. Leider werden diese innovativen und sehr aussichtsreichen Forschungen in der Ukraine nicht gebraucht. Deshalb werde ich, Frolov K.Ju., Magister, Erfinder des Begriffs selbst „Teilinversion“ und dieser wissenschaftlichen Richtung mich auf die gegenseitige Zusammenarbeit freuen. Ihre Vorschläge und Bemerkungen senden Sie bitte an die E-Mail von Herrn Frolov K.Ju.: ja0503@rambler.ru.



**Referenz:**

1. Коновалюк Д. М. та ін. Деталі машин: Підручник/Д. М. Коновалюк, Р. В. Ковальчук. – К.: Кондор, 2004. – 584 с.
2. Фролов К. Ю. Визначення моменту інерції перерізу дебалансного вала керованого вібробудувача.//Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). Випуск 24. У 3-х томах. Т. 2 – Полтава: ПолтНТУ, 2009. – С. 239–244
3. Давиденко Ю. О., к. т. н., доцент, Фролов К. Ю., асистент, Фургас А. В., студент, Горюн О. О., студент. Дослідження залежності моменту опору перерізу дебалансного валу від глибини канавки під сферичну шпонку в програмі MAPLE 13.//Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). Випуск 29. – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – С. 42–47
4. Черевко О. М., Давиденко Ю. О., Фролов К. Ю. Дослідження частинної інверсії дебалансних валів керованих вібробудувачів.//Збірник наукових праць (автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні). Випуск 45. – Львів: Львівська політехніка, 2011. – С. 232–237
5. Фролов К. Ю., Давиденко Ю. О. Дослідження впливу властивостей частинної інверсії тіл на їх габарити.//Всеукраїнський науково-технічний журнал "Вібрації в техніці та технологіях". Випуск 1 (65), 2012. – С. 46–49
6. Frolov K. Ju., Tscherednikow W. N., Davydenko Ju. A. Erforschung des Einflusses der Teilinversion der Kreisquerschnittkörper auf die Größen der in ihnen entstehenden Spannungen.//Papers of the 2<sup>nd</sup> International Scientific Conference "European Applied Sciences: modern approaches in scientific researches". In 3 Volumes. Volume 3. – Stuttgart: ORT Publishing, 2013. – S. 107–111
7. Alfred Böge (Hrsg.). Vieweg Handbuch Maschinenbau/18., überarbeitete und erweiterte Auflage. – Wiesbaden: «Friedr. Vieweg & Sohn». – 2007
8. Патент України 83927. Спосіб покращення розрахункових параметрів для тіл круглого перерізу/Фролов К. Ю. – Опубл. В Бюл. 10.10.2013, № 19.

## Section 7. Medical science

## Секция 7. Медицина

*Ibragimova Nargiza Sayfutdinovna,*

*Sadykov Abdushukur Abdujamilevich,*

*Imamov Otabek Sunnatovich.*

*Tashkent Medical Academy, Department of dermatological  
and venerological diseases, Medical-Sanitary Union Central Polyclinics #2, Tashkent city.*

*E-mail: nargiza\_is@mail.ru*

### Somatoform pruritus in elderly age and senility

**Abstract:** Pruritus — the most common complaint in elder and senile people. The reasons can be very diverse, most of them are related with systemic pathologies. Also we must take into account and metabolic disorders, liver, kidney, gastrointestinal tract forming organs and the endocrine system. This requires a careful examination of the patient, consider its condition of skin, and in diagnosing senile pruritus a dynamic monitoring is needed.

**Key words:** skin itch, somatoform pruritus, pruritus in elderly age and senility.

Chronic persistent pruritus can disrupt the quality of life by leading to sleep disorders, disability, depression, even suicide attempts. According to the literature, pruritus, is often persistent and painful, leads to depression, insomnia, and even suicide attempts, that were experienced by about 50% of people aged over 60 years. This significantly reduces the quality of life of patients [3]. Among all patients with itching, who have consulted a doctor, to the share of systemic causes come from 10 to 50% of cases [1, 3]. Separate system diseases and conditions, are often accompanied by itching: diseases of the genitourinary, hepatobiliary system, endocrine, hematologic, neurologic disease, paraneoplastic syndrome, rheumatologic, psychiatric, infectious and parasitic, pregnancy and age [1, 3, 6, 9]. The formation of skin itch — as a symptom of neurosomatic pathology is possible even in the presence of subclinical, latent, asymptomatic forms [11, 12]. Caused by different reasons and pathological states, skin itch is important in the early diagnosis of somatic diseases and serves as a guide for targeted interventions to eliminate pathogenic factors, to restore defected visceral-dermal relations and organ pathology. A particular problem is senile pruritus, that is probably caused by xerosis, due to concomitant senile degenerative changes in peripheral nerves, atrophic processes in the epidermis, sebaceous glands and sweat glands, hair follicles and the dermis [2, 4, 11]. In Uzbekistan, the researches in this area only began to be held.

**Objective:** to study peculiarities of somatoform pruritus in people of elderly age and senility.

#### **Material and methods.**

We examined 84 patients of elder and senile age, registered at the central polyclinics № 2 MSU of Tashkent city, of which 46 were men (54.8%), 38 women (45.2%). Elderly aged patients were 36 (42.9%), senile age and centenarians 48 (57.1%), the average age of the examined patients was  $72,0 \pm 1,14$  years. Patients with addictions were 20 (17.1%). Prescription of itch was ranged from 6 months to 18 years, up to 1 year — in 8, 5 years — in 67 patients and more than 5 years — in 9 from surveyed, the average duration of itching was  $3,32 \pm 2,94$  years. Most of the surveyed patients (56%) addressed primarily to her therapist about an itch, and third believed that the doctors did not pay enough attention to this complaint. In all surveyed 3 or more diseases were identified, that have been divided according to the International Classification of Diseases (ICD-10) [8]. The frequency, severity, prevalence and intensity of itch were analyzed in different nosology [14]. Presence of itch was established on the basis of complaints, clinical manifestations and forms-based questionnaire. Digital material were processed by variation statistics.

#### **Results and discussion.**

In all patients polymorbidity was mainly detected. Analysis of frequency of diseases' nosologic forms (ICD-10) showed a high incidence of diseases of

cardiovascular, hepatobiliary, urinary and nervous system (80,3–82,9%). The frequency of diseases of the musculoskeletal system and connective tissue, as well as the gastrointestinal tract and diseases of the ear and mastoid process were 71.8; 66.7 and 54.7%. Our findings coincide with the literature, which shows the presence of chronic diseases [5, 12], [5, 9] [12] [10] [7]. Previously, our studies have shown that more often itch has been detecting in malignant tumors (57, 1%), and psychiatric disorders (59.6%), diseases of the ear and mastoid process (62.7%), respiratory diseases (55.4%), and hepatobiliary system (55.2%). According to S. V. Herman (2004), pruritus sensation in people of elder age and senility in systemic diseases may be due to lowering of threshold of normal stimulus, due to the development of xerosis, as a stimuli can serve pruritogenic exogenous and endogenous substances (activation of the cytokine system, accumulation of endogenous opioids, toxins, biogenic amines) which can be affecting on any part of the nerve pathways from the skin to sensory cortex [3, 11, 13].

There are several classifications, considering different etiologic and clinical features of chronic pruritus. International forum for pruritus investigation, proposed a classification where clinical and differential diagnostic criteria [14], are including skin, system, neurological, psychiatric (psychosomatic), combined, unknown causes. Analysis of the frequencies of separate etiological causes of chronic itching in the surveyed patients showed that the system — 43.6%, neurological — 80.3%, psychiatric — 23.9%, combined — 46.2% and only in 6% of the surveyed the etiological factors were not identified.

Analysis of the questionnaire, which was filled by patients showed that 30.8% of patients had periodic itching, in 26.5% — arose mainly in the evening, in 21.4% — a constant itching, regardless of the time of day and season, 11.1% — during the day and 10.3% of the patients noted seasonal development of pruritus. Analysis of provoking factors showed that 31.6% of patients could not clearly indicate the initiating factor, in 20.5% itch occurs after nervous strain, in 14.5% — while diet offence, in 13.8% — after taking drugs, for the occurrence of pruritus after taking off the clothes, after enhanced sweating, mechanical irritation and exacerbation of somatic diseases complained from 2% to 7% of patients. We did not detect any defined correlation of mentioned parameters with nosology. For generalized pruritus complained 72 (61.5%) patients, the remaining noted limited itching of different localization: 7.6% of

the patients complained of itching of the scalp, 5.1% — in the upper extremities, face and head, in the lower extremities — 6.8%, in the back — 12.8%, legs, stomach and back — 3.4%, for anogenital pruritus complained 2.6% of the patients.

Pruritus intensity rating by VAS scale showed that for itch of low intensity (from 0 to 4 points) complained 9.7% of the patients, medium (5–6) — 30.8%, high intensity (7–8 points) — 37.1% of patients, unbearable, excruciating itching (9 points) — 23.1% of the patients. Pruritus influenced to the mood of patients, disturbed sleep, patient became irritable and aggressive, interfere in the performance of daily work. As a result of long itching excoriation, pigmentation, scars, lichenification, pyoderma occurred, in some patients, the free edge of the nail plate was grinded, nails looked like polished.

In patients with diseases of the hepatobiliary system, and hepatitis C painful, persistent and generalized pruritus was observed. It began gradually and localized, further becoming generalized, especially at night. According to the literature, accumulation of endogenous opioids leads to cholestatic pruritus, which modulate itch and opioidergic tones are amplified in the brain, resulting in activation of central opioid receptors, that induces scratching [1, 11, 13]. In cirrhosis main itch localizations are extremities, hips and abdomen.

Diabetes pruritus more commonly arised in the anogenital region, auditory meatus, scalp or had a diffuse character, was due to metabolic abnormalities, anhidrosis and diabetic neuropathy [1, 3]. Anal itching occurred more frequently in men, being manifested by painful itching, genital itching — in women was caused mainly by candida or dermatophyte infection. In patients with diffuse toxic goiter itching was unstable, poorly defined, was mainly driven by the activation of the kinin system, hyperthermia and hyperhidrosis. In hypothyroid states itching mostly had a generalized character, due to excessive dryness of the skin.

In patients with malignant tumors limited local itching of varying intensity was observed, particularly in patients with prostate adenoma complained of itching of the scrotum and perineum, women with cervical cancer mainly complained of itching in the vagina, in tumors of the head — mostly in the facial area and head. Apparently, this was due to entering to the systemic circulation of toxic products of necrotic tumor cells, chemical mediators of itch synthesised by tumor.

Pruritus from a clinical point of view in the neuroses and psychoses was noteworthy. If patients with neuroses had

transit slightly presented itching and which decreased after administration of sedatives, then the patients with psychosis presented deep excoriations. In our surveyed patients with a high frequency of itch atherosclerotic vascular changes, polyneuropathy were detected [10].

Thus, in elder aged and senile people systemic changes were observed in various organs and tissues, defining polymorbidity. Under these conditions, pruritus — is

the most common complaint in the elder people. The reasons can be very diverse, most of them are related to systemic pathologies. We also must take into account the metabolic disorders, liver, kidney, gastrointestinal tract, blood-forming organs and abnormalities in function of endocrine system. This requires a careful examination of the patient, considering his/her skin condition, and after detection senile pruritus dynamic monitoring is needed.

#### References:

1. Адаскевич В. П., Катина М. А. Зуд как дермадром системных заболеваний // Росс. журнал кожных и венерических болезней. – 2010. – № 4. – С. 12–20.
2. Альбанова В. Кожные болезни пожилого и старческого возраста // Медицинская газета. – 2002. – № 78. – С. 8–9.
3. Герман С. В. Зуд при системных заболеваниях у лиц пожилого и старческого возраста и его лечение // Клиническая геронтология. – 2004. – № 12. – С. 13–21.
4. Довжанский С. И. Зуд кожи. // Росс. журнал кожных и венерических болезней. – 2010. – С. 29–33
5. Комиссаренко И. А. Полиморбидность и метаболический синдром у пожилых // Клиническая геронтология. – 2009. – № 1. – С. 28–38.
6. Львов Н. А., Грудманн С., Штендер С. Хронический зуд: старые проблемы, новые решения // Росс. журнал кожных и венерических болезней. – 2010. – № 4. – С. 7–12.
7. Мантурова Н. Е., Городилов Р. В., Кононов А. В. Старение кожи: механизмы формирования и структурные изменения // Анналы пластической, реконструктивной и эстетической медицины. – 2010. – № 1. – С. 88–92.
8. Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем. 10-й пересмотр. – Женева: ВОЗ: М.: Медицина, – 1995.
9. Мерцалова И. Б. Кожный зуд // Лечащий врач. – 2010. – № 10. – С. 18–20.
10. Олисова О. Ю., Громова С. А., Смиренная В. А. Фотостарение кожи: современный взгляд на проблему // Росс. журнал кожных и венерических болезней. – 2010. – № 2. – С. 58–62.
11. Свирщевская Е. В., Матушевская Е. В., Матушевская Ю. И. Патофизиология зуда кожи при некоторых дерматозах // Росс. журнал кожных и венерических болезней. – 2009. – № 3. – С. 28–33.
12. Шабалин Г. С. Основные закономерности старения организма человека // Здравоохранение Российской Федерации. – 2009. – № 2. – С. 13–18.
13. Юдина М. М., Торопина Г. Г., Львов А. Н., Иванов О. Л. Нейроанатомические и нейрофизиологические аспекты зуда // Росс. журнал кожных и венерических болезней. – 2009. – № 1. – С. 19–23.
14. Ständer S., Weisshaar E., Mettang T., Szepietowski J. C., Carstens E., Ikoma A., et al. Clinical classification of itch: a position paper of the international Forum for the Study of Itch. Acta Derm. Venereol. 2007; 87 (4): 291–4.

*Lygin Sergei Aleksandrovisch,  
candidate of chemistry, associate Professor Birk branch  
of the Bashkir State University, Russia Birk  
E-mail: lygins@mail.ru*

*Mystafina Yulya Fanisovna,  
student Birk branch of the Bashkir State University, Russia Birk  
E-mail: lygins@mail.ru*

## Survey analysis of features of vegetarianism

**Abstract:** The article discusses the vegetarian diet. With a view to objective research and the impact on the human experiment was conducted, compared blood cell count average person before he switched to vegetarianism and after.

**Keywords:** nutrition; vegetarianism; fats; acid; blood.

*Лыгин Сергей Александрович,  
канд. хим. наук, доцент Бирского филиала Башкирского  
государственного университета, РФ, г. Бирск  
E-mail: lygins@mail.ru*

*Мустафина Юлия Фанисовна,  
студент Бирского филиала Башкирского  
государственного университета, РФ, г. Бирск  
E-mail: lygins@mail.ru*

## Обзорный анализ особенностей вегетарианства

**Аннотация:** В статье рассматривается вопрос вегетарианского питания. С целью его объективного исследования и воздействия на организм человека был проведен эксперимент, в сравнении показателей анализов крови среднестатистического человека до того, как он перешел на вегетарианство и после.

**Ключевые слова:** питание; вегетарианство; жиры; кислоты; кровь.

Человеку дано не очень много естественных возможностей для поддержания и совершенствования здорового образа жизни. По оценкам ученых медиков и специалистов по питанию, воплощение в жизнь людей принципов здорового питания позволило бы снизить смертность людей от многих заболеваний.

Одним из решений данных проблем может стать переход к вегетарианской стратегии питания. Вегетарианство — образ жизни, характеризующийся в первую очередь питанием, исключающим употребление мяса, птицы, рыбы и морепродуктов животного происхождения [1].

Известно, что для полноценного функционирования организму человека необходимы белки, жиры и углеводы. Зачастую бытует миф, что в растительной пище в избытке содержатся углеводы, в то время, как жиры и, самое главное, белки — в недостатке. Однако, это заблуждение. По химическому составу растительную пищу можно назвать углеводисто — витаминно — минеральной, так как в ней содержатся все перечисленные компоненты, а кроме того жиры и белки в достаточном количестве.

Все животные продукты богаты белками, которые содержат полный набор из 20 аминокислот. В противоположность животным белкам белки растений редко содержат все аминокислоты сразу, а общее количество белка в растениях меньше, чем в тканях животных.

Считалось, что чем больше белка, тем лучше. Однако сейчас уже известно, что процесс метаболизма белка сопровождается повышенной выработкой свободных радикалов и образованием токсичных соединений азота, которые играют немалую роль в развитии хронических болезней [5].

Углеводам в питании принадлежит исключительно важная роль. В химической структуре этих веществ

атомы кислорода сочетаются с атомами водорода в таких же соотношениях, как в составе воды.

В состав пищевых продуктов входят три группы углеводов:

- моносахариды (глюкоза, фруктоза);
- олигосахариды, к которым относятся дисахариды (сахароза, лактоза, мальтоза), трисахариды;
- полисахариды (крахмал, гликоген, клетчатка, пектиновые вещества).

Источником углеводов в питании служат растения, в которых углеводы составляют 80–90% сухой массы [2]. В продуктах животного происхождения количество углеводов очень низкое (в мясе их совершенно нет).

Жиры (липиды) также относятся к основным пищевым веществам и являются обязательным пищевым компонентом. Жиры являются источником энергии, превосходящей энергию всех других пищевых веществ. Являясь структурной частью клеток, они участвуют в пластических процессах. Жиры являются растворителями витаминов А, D, E и способствуют их усвоению. С жирами поступает ряд биологически активных веществ: фосфатиды (лецитин), полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), стерины, токоферолы. Жир улучшает вкусовые свойства пищи и повышает ее питательность.

Вегетарианская диета в целом содержит такое же количество жиров как и обычная всеядная диета, но преобладают здесь мононенасыщенные и полиненасыщенные жирные кислоты, а насыщенных, напротив, — меньше. В эритроцитах, тромбоцитах и сыворотке фракций фосфолипидов, это увеличение произошло в основном за счет омега-3 жирных кислот [4, 157].

С целью объективного исследования вегетарианского типа питания и его воздействия на организм человека был проведен эксперимент, суть которого заключалась в сравнении показателей анализов крови среднестатистического человека до того, как он перешел на вегетарианство и после.

Для проведения эксперимента было создано 2 группы, состоящие из трех мужчин и трех женщин

различных возрастов и индексов массы тела. Эксперимент проводился в три этапа, каждый из которых — в течение одного месяца с перерывами в две недели. Суммарная длительность составила 4 месяца. По окончании эксперимента были проведены общий и биохимический анализ крови. Полученные результаты были обработаны, для каждой группы, найдены средние показатели и сведены в табл. 1, 2. [5, 154].

Таблица 1. – Результаты общего и биохимического анализа крови (женская группа)

Показатель крови	Значение			Единицы измерения
	до	после	норма	
Эритроциты (RGB)	3,68	4,01	3,8–5,1	10 <sup>12</sup> клеток/л
Гемоглобин (HGB)	115	121	123–153	г/л
Гематокрит (HCT)	38,20	41,40	35–46	%
Средний объем эритроцита	103,80	103,20	80–96	фл
Среднее содержание гемоглобина в эритроците	31,40	30,20	26,5–32	пг
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците	30,20	29,30	32–36	г/дл
Тромбоциты	310	365	150–400	10 <sup>9</sup> клеток/л
Лейкоциты	6,60	7,50	4–9	10 <sup>9</sup> клеток/л
Лимфоциты (LYM)	31,30	36,70	20–40	%
СОЭ (ESR)	5	4	2–15	мм/час
Креатинин (CREAT)	55	50	53–97	мкмоль/л
Общий холестерин (CHOL)	2,65	2,00	3,5–6,5	ммоль/л
Билирубин (BIL)	11,4	12,2	5–20	мкмоль/л
Глюкоза (GLU)	3,89	3,67	3,30–5,50	ммоль/л
Аспартатамино-трансфераза	10,3	11,8	до 31	ед/л
Аланинамино-трансфераза	16,2	13,2	до 31	ед/л

Таблица 2. – Результаты общего и биохимического анализа крови (мужская группа)

Показатель крови	Значение			Единицы измерения
	до	после	норма	
Эритроциты (RGB)	4,8	5,0	4,0–5,1	10 <sup>12</sup> клеток/л
Гемоглобин (HGB)	148,0	159,0	130–160	г/л
Гематокрит (HCT)	43,2	44	40–48	%
Средний объем эритроцита	100,0	98,9	90–102	фл
Среднее содержание гемоглобина в эритроците	31,72	32,2	30–34	пг
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците	30,20	29,30	32–36	г/дл
Тромбоциты	370	385	150–400	10 <sup>9</sup> клеток/л
Лейкоциты	5,2	6,9	4–9	10 <sup>9</sup> клеток/л
Лимфоциты (LYM)	33,4	39,0	20–40	%
СОЭ (ESR)	4	4	2–15	мм/час
Креатинин (CREAT)	78	89	80–150	мкмоль/л
Общий холестерин (CHOL)	4,1	3,2	3,5–6,5	ммоль/л
Билирубин (BIL)	14	16,6	8,5–20,5	мкмоль/л
Глюкоза (GLU)	4,0	3,7	3,30–6,10	ммоль/л
Аспартатамино-трансфераза	21	21,8	до 31	ед/л

На основе полученных данных анализа крови можно сделать выводы:

— практически все показатели находятся в пределах нормы, после проведения опыта не наблюдались отклонения и отрицательные амплитуды;

— физиологическое состояние испытуемого не претерпело радикальных изменений. Потеря массы тела — незначительная. Симптомов ухудшения здоровья выявлено не было;

— за неделю повысились число эритроцитов

и уровень гемоглобина. Заниженный уровень данных показателей является одним из характерных признаков анемий, связанных с кровопотерей, гемолизом, дефицитом железа, витаминов В<sub>12</sub> и В<sub>9</sub>. После недельного вегетарианства эти показатели не только не понизились, но и немного повысились, что может свидетельствовать о неотрицательном влиянии выбранной системы питания.

Уровень гематокрита в обоих случаях в пределах нормы, однако за неделю показатели немного возросли. Это может свидетельствовать об увеличении вязкости крови.

Анализ креатинина может показать снижение креатинина в крови, которое происходит при голодании, вегетарианской диете, снижении мышечной массы [6, 81].

#### Список литературы:

1. Вегетарианство. Википедия. Свободная энциклопедия. [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/BE> (дата обращения 28.07.2014)
2. Жиры и углеводы в питании человека. [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://www.vegglife.ru/physiology/fats-and-carbohydrates.html> (дата обращения – 1.04.2014)
3. Инструкция по охране труда при кулинарных работах. [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://lib.znate.ru/docs/index-145413.html?page=2> (дата обращения 28.07.2014)
4. Лыгин С. А., Мустафина Ю. Ф. Аспекты вегетарианского питания. Естественные и математические науки в современном мире/Сб. ст. по материалам XVIII междунар. науч.-практ. конф. № 5 (17). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014.
5. Мустафина Ю. Ф. Аспекты вегетарианского питания. Материалы XVIII Международной экологической студенческой конференции «Экология России и сопредельных территорий»/Новосибирский национальный исследовательский государственный университет.-Новосибирск.-2013.
6. Мустафина Ю. Ф. Анализ вегетарианского типа питания. Материалы 51-й международной Научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс» 12–18 апреля 2013 г. Медицина. Новосибирск 2012.

*Nikolayenko-Kamyshova Tatiana Petrovna*  
SE «City multi-field clinical hospital N4» RSA»  
Dnipropetrovsk,  
E-mail: Dr.nik4@rambler.ru

## As for relationship of structural changes of fibronectin gene mutation of JAK2 in vascular complications in patients with polycythemia vera

**Abstract:** The structural-functional special features of fibronectin in JAK2V617F+ of the patients polycythemia vera is the presence O-glykans with the end remainders of fucose, which confirmed by the high binding FN with LABA (marker by the fucose) and by LCA. With the fragmentation FN are separated fFN of m. m. 49–20 kDa, with corresponds m. m. fucose. The binding of heparin aggravates thrombogenic status.

**Keywords:** genetic diagnosis, receptors, vascular complications, Fibronectin, polycythemia vera, mutation JAK2.

*Николаенко-Камышова Татьяна Петровна.*  
Коммунальное учреждение «Днепропетровская городская  
многопрофильная клиническая больница № 4», Днепропетровского областного совета»  
E-mail: Dr.nik4@rambler.ru

## К вопросу взаимосвязи структурных изменений фибронектина с мутацией гена JAK2 у больных истинной полицитемией

**Аннотация:** Структурно-функциональными особенностями фибронектина у JAK2V617F+ больных ИП является наличие О-гликанов с концевыми остатками фукозы, что подтверждается высоким связыванием ФН с LABA (маркер

коровой фукозы гликанов) -  $182 \pm 14,11\%$ , и лектином чечевицы (LCA) -  $159,64 \pm 21,54\%$ , При фрагментации ФН выделяются фФН м.м.49-20 кДа (гепаринсвязывающий домен), который соответствует м.м. коровой фукозы. Связывание гепарина усугубляет тромбогенный статус и формирует повышенный риск развития сосудистых событий.

**Ключевые слова:** фибронектин, мутация гена JAK2, сосудистые осложнения, истинная полицитемия.

Связывание гепарина усугубляет тромбогенный статус и формирует повышенный риск развития сосудистых событий.

Процессы неопластической трансформации реализуются под действием нескольких факторов: генетических перестроек, индукции и пролиферации клеток-предшественников опухоли, формирования дефектной стромы [1,2, 12,13].

Проведение генетической диагностики опухолевых заболеваний в большинстве случаев позволяет с высокой достоверностью устанавливать диагноз, прогнозировать течение заболевания и риск развития осложнений [16,18,19]

Хромосомные или молекулярно-генетические перестройки играют ведущую роль в патогенезе гематологических неоплазий, определяя биологические свойства лейкоэмических клеток. В 2008 году Европейской группой по изучению ХМПН предложены усовершенствованные критерии диагностики Ph-негативных миелопролиферативных неоплазий [8,10,17], объединенных в одну группу ввиду наличия мутации V617F гена JAK2, которая выявляется у 50–90% больных. У JAK2V617F-позитивных пациентов наблюдается продолжительное благоприятное течение с хорошим эффектом от циторедуктивной терапии, но высоким риском возникновения сосудистых осложнений. У них при сниженной клеточности костного мозга и низком уровне эритропоэтина, отмечены более высокий, чем у JAK2V617F-негативных пациентов, уровень гемоглобина, гематокрита, повышенное содержание нейтрофилов и тромбоцитов [4,5]. Исследования Baxter 1998 и ECLAP (European Collaboration on Low-dose Aspirin in Polycythemia Vera) свидетельствуют о наличии мутации V617F у 97% при истинной полицитемии, (в этой группе пациентов наиболее высокая частота тромбозов); в 57% при эссенциальной тромбоцитемии и в 50% при идиопатическом миелофиброзе.

Известно, что возникновение сосудистых осложнений может быть обусловлено нарушением плотности, вязкости, деформабельности мембран эритроцитов [4]. Предел компактности эритроцитов, за которым они утрачивают свою двояковогнутую форму со снижением пластичности и уменьшении объема определяется гематокритом [3,6]. Молеку-

лярные события в случае мутации [11] связаны с дефектами белков, которые кодируют рецепторы тирозинкиназ и цитокинов, ответственных за нормальное поддержание генов миелопоэза [16]. Первичные процессы повреждения в клетке приводят к изменению структуры и функции ее мембран с нарушением внутриклеточного гомеостаза на уровне генома (О-гликаны, JAK2 – мутация), что в последующем проявляется «синдромом лабильности клеточных мембран» и недостаточности антиоксидантной системы.

Согласно данным литературы, при ИП выявляют 2 популяции клеток эритроидного ряда — клетки одной популяции зависят от уровня эритропоэтина, другая популяция — автономна и пролиферирует при его отсутствии. В мембранах эритроидных элементов автономной популяции отмечены нарушения в составе глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы (Г-6 ФДГ).

Мембранные гликопротеины эритроцитов, тромбоцитов, лейкоцитов, эндотелия имеют сходную структуру и, потому, отнесены к генным семействам рецепторов [14,15].

При неопластических процессах изменяется гликозилированность клеточных мембран [14,15], усиливаются процессы деградации ЭЦМ с нарушением межклеточного взаимодействия и изменением трансмембранной передачи сигнала тирозинкиназным рецепторам.

Реализация адгезивных механизмов при взаимодействии клеток крови с сосудистой стенкой опосредуется связывающими молекулами — фибриногеном, фибронектином, фактором Виллибранда, поэтому **целью работы** явилось изучение взаимосвязи структурных изменений фибронектина с наличием мутации JAK2 и, как следствия, — сосудистых осложнений у больных с ИП.

**Материалы и методы:** Исследовались пациенты с хроническими миелопролиферативными неоплазиями (ХМПН) — 18 больных с истинной полицитемией (ИП), группой сравнения выбраны 54 больных с первичным миелофиброзом ((ПМФ), контрольная группа состояла из 10 здоровых доноров. Диагноз ИП установлен на основании цитоморфологических критериев. Заболевание классифицировали в соответствии с Международной статистической классификацией болезней 10 пересмотра.



Структурно-функциональные особенности фибронектина исследовались методами:

— Ферментативный гидролиз фибронектина [21] с сериновыми протеиназами: (трипсин, химотрипсин, тромбин, плазминоген). Деградация ФН рассматривалась с интервалом действия 30 мин, 1 час. Диапазон нормативных значений фибронектина — 300–90 кДа.

— Лектин-связывающую активность ФН определяли с фукозоспецифическими лектинами — лектинами коры золотого дождя обычного — LАВА и лектином чечевицы- LСА по методу [22].

Анализировались результаты исследования мута-

ции JAK2 V617F проведенной методом аллель-специфической мультиплексной полимеразной цепной реакции с последующим гель-электрофорезом продуктов.

#### Результаты исследования:

При первичной диагностике ИП у всех больных были выражены проявления плеторического синдрома. Заболевание выявлялось, в основном, в возрастных группах старше 50 лет, практически все больные страдали артериальной гипертензией, ишемической болезнью сердца, атеросклеротическим поражением сосудов нижних конечностей.

Таблица 1. – Показатели гемограммы пациентов при первичной диагностике ХМПН

Показатель	ПМФ П=54	ИП П=18	Контроль П=10
Эритроциты Г/л*	6,17±1,98	6,73±1,52	4,27±0,9
Гемоглобин г/л***	150,4±38,3	176,1±33,0	134,8±27,9
Тромбоциты Г/л***	651,3±41,9	448,7±76,3	251,8±103
Лейкоциты Г/л**	20,34±12,9	11,6±5,8	9,01±1,9

Примечание: достоверные значения \* p<0,05, \*\*p<0,01, \*\*\*p<0,001.

Согласно проведенным исследованиям, у 15 больных из 18 с ИП (83%) выявлена мутация JAK2V617F- в анамнезе у 10 были сосудистые осложнения; еще у 5 — повторные.

При деградации ФН в контрольной группе через 30 мин. определялись фФН с м.м.165 кДа, через час — фФН с м.м. 115–17,5 кДа. У больных ИП состав фФН представлен фрагментами с м.м. 200, 190–

180, 98–90 и 49–20 кДа (рис. 1.), спектр фФН при ПМФ — с м.м. от 230 до 15 кДа (м.м. 200, 190–180, 80–75, 59–50, 49–40 и 19–15 кДа).

При ИП отличительной особенностью было наличие фФН м.м.49–20 кДа (гепаринсвязывающий домен), при ПМФ — 59–50 (желатиназосвязывающий компонент ММП2), 19–15 кДа (фибрин-связывающий домен).

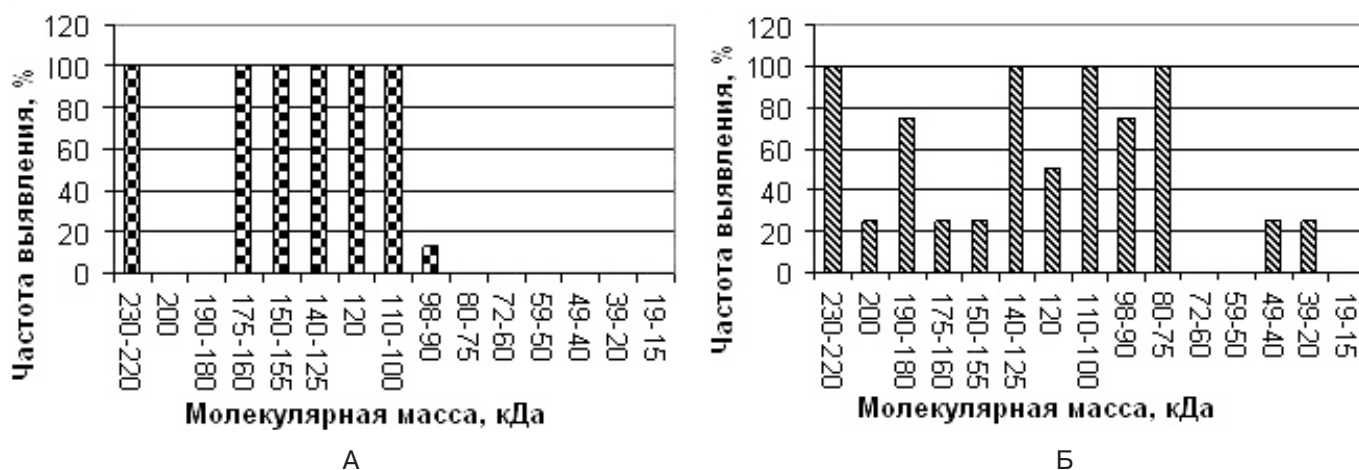


Рис. 1. Частота выявления фрагментов фибронектина в плазме крови исследуемых групп  
Частота выявления (в%) фФН в норме (А), при ИП (Б)

**Фукозоспецифические лектины** LСА, LАВА проявляли афинность к ФН с м.м. 220 кДа, LАВА — дополнительно реагировали с фФН с м.м. 52 кДа, а LСА — с фФН с м.м.76 кДа (маркеры фукозы).

У больных с ИП связывание ФН с LАВА (маркер коровой фукозы гликанов) было высоким — 182±14,11%, что свидетельствует о наличии О-гликанов с концевыми остатками фукозы в молекуле ФН. Высокая фукозилированность кора при ИП подтверждается связыванием фибронектина с лектином чечевицы — 159,64±21,54%.

При ПМФ связывание ФН с LАВА было низким — 65,85±5,92%.

В схеме 2 представлены структурные особенности фибронектина при взаимном действии с лектинами.

Таблица 2. Структурно-функциональные особенности ФН

Нозология	LABA	LCA
Контроль%	100	100
Истинная Полицитемия%	182±14,11↑	159,64±21,54↑
Первичный Миелофиброз%	65,85±5,92↓	117,07±11,78 Н

Известно, что О-гликаны синтезируются внутриклеточно, это может быть взаимосвязано с наличием JAK2 V617F мутации и предиктором сосудистых осложнений при ИП.

#### Выводы:

Структурно-функциональными особенностями фибронектина у JAK2V617F+ больных ИП является наличие О-гликанов с концевыми остатками фукозы, что подтверждается высоким

связыванием ФН с LABA (маркер коровой фукозы гликанов)- 182±14,11%, и лектином чечевицы (LCA) — 159,64±21,54%, При фрагментации ФН выделяются фФН м. м.49–20 кДа (гепаринсвязывающий домен), который соответствует м. м. коровой фукозы.

Связывание гепарина усугубляет тромбогенный статус и формирует повышенный риск развития сосудистых событий.

#### Список литературы:

1. Бережная Н. М. Роль клеток системы иммунитета в микроокружении опухоли. Взаимодействие клеток системы иммунитета с другими компонентами микроокружения. // Н. М. Бережная Онкология. – 2010. – № 2.-С. 86–91.
2. Бурнашова Е. В. Морфо-функциональные особенности мегакарио-тромбоцитарного звена гемостаза у больных с хроническими миелолейкозами. Е. В. Бурнашова Автореф. ... к. м. н. Ростов. 2006. 23 с.,
3. Гончаров Я. П. Особенности влияния кровепусканий и эритроцитоза на клиническое течение истинной полицитемии в эритремической стадии. Я. П. Гончаров Автореф. ... к. м. н. К. 2006.
4. Гусева С. А. Истинная полицитемия / Гусева С. А., Бессмельцев С. С., Абдулкадыров К. М., Гончаров Я. П. – Киев-Логос- 2009.-398 с.
5. Гусева С. А. Современные принципы лечения истинной полицитемии // С. А. Гусева Украинский журнал гематологии и трансфузиологии. 2008.-№ 4.-С. 41–52
6. Демидова А. В. Истинная полицитемия. Клиническая онкогематология. / под ред. Профессора М. А. Волковой.-М.-Медицина, 2001.-С. 272–289
7. Ковалев А. А. Циркулирующие опухолевые клетки // А. А. Ковалев Здоров'я України. Июнь. 2012. – С. 36–37.
8. Клименко С. В. Диагностика истинной полицитемии, эссенциальной тромбоцитемии, идиопатического миелофиброза // Сборник материалов.- Киев, 2013.-11 с.
9. Курмышов А. В. Клинико-гематологические проявления микротромбо-образования при истинной полицитемии // А. В. Курмышов Укр. Журнал Гематол. и Трансфузиол.- 2002.-№ 2.-С. 17–21.
10. Лисенко Д. А. Сучасні класифікації хронічних мієлопроліферативних захворювань: стандарти та тенденції вдосконалення. // Д. А. Лисенко Онкологія.-2008.-№ 2.-С. 213–216.
11. Міщенко О. Ю. Клінічні фактори тромбозів у пацієнтів із Rh-негативними мієлопроліферативними неоплазмами, які постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС / О. Ю. Міщенко, С. В. Клименко Проблеми радіаційної медицини та радіобіології: зб. наук. пр. К.: ДІА, 2013, вип. 18. С54–60.
12. Монастирський В. А. Біологічна коагулологія як наука про біокоагуляцію (цито-гісто-гемокоагуляцію) біорегенерацію // В. А. Монастирський Укр. журнал гемат. та трансф. 2006.- № 1.-С. 34–42.
13. Осинский С. Б. Микроокружение опухолевых клеток // С. Б. Осинский.- Здоровье Украины.- Онкология.- 2012.- № 12.-С. 34–36.
14. Письменецкая И. Ю. От протеома к гликому: новые направления в клинической и экспериментальной медицине // И. Ю. Письменецкая, А. И. Шевцова, А. З. Бразалук. Экспериментальная биология и клиническая медицина. –2010.- № 3.-С. 10–13.
15. Ройтман Е. В. Изменение реологических свойств крови и осмотической резистентности эритроцитов при активации свободнорадикальных процессов. Е. В. Ройтман, И. И. Дементьева, О. А. Азарова, Н. А. Никитина Гемостаз и реология, 2013.-№ 2.С. 6–10)

16. Сабурова И. Ю. Определение мутации гена JAK2 у пациентов с хроническими миелопролиферативными заболеваниями. // И. Ю. Сабурова, Я. С. Онимитчук И. И. Зотова Ученые записки СПбГМУ им. Акад. И. П. Павлова-2008.-Т.ХУ-№ 4.- С. 32–35).
17. Соколова Н. А. Изменения в представлении о патогенезе Pn-негативных миелопролиферативных заболеваний. // Н. А. Соколова Молодой ученый.-2011.-№ 5.-С. 46–49
18. Чехун В. Ф. Молекулярно-біологічні аспекти структурно-функціонального стану клітинної поверхні як основа розвитку нової стратегії терапії раку // В. Ф. Чехун, В. Н. Кулик, В. П. Триндяк, І. М. Тодор // Онкологія. – 2002. – Т. 4, № 1. – С. 4–8.
19. Чехун В. Ф. Системная биология как основа диагностики и терапии онкологических больных в контексте персонализированной медицины. // В. Ф. Чехун. Здоровье Украины. 2112, май.-С. 6)
20. Tefferi Gilliland Classification of myeloproliferative disorders from Dameshek toward a semi-molecular system/Best.Pract.Res.Clin.J.ftmatol.2006.19.361–364
21. Towbin H. Electrophoretic transfer of proteins from polyacrylamide gels to nitrocellulose sheets: procedure and some applications/Н. Towbin, Т. Staehelin, J. Gordon//Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1979. – Vol. 76, N 9. – P.4350–4354.
22. Nezlin R. Short communication. Detection of antigens in immune complexes by a dot blot assay/R. Nezlin, E. Mozes//J. Immunol. Methods. – 1995.- Vol. 184, N 2.- P. 273–276.
23. Hudson.Freese- Genetic defects in the human glycome nature reviews/Genetic.2009.vol.7/1–15,

*Pasiyeshvili Nana Merabovna,  
Head of Kharkov regional clinical perinatal center  
E-mail: pasonana@mail.ru*

## The optimization of perinatal outcomes in pregnant women at high risk

**Abstract:** The study included 90 women, pregnancy which was complicated by the activation of urogenital infection. The course of pregnancy on a background of urogenital infection is characterized by hormonal and immune homeostasis pregnant, endothelial dysfunction, which negatively affects the perinatal indicators. The use of ozone therapy is pathogenetically justified effective method of treatment urogenital infections and prevention of perinatal complications, and can be recommended for widespread implementation in obstetric practice.

**Keywords:** gestation complications, urogenital infection, ozone therapy.

*Пасиешвили Нана Мерабовна,  
Главный врач Харьковского областного  
клинического перинатального центра,  
E-mail: pasonana@mail.ru*

## Оптимизация перинатальных исходов у беременных высокого риска

**Аннотация:** Под наблюдением находились 90 женщин, беременность у которых осложнилась активизацией урогенитальной инфекции. Течение беременности на фоне урогенитального инфицирования характеризуется нарушением гормонального и иммунного гомеостаза беременной, эндотелиальной дисфункцией, что отрицательно влияет на перинатальные показатели. Применение озонотерапии является патогенетически обоснованным эффективным методом лечения урогенитальных инфекций и профилактики перинатальных осложнений, а также может быть рекомендовано для широкого внедрения в акушерскую практику.

**Ключевые слова:** осложнения беременности, урогенитальная инфекция, озонотерапия.

Несмотря на значительные успехи современного акушерства в снижении перинатальной заболеваемости и смертности, эти показатели, к сожалению, продолжают оставаться высокими, их частота составляет 30–45% и не имеет тенденции к снижению [3,6–10]. Среди причин осложнений беременности одно из ли-

дирующих мест занимают инфекционные факторы, связанные с дисбалансом микробиоценоза генитального тракта, который приводит не только к резкому увеличению риска контаминации условно-патогенными возбудителями, но и повреждает секреторные барьеры влагалища и шейки матки. При дальнейшем распространении инфекции в процесс вовлекаются околоплодные оболочки, возбудитель проникает в околоплодные воды, плод оказывается в инфицированной среде. Развивается «синдром инфекции околоплодных вод», к проявлениям которого относятся внутриутробное инфицирование плода, хориоамнионит, плацентит, многоводие. В результате воздействия эндотоксина и фосфолипаз, вырабатываемых бактериями, развивается реакция местного воспаления с повышением концентрации простагландинов, что заканчивается несвоевременным излитием околоплодных вод, преждевременными родами [4,42–47]. С другой стороны васкулиты в децидуальной оболочке и терминальных сосудах приводят к тромбозам, инфарктам, кальцинатам плаценты, что проявляется невынашиванием беременности, плацентарной дисфункцией, развитием дистресса плода, синдрома задержки развития плода (СЗРП) [5,25–29]. В результате значительно ухудшаются перинатальные показатели, исходы беременности и родов, профилактика которых имеет большое социальное и медицинское значение.

Несмотря на значительное количество исследований, посвященных осложнениям беременности, обусловленным урогенитальными инфекциями, вопросы их патогенеза, лечения и профилактики все еще остаются открытыми [6,1163–1170]. При гестационных осложнениях нарушается равновесие в гормональной и иммунной системах организма женщины, цитокиновом статусе [7,21–39]. В последнее время доказано, что в возникновении осложнений беременности немаловажную роль играет эндотелиальная дисфункция, которая характеризуется нарушением содержания сосудистоэндотелиального фактора роста (VEGF), эндотелина-1 (ЭТ-1), однако влияние инфекционных агентов на ее состояние до сих пор не выяснено.

Среди способов лечения и профилактики осложнений беременности, обусловленных инфекционными факторами, преимущественно используются антибиотики, противовирусные препараты, иммунокорректоры. Однако все перечисленные методы имеют отрицательное влияние как на состояние матери, так и плода, в связи с чем их применение ограничено. При этом все большее распространение в медицин-

ской практике находят немедикаментозные методы терапии.

С помощью экспериментальных и клинических исследований установлена высокая эффективность озона при лечении многих заболеваний, в том числе в акушерстве и гинекологии [1,54–57]. Лечебный эффект озона основан на целом ряде известных механизмов его биологического действия: иммуномодулирующем, противовоспалительном, анальгезирующем и др. [2,10–14] Таким образом, широкий спектр терапевтического действия озона позволяет применить его в комплексном лечении многих заболеваний. Хотя озонотерапия является эффективным средством лечения в практической медицине, сведения о возможности применения озона для профилактики осложнений беременности инфекционного генеза в доступной литературе отсутствуют.

Учитывая вышеизложенное целью работы явился поиск эффективного способа предотвращения осложнений беременности, обусловленных инфекционными факторами, для улучшения перинатальных исходов у женщин высокого риска.

**Материалы и методы исследования.** Для достижения поставленной цели под нашим наблюдением находились 90 женщин, беременность у которых осложнилась активизацией урогенитальной инфекции (УГИ). При обследовании у них был обнаружен дисбиоз влагалища, обусловленный неспецифическим кольпитом, бактериальным вагинозом, микотическим и протозойным вагинитом. Контрольную группу составили 30 беременных с физиологическим течением беременности и нормобиоценозом половых путей. Всем беременным проводилось полное клинико-лабораторное и ультразвуковое обследование, бактериоскопическое и бактериологическое исследование содержимого влагалища, диагностика заболеваний передающихся половым путем методом ПЦР. Определение уровней гормонов (эстрадиол, прогестерон, кортизол, окситоцин) осуществлялось иммуноферментным методом набором реактивов фирмы “Биорад”. Уровень эндотелина-1 определялся иммуноферментным методом с использованием стандартных наборов реактивов ELISA System (Великобритания). Уровень VEGF определялся с помощью иммуноферментного набора «Вектор-Бест» (Россия). Содержание фактора некроза опухолей (TNF) и интерлейкинов (IL-1, IL-6, IL-10) в сыворотке крови определялось твердофазным иммуноферментным методом с помощью набора реагентов ProCon. Изучение иммунного статуса (Т- и В-лимфоцитов, NK-клеток)

проводилось с помощью реакции непрямой поверхностной иммуофлюоресценции с использованием МАТ к фенотипическим маркерам (CD3+, CD4+, CD8+, CD16+) компании «Сорбент-ЛТД» (Россия). Иммунорегуляторный индекс (ИРИ) определяли как соотношение Т-хелперов и Т-супрессоров. Определение циркулирующих иммунных комплексов осуществляли методом спектрофотометрии в 3,5% растворе ПЭГ. Уровень иммуноглобулинов G, A, M в сыворотке крови определяли методом простой радиальной иммунодиффузии по Mancini. Полученные результаты обработаны методами вариационной статистики с использованием программы «Statistica 6.0».

В зависимости от используемого метода лечения и профилактики недонашивания беременные основной группы были разделены на 2 подгруппы. В первую подгруппу вошли 45 женщин, которым применялись общепринятые методы лечения урогенитальной инфекции с использованием комбинированных интравагинальных препаратов, антибиотиков, противогрибковых средств. Вторую подгруппу составили 45 беременных, у которых комплекс лечебно-профилактических мероприятий включал общую и местную озонотерапию.

Для получения озонированного физиологического раствора пропускали озонкислородную смесь через флакон 0,9% физраствора емкостью 200 мл в течение 10–15 мин с помощью серийного аппарата «Озон УМ-80», выпускаемым Институтом озонотерапии и медоборудования (г. Харьков). Учитывая, что озон нестабилен в водной среде, озонированный физиологический раствор использовали сразу же после получения и вводили в/в капельно со скоростью 10–20 мл/мин, что обеспечивало минимальную потерю озона. Курс лечения составил от 3 до 5 процедур. Кроме этого использовали ежедневные вагинальные тампоны с озонированным физиологическим раствором в течение 5 дней.

**Результаты и их обсуждение.** Изучение течения беременности у 90 женщин с наличием генитальных инфекций выявило следующие виды наиболее частой акушерской патологии: плацентарная дисфункция — у 52 (57,8%), угроза прерывания беременности в различные сроки — у 81 (90%) беременной, отягощенный акушерско-гинекологический анамнез (самопроизвольные и медицинские аборт, внематочная беременность, хронические воспалительные заболевания женских половых органов, бесплодие) — у 74 (82,2%).

В результате проведенных исследований обращало на себя внимание, что при анализе вагинальной

микрофлоры у беременных с нарушением микробиотенноза урогенитального тракта преобладали *Staphylococcus aureus* — у 55 (61,1%) беременных, *Streptococcus pyogenes* — у 31 (34,4%), реже встречались *Enterococcus*, *Enterobacteriaceae*, *Escherichia coli*. Следует отметить, что у 63 (70%) беременных выявлены ассоциации микроорганизмов. По степени чистоты влагалища обследованные беременные распределялись следующим образом: вторая степень чистоты — 8 (8,8%), третья степень — 59 (65,6%), четвертая степень — 29 (32,2%). Кроме этого, *Gardnerella vaginalis* была выявлена у 27 (30%) беременных, *Candida albicans* — у 35 (38,9%), *Chl. trachomatis* — у 12 (13,3%), *Mycoplasma hominis* — у 8 (8,8%), *Ureaplasma urealyticum* — у 8 (8,8%), *Herpesvirus simplex* — у 6 (6,7%), *Cytomegalovirus* — у 5 (5,5%) женщин.

После проведенной комплексной озонотерапии обсемененность половых путей микроорганизмами выявлена у 3 (6,7%) беременных, в отличие от результатов традиционного лечения — 14 (31,1%). Эффективность применения медицинского озона также подтверждается результатами бактериоскопического исследования: вторая степень чистоты влагалища у 31 (68,9%) после традиционного лечения и 42 (93,3%) — после озонотерапии, третья степень чистоты — у 14 (31,1%) и 3 (6,7%) соответственно.

Результаты проведенного иммунологического исследования свидетельствуют о том, что у беременных с урогенитальным инфицированием относительное количество лимфоцитов составило  $26,1 \pm 1,5\%$  по сравнению с контролем  $32,6 \pm 0,7\%$  ( $p < 0,05$ ). Содержание Т-лимфоцитов (CD3+) у беременных с УГИ составило  $52,5 \pm 1,9\%$ , достоверно отличаясь от указанных показателей у беременных группы контроля ( $66,1 \pm 2,2\%$ ) ( $p < 0,05$ ). Относительное количество Т-хелперов (CD4+) у беременных с УГИ оказалась достоверно ниже ( $27,3 \pm 1,8\%$ ) в сравнении с соответствующими показателями беременных контрольной группы ( $36,9 \pm 1,4\%$ ) ( $p < 0,05$ ). В то же время при оценке изменений в Т-супрессорной субпопуляции лимфоцитов у инфицированных беременных было выявлено достоверное снижение только абсолютного содержания Т-супрессоров по сравнению с контролем:  $0,21 \pm 0,02 \cdot 10^9/\text{л}$  против  $0,38 \pm 0,02 \cdot 10^9/\text{л}$ , тогда как изменение относительного содержания этой субпопуляции Т-лимфоцитов было несущественным в сравнении с контрольными цифрами. Такое количественное перераспределение регуляторных субпопуляций Т-лимфоцитов вызывало достоверное снижение ИРИ у инфицированных беременных

в сравнении со здоровыми —  $1,21 \pm 0,06$  и  $1,75 \pm 0,09$  соответственно ( $p < 0,05$ ).

При исследовании В-клеточного звена иммунитета было выявлено, что относительное содержание В-лимфоцитов (CD19+) у беременных с УГИ ( $11,9 \pm 1,1\%$ ) достоверно не отличалось от контрольных показателей ( $10,1 \pm 0,6\%$ ). Также снижение абсолютного количества CD16+клеток у инфицированных беременных было достоверным ( $0,12 \pm 0,01 \cdot 10^9/\lambda$ ) по сравнению с группой контроля ( $0,18 \pm 0,01 \cdot 10^9/\lambda$ ) ( $p < 0,05$ ). Процентное содержание 0-лимфоцитов у беременных с УГИ ( $22,3 \pm 1,4\%$ ) было выше почти вдвое, чем у женщин контрольной группы ( $12,1 \pm 0,8\%$ ) ( $p < 0,05$ ).

Сразу после проведенного комплексного лечения с применением общей и локальной озонотерапии количество лимфоцитов увеличилось на 20% и 85%, Т-лимфоцитов — на 32%, Т-хелперов — на 35% ( $p < 0,05$ ). Кроме того, было отмечено достоверное повышение абсолютного числа Т-супрессоров и НК-клеток — на 92% и 58% соответственно по сравнению с периодом до начала лечения, что вызвало повышение ИРИ сравнению с начальными данными на 29% ( $p < 0,05$ ). Существенно также снизилось относительное количество недифференцированных лимфоцитов в периферической крови пациенток основной группы — на 63% ( $p < 0,05$ ) в сравнении с начальными результатами обследования.

В гуморальном иммунитете было отмечено снижение уровней ЦИК и IgG на 39% и 24% соответственно, а также повышение содержания IgA на 41% после окончания лечения с использованием общей и местной озонотерапии ( $p < 0,05$ ).

При исследовании цитокинового статуса обращает на себя внимание повышение содержания IL-1 в сыворотке крови при инфицировании половых путей у беременных ( $63,5 \pm 1,9$  пг/мл), что может быть обусловлено активизацией резерва клеток-продуцентов в системном кровотоке на фоне истощения компенсаторных возможностей организма при беременности. Повышение содержания провоспалительных цитокинов IL-6 при развитии инфекции половых путей более чем вдвое ( $53,8 \pm 2,4$  пг/мл) объясняется тем, что IL-6 повышает активность НК-клеток. Особо следует подчеркнуть абсолютное снижение содержания цитокинов IL-10 ( $5,7 \pm 0,8$  пг/мл), дефицит которого является одной из главных причин активации воспалительных процессов и переходом их в хронические формы. У беременных с УГИ показатель TNF увеличивался почти в 1,5 раза, равнясь

$57,4 \pm 3,6$  пг/мл ( $p < 0,05$ ). После проведения традиционной терапии нормализовались показатели противовоспалительных цитокинов IL-2, IL-10, в то время как цитокины IL-1, IL-6 изменялись недостоверно ( $p > 0,05$ ) и свидетельствовали о сохранении воспалительного процесса у беременных с УГИ.

После проведения комплексной терапии нормализовались показатели противовоспалительных цитокинов IL-6 и IL-10, отмечалось достоверное уменьшение провоспалительных цитокинов IL-1 и TNF ( $33,2 \pm 2,4$  пг/мл), что свидетельствовало о благоприятном действии озона на воспалительный процесс после проведенной терапии. При анализе изменений локального иммунитета после комплексного лечения обращает на себя внимание нормализация IgA и IgM. Выявленные изменения подтверждают достаточно эффективное действие озона в составе комплексной терапии на иммунный статус у беременных с инфицированием половых путей.

Анализируя гормональные показатели обследованных было определено, что у беременных с УГИ наблюдалось снижение содержания прогестерона ( $93,4 \pm 4,6$  нг/мл), повышение кортизола ( $551,3 \pm 38,7$  пг/мл), эстрадиола ( $39,8 \pm 1,2$  нг/мл) и окситоцина ( $28,9 \pm 2,6$  пг/мл). При анализе гормонального профиля в зависимости от метода лечения было выявлено повышение прогестерона и снижение кортизола у 39 (86,7%) после озонотерапии и только у 21 (46,7%) беременных после традиционного лечения.

При изучении эндотелиального статуса в контрольной группе уровень эндотелина (ЭТ-1) колебался от 7,6 до 9,7 пг/мл и в среднем составил  $8,5 \pm 1,1$  пг/мл. У всех беременных с инфицированием и угрозой прерывания уровень ЭТ-1 был достоверно выше контрольных цифр и составил в среднем  $24,1 \pm 2,5$  пг/мл ( $p < 0,05$ ). Такая же тенденция отмечалась и с содержанием VEGF — повышение до  $158,1 \pm 15,2$  пкг/мл, что почти в 4 раза превышает показатели контрольной группы ( $43,3 \pm 3,1$  пкг/мл). При использовании традиционной терапии эндотелиальная дисфункция сохранялась у 32 (71%) беременных, при проведении озонотерапии — у 17 (37,8%).

Следует отметить, что уровни эндотелина, интерлейкинов, TNF, окситоцина, эстрадиола, определяемые после проведения профилактических мер с использованием озонотерапии, имели достоверную тенденцию к нормализации, практически достигая контрольных цифр. Осложнений или каких-либо побочных реакций со стороны матери и плода, связанных с озонотерапией, выявлено не было.

Течение беременности у женщин с УГИ, получавших традиционную терапию сопровождалось в дальнейшем угрозой прерывания беременности (86,7%), плацентарной дисфункцией (62%), преэклампсией (46,7%), СЗРП (30%), преждевременным излитием околоплодных вод (42,2%), преждевременными родами (22,2%), что имело отрицательное влияние на перинатальные показатели и исход родов. Инфицированные беременные, получавшие комплексную озонотерапию, отмечали угрозу недонашивания в 24,4% случаев, плацентарную дисфункцию — 22,2%, преэклампсию — 15,5%, СЗРП — 13,3%, преждевременное излитие околоплодных вод — 17,8%, преждевременные роды — в 11,1% наблюдений.

Анализ частоты перинатальных заболеваний у детей женщин, которые имели вагинальную инфекцию, показал высокую частоту внутриутробного инфицирования (25%) с превалированием внутриутробной пневмонии (18%). Дистресс плода отмечался у 30% после традиционного лечения и 8,8% — после озонотерапии.

Таким образом, у пациенток с урогенитальной инфекцией гестационный процесс осложняется угрозой прерывания беременности, плацентарной недоста-

точностью, дистрессом плода и внутриутробным инфицированием. Применение комплексной озонотерапии позволяет улучшить перинатальные исходы для матери и плода за счет нормализации гормональных, иммунологических и эндотелиальных показателей, играющих огромную роль в развитии гестационных осложнений у инфицированных беременных.

**Выводы:** 1. Инфицирование урогенитального тракта у беременных может быть причиной ухудшения перинатальных исходов беременности, в частности, недонашивания беременности, преждевременного излития вод, плацентарной дисфункции, дистресса плода, послеродовых инфекционных осложнений.

2. Течение беременности на фоне урогенитального инфицирования характеризуется нарушением гормонального и иммунного гомеостаза беременной, эндотелиальной дисфункцией, что отрицательно влияет на перинатальные показатели.

3. Применение озонотерапии является патогенетически обоснованным эффективным методом лечения урогенитальных инфекций и профилактики перинатальных осложнений, а также может быть рекомендовано для широкого внедрения в акушерскую практику.

### References

1. Абубакирова А. М. Применение медицинского озона в клинике акушерства и гинекологии/А. М. Абубакирова, Т. А. Фёдорова, Т. С. Фотеева//Акушерство и гинекология. – 2002. – № 1. – С. 54–57.
2. Грищенко В. И. Озонотерапия в акушерско-гинекологической практике: методические указания для врачей/В. И. Грищенко, В. С. Лупояд, В. В. Ганичев. – Х., 2005. – 20 с.
3. Доброхотова Ю. Э. Невынашивание беременности/Ю. Э. Доброхотова//Инфекционные факторы. – М.: АдамантЪ.-2011.-16 с.
4. Тирская Ю. И. Врачебная тактика при внутриутробных инфекциях/Ю. И. Тирская, Т. Н. Белкова, Е. Б. Рудакова//Акушерство и гинекология.-2011.-№ 8.-С. 42–47.
5. Тютюнник В. Л. Изменения локального и системного иммунитета при оппортунистических инфекциях влагалища у беременных/В. Л. Тютюнник, Т. Э. Карапетян, А. Е. Донников//Акушерство и гинекология.-2013.-№ 8.-С. 25–29.
6. Donders G. Aerobic vaginitis in pregnancy/G. Donders, G. Bellen, D. Rezeberga//Br. J. Obstet. Gynaecol.-2011.-N 118 (10).-P. 1163–1170.
7. Romero R. The role of inflammation and infection in preterm birth/R. Romero, J. Espinoza, L. F. Goncalves//Semin. Reprod. Med.-2007.-N 25 (1). -P. 21–39.

*Pligovka Viktoriia Nikolaevna,  
The Government Institution "National Institute of Therapy named by L. T. Malaya  
of National Ukrainian Academy of Medical Science" Kharkov, Ukraine  
Doctor of consult polyclinic  
E-mail: pligovca@gmail.com*

*Shaposhnikova Yulia Nikolaevna,  
Kharkiv national medical university, department of clinical pharmacology  
MD, PhD, associate professor of the department of clinical pharmacology  
E-mail: yuliya.n.shaposhnikova@gmail.com*

*Nemtsova Valeriya Danilovna,  
Kharkiv national medical university, department of clinical pharmacology  
MD, PhD, associate professor of the department of clinical pharmacology  
E-mail: valeriyana@ukr.net*

## **Structural and functional features of the heart in patients with hypertension and obesity in conjunction with hypothyroidism in the outcome of autoimmune thyroiditis**

**Abstract:** Shows the effect of hypothyroidism on the structural and functional characteristics of the heart in patients with comorbid abdominal obesity and hypertension.

**Key words:** hypothyroidism, abdominal obesity, hypertension.

*Плиговка Виктория Николаевна,  
"Национальный институт терапии им. Л. Т. Малой НАМН Украины",  
врач консультативной поликлиники  
E-mail: pligovca@gmail.com*

*Шапошникова Юлия Николаевна,  
Харьковский национальный медицинский университет,  
кафедра клинической фармакологии  
E-mail: yuliya.n.shaposhnikova@gmail.com*

*Немцова Валерия Даниловна,  
Харьковский национальный медицинский университет,  
кафедра клинической фармакологии  
E-mail: valeriyana@ukr.net*

## **Структурно-функциональные особенности сердца у пациентов с гипертонической болезнью и ожирением в сочетании с гипотиреозом в исходе аутоиммунного тиреоидита**

**Анотация:** В работе продемонстрировано дополнительное влияние гипотиреоза на структурно-функциональные показатели сердца у пациентов при комбинированном течении абдоминального ожирения и гипертонической болезни.

**Ключевые слова:** гипотиреоз, абдоминальное ожирение, гипертоническая болезнь.

### **Введение**

Артериальная гипертензия (АГ), несмотря на значительные достижения медицины в области кардиологии, является одной из приоритетных проблем медицины, которая приводит к негативным социальным и медицинским последствиям, т. к. считается

значимым неблагоприятным фактором риска сердечно-сосудистых заболеваний, инвалидизирующих осложнений и смертности. По данным Фремингемского исследования, у 70% мужчин и 61% женщин повышение артериального давления сопряжено с ожирением, которое является другим значимым фактором неблагоприятного



гоприятного прогноза [1,2]. В последние годы взаимосвязь АГ и ожирения изучалась довольно интенсивно. Многочисленными работами было доказано, что ожирение и АГ потенцируют друг друга в отношении развития неблагоприятного влияния на структуру и функцию сердца. Так Davy K. и Hall J. в своей работе показали, что вероятность развития гипертрофии левого желудочка (ГЛЖ) повышается с 5,5% у лиц с нормальной массой тела до 29,9% у лиц с ожирением, и при присоединении к ожирению АГ риск ГЛЖ возрастает более чем в 4 раза [2]. С другой стороны, неуклонный рост патологии щитовидной железы (ЩЖ), сопровождающийся развитием гипотиреоза и частое сочетание его с АГ все больше привлекают внимание врачей разных специальностей. Распространенность гипотиреоза среди населения постоянно увеличивается. У взрослых его частота среди женщин составляет от 1,4 до 2%, а среди мужчин — 0,2% [3,4]. Согласно информации Украинского НПЦ эндокринной хирургии, трансплантации эндокринных органов и тканей МЗ Украины [5], в Украине на 2009 год зарегистрировано около 80 тыс. (в 1999 г. — 53 тыс.) больных гипотиреозом, показатель заболеваемости населения в указанном году составлял 21,9 на 100 000.

Представление о гипотиреозе как состоянии, сопровождающимся нормальным или пониженным уровнем артериального давления, в последние годы претерпело существенное изменение. В метаанализе (2011), включающем в себя семь исследований (cross-sectional studies) посвященном оценке связи между субклиническим гипотиреозом и уровнями систолического артериального давления (САД), с целью обеспечения доказательств для развития стратегии профилактики и понимания этиологии гипертонии и включающем международные базы с 1999 по 2011 гг, была показана четкая достоверная взаимосвязь между уровнем как систолического, так диастолического артериального давления и наличием субклинического гипотиреоза по сравнению со здоровыми лицами [6]. В свою очередь Шустов С.Б. и соавт. (1997) отмечают наличие АГ при гипотиреозе у 10–50% больных [7].

Полученные на сегодняшний день данные относительно избыточной массы тела достаточно разнообразны: результаты одних работ показали, что при избыточной массе тела наблюдается повышение плазменного уровня ТТГ, однако, работы других авторов не подтвердили наличие подобных связей между ТТГ и массой тела [8, 9, 10, 11, 12].

Многочисленные исследования показывают, что одним из основных факторов развития сердечно-со-

судистых заболеваний и смертности является развитие ГЛЖ, возникающая чаще всего при сочетании АГ и ожирения [13,14]. У данной категории больных патология сердца ассоциируется преимущественно с его ремоделированием под влиянием метаболических и гемодинамических причин. Результаты исследований продемонстрировали высокую значимость абдоминального типа ожирения для развития структурно-функциональных изменений левого желудочка у больных артериальной гипертонией. Для абдоминального типа ожирения у больных АГ была выявлена значимая роль в формировании концентрического типа ремоделирования миокарда левого желудочка, что является прогностически неблагоприятным признаком, так как значительно увеличивает риск развития у данной категории больных фатальных сердечно-сосудистых осложнений [13,14,15]. Анализ частоты вариантов ремоделирования ЛЖ в работе В.В. Скибицкого и соавт. показал, что в большинстве случаев у женщин с гипотиреозом выявлялись патологические типы геометрии ЛЖ (85–88%) [15]. С одной стороны, считается, что при гипотиреозе АГ служит самостоятельной детерминантой развития истинной ГЛЖ, которая выявляется у 75% больных этих больных [14,15]. При данной сочетанной патологии на миокард оказывают влияния оба патологических фактора — сам тиреоидный дефицит и постнагрузка давлением. С другой стороны, данных о влиянии гипотиреоза на процессы ремоделирования миокарда как прогностического маркера развития сердечно-сосудистых событий у пациентов с артериальной гипертонией в сочетании с ожирением в литературе имеется недостаточно, работы носят единичный и противоречивый характер [16].

Таким образом, исходя из всего вышеизложенного, недостаточное количество работ как отечественных, так и зарубежных авторов, в которых бы изучались вопросы ремоделирования сердца и сосудов у пациентов с гипертонической болезнью и ожирением при наличии дисфункции щитовидной железы (субклинического или манифестного гипотиреоза), распространенность коморбидности этих патологий среди населения, отсутствие четко разработанных алгоритмов фармакотерапии с учетом состояния компенсации тиреоидной функции, в зависимости от степени АГ, определяет актуальность настоящего исследования. Изучение влияния гипотиреоза на структурно-функциональные изменения миокарда при АГ и сопутствующем ожирении по данным эхокардиографии (ЭхоКГ) может предоставить допол-

нительные данные для решения вопроса о тактике ведения этой категории пациентов, особенно принимая во внимание, что авторами многочисленных научных работ показано, что наличие гипотиреоза различной степени выраженности вносит свой вклад в увеличение общего кардиоваскулярного риска [15, 16, 17].

#### **Цель исследования**

Оценить особенности гемодинамики и структурно-функциональные характеристики сердца по данным ЭхоКГ у пациентов с гипертонической болезнью (ГБ), абдоминальным ожирением и гипотиреозом различной степени выраженности в исходе аутоиммунного тиреоидита (АИТ).

#### **Материал и методы исследования**

Исследование проводилось в консультативной поликлинике ГУ "Национальный институт терапии им. Л. Т. Малой НАМН Украины" в рамках НИР "Коморбидность больных высокого кардиоваскулярного риска и разработка рекомендаций по коррекции факторов риска у этой категории больных", № госрегистрации 0110U001062.

В обследование было включено 75 человек. Из них 60 больных с ГБ I–II стадии, абдоминальным ожирением I–II степени. Наличие различных форм гипотиреоза в исходе АИТ было у 45 человек. Пятнадцать здоровых добровольцев, сопоставимых по полу и возрасту, с нормальной массой тела (ИМТ 23,1±2,7), составили контрольную группу.

Для понимания влияния дисфункции щитовидной железы на изучаемые показатели в зависимости от характера ее дисфункции пациенты были разделены на следующие клинические группы: 1-я группа — 18 пациентов в фазе манифестного гипотиреоза (МГ) из них 16 женщин и 2 мужчин, средний возраст 59,2±2,9 лет; 2-я группа — 27 пациентов в фазе субклинического гипотиреоза (СГ) из них 23 женщины и 4 мужчин, средний возраст 57,1±1,2 лет; 3-я группа — 15 пациентов без патологии со стороны щитовидной железы (13 женщин и 2 мужчин), средний возраст 57,8±2,4 лет.

Для отбора групп пациентов для данного исследования были использованы модифицированные критерии АТР III (2005), которые были одобрены и в Европейских рекомендация по лечению АГ 2007 года, и рекомендованы Украинским обществом кардиологов 2008 года [18,19]. Диагноз АИТ ставился на основании критериев, представленных в «Клинических рекомендациях Российской ассоциации эндокринологов по диагностике и лечению АИТ у взрослых» [20], которые одобрены к использованию в нашей стране.

Критериями исключения пациентов из исследования был прием препаратов йода, глюкокортикоидов, амиодарона, препаратов лития, прием эстрогенсодержащих препаратов, беременность, получающие терапию пациенты с ранее установленным диагнозом МГ или СГ, пациенты после хирургического лечения щитовидной железы, тяжелые сопутствующие хронические заболевания.

Всем больным проводилось измерение антропометрических показателей (рост, масса тела, расчет индекса массы тела (ИМТ) по стандартной формуле Кетле, измерение окружности талии (ОТ) и окружности бедер (ОБ) и их соотношения. Согласно рекомендациям ВОЗ [21] ОТ измерялась между краем нижнего ребра и крестцовым отделом подвздошной кости с точностью до 0,1 см. Абдоминальное ожирение (АО) согласно критериям АТР III (Adult Treatment Panel III) диагностировали при  $OT \geq 102$  см для мужчин и  $\geq 88$  см для женщин [19].

С целью верификации диагноза АИТ определялась концентрация тиреотропного гормона (ТТГ), свободного тироксина (св. Т4) и антитела к тиреопероксидазе (АТ-ТПО) в сыворотке крови радиоиммунным методом с использованием наборов реактивов производства Хема (Россия), ультразвуковое исследование (УЗИ) ЩЖ.

Структурные параметры сердца изучали с помощью ЭхоКГ в соответствии со стандартами Американской ассоциации по ЭхоКГ на аппарате Aloka SSD280 LS (Япония) с фазово-электронным датчиком 3,5 МГц. Нормальной геометрией считали  $OTC < 0,45$  при нормальной массе миокарда левого желудочка (ММЛЖ), концентрическое ремоделирование диагностировали при  $OTC > 0,45$  и нормальной ММЛЖ, концентрическую ГЛЖ — при  $OTC > 0,45$  и увеличенной ММЛЖ, эксцентрическую ГЛЖ — при  $OTC < 0,45$  и увеличенной ММЛЖ. Диастолическую функцию оценивали: максимальную скорость кровотока пика Е (Е), максимальную скорость кровотока пика А (А), отношение данных скоростей (Е/А), время изоволюметрического расслабления левого желудочка (ВИР, мс). Признаками нарушения диастолической функции считали увеличение ВИР более 100 мс, уменьшение отношения Е/А менее 1,0.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью программы "SPSS 13".

#### **Результаты и их обсуждение**

У обследуемых пациентов исходные антропометрические показатели были сопоставимы независимо от группы, достоверные отличия наблюдались только

по отношению к контрольной группе (ИМТ, САД, ДАД, ОТ, ОБ). Показатели функции щитовидной железы носили достоверные отличия между группами

в соответствии с диагностическими критериями МГ, СГ и ЭУ. Общая характеристика больных представлена в табл. 1.

Таблица 1. – Антропометрические показатели и показатели функции ЩЖ.

Показатель	МГ (n=18)	СГ (n=27)	ЭУ (n=15)	КГ (n=15)
Средний возраст, лет	59,2±2,9	57,1±1,2	57,8±2,4	52,3±2,5
Соотношение жен/муж,%	88,9/11,1	85,2/14,8	86,7/13,3	80/20
ТТГ, мкМЕ/мл	9,6±0,7* (**)	15,3±0,6* (****)	2,1±0,3	2,3±0,5
Св. Т4, пмоль/л	5,7±0,5**	13,2±0,5	14,9±0,4***	16,3±0,6
АТ к ТПО, ЕД/мл	264,6±22,1*	229,1±18,3*	220,23±12,4*	9,8±1,6
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	36,6±1,2*	35,2±0,7*	34,9±0,8*	24,6±0,5
САД, мм рт ст	164,6±2,5*	162,2±1,5*	145,0±2,5*	121,4±1,9
ДАД, мм рт ст	89,3±2,7*	87,6±1,7*	86,1±2,6*	74,6±1,5
ОТ, см	118,4±1,8*	114,2±1,6*	117,7±3,5*	79,5±0,9
ОБ, см	110,7±3,3	116,9±3,4	121,9±3,4	95,4±2,4

Примечание: \* —  $p \leq 0,05$  между группами и контрольной, \*\* —  $p \leq 0,05$  — между МГ и СГ группой, \*\*\* —  $p \leq 0,05$  между МГ и ЭУ группой, \*\*\*\* —  $p \leq 0,05$  между СГ и ЭУ группой. ОТ — объем талии, ОБ — объем бедер

Полученные в нашей работе данные подтверждают результаты ряда опубликованных исследований о более высоком риске систолической и диастолической гипертензии у пациентов с гипотиреозом по сравнению с лицами без тиреоидной патологии [3, 4, 6]. Это согласуется и с результатами обзора Whickham, в котором было продемонстрировано достоверно более высокое артериальное давление у женщин с субклиническим гипотиреозом по сравнению с таковыми с нормальной функцией щитовидной железы [22]. Подобные нарушения отчасти объясняются тем, что у больных с гипотиреозом функциональное состояние сосудов может подвергаться влиянию со стороны дефицита гормонов щитовидной железы, о чем свидетельствует увеличение системного сосудистого сопротивления, центральной артериальной жесткости и развитие дисфунк-

ции эндотелия как результат нарушения чувствительности к оксиду азота.

Во всех группах больных АИТ уровень АТ-ТПО был выше в сравнении с данными контрольной группы ( $p \leq 0,0001$ ). Достоверных различий этих показателей между группами сравнения нет.

Ранее было установлено, что сам по себе дефицит тиреоидных гормонов способствует развитию структурно-функциональных нарушений миокарда и является независимым фактором риска атеросклероза, инфаркта миокарда, хронической сердечной недостаточности [23, 24].

Анализ показателей ЭхоКГ у пациентов с АИТ в фазу МГ, СГ, ЭУ в сравнении с пациентами группой контроля позволило выявить особенности структурно-функциональных показателей сердца у данной категории пациентов (табл. 2).

Таблица 2. – Показатели ЭхоКГ у больных в зависимости от функции щитовидной железы.

Показатель	МГ (n=18)	СГ (n=27)	ЭУ (n=15)	КГ (n=15)
ТМЖП, см	1,18±0,03* (**)	0,98±0,06	0,9±0,11	0,77±0,03
ТЗСЛЖ, см	1,16±0,02* (**)	0,98±0,06	0,91±0,10	0,84±0,02
КДР, см	5,00±0,03* (**)	4,06±0,25*	4,05±0,47*	4,2±0,05
КСР, см	3,2±0,18* (**)	2,6±0,18*	2,08±0,39*	1,9±0,23
КСО, мл	39,5±4,50* (***)	30,73±2,56	21,94±5,20*	20,65±0,34
КДО, мл	99,6±9,73 (***)	86,78±6,64	58,53±13,82*	100,72±10,18
ММЛЖ, гр	101,55±10,15***	85,53±7,15****	57,59±13,83	56,32±13
ФВ,%	53,2±4,21	54,4±3,16	57,2±4,82	58,8±3,11
Пик Е, м/с	0,56±0,02*	0,56±0,01* (****)	0,61±0,17	0,63±0,01
Пик А, м/с	0,43±0,01*	0,41±0,01* (****)	0,37±0,01***	0,34±0,01
Е/А	1,4±0,1*	1,5±0,07* (****)	1,71±0,08***	1,84±0,02
ВИР, мс	83,5	78,0	68,0	82,5

Примечание: \* —  $p \leq 0,05$  между группами и контрольной, \*\* —  $p \leq 0,05$  — между МГ и СГ группой, \*\*\* —  $p \leq 0,05$  между МГ и ЭУ группой, \*\*\*\* -  $p \leq 0,05$  между СГ и ЭУ группой.

Отмечено, что в группе МГ по сравнению с СГ и группой контроля статистически значимо отличались показатели ТМЖП, ТЗСЛЖ, КДР, КСР, КСО ( $p \leq 0,05$ ). Среди анализируемых параметров у пациентов с ЭУ и группой контроля достоверные отличия имелись только для КДР, КСР, КДО и КСО. Пониженная функция щитовидной железы в подавляющем большинстве случаев приводит к патологическим изменениям со стороны сердечно-сосудистой системы, которые могут выступать на первый план в клинической картине. Кроме того, в связи с неспецифическими симптомами гипотиреоза своевременная диагностика в ряде случаев затруднена, и нередко он диагностируется, когда в сердечно-сосудистой системе произошли не только функциональные, но и органические изменения: выявляются признаки кардиомегалии, в основном за счет увеличения размеров левого желудочка в виде утолщения межжелудочковой перегородки и задней стенки левого желудочка. Однако, в нашей работе достоверные отличия увеличения размеров сердца были получены только для группы манифестного гипотиреоза. Фракция выброса левого желудочка в нашем исследовании значимо между группами не отличалась, хотя была отмечена тенденция к снижению, зависящая от степени проявления гипотиреоза. Отмечена обратная корреляционная зависимость между уровнем ТТГ и ФВ у пациентов с МГ ( $r = -0,56$ ;  $p = 0,02$ ).

Изучение показателей диастолической дисфункции в группах сравнения показала высокую ее встречаемость по сравнению с группой контроля: в группе МГ — 5 больных (27,8%), СГ — 4 больных (14,8%), ЭУ — 1 больной (6,7%), в группе контроля такие больные отсутствовали. При этом, все больные имели

диастолическую дисфункцию по типу замедленного расслабления с увеличением ВИР и уменьшением отношения Е/А.

Результаты многих исследований показывают высокую значимость абдоминального типа ожирения для развития структурно-функциональных изменений левого желудочка у больных артериальной гипертензией. Абдоминальный тип ожирения у больных артериальной гипертензией способствует формированию концентрического типа ремоделирования миокарда левого желудочка, что является прогностически неблагоприятным признаком, так как значительно увеличивает риск развития у данной категории больных фатальных сердечно-сосудистых осложнений. Существуют разноречивые данные о негативном влиянии субклинического гипотиреоза (СГ) и манифестного гипотиреоза (МГ) на состояние сердца и частоту встречаемости различных типов ремоделирования сердца у лиц без кардиальной патологии и ожирения [5,16,20,24]. В данной работе был проведен анализ влияния дисфункции щитовидной железы на изменение характера и частоты ремоделирования миокарда у больных с АГ и сопутствующим ожирением. При синдроме гипотиреоза нормальная геометрия встречалась как при МГ, так и при СГ, однако в последней группе реже, чем при МГ. Это, по-видимому, может быть связано с тем, что длительно существующее субклиническое течение заболевания оказывает свое влияние на формирование изменения геометрии сердца. В нашем исследовании при изучении характера ремоделирования ЛЖ отмечено, что концентрическое ремоделирование миокарда встречалось во всех группах в сопоставимой частоте случаев и не зависело от функции ЩЖ (таблица 3).

Таблица 3. – Характеристика видов ремоделирования миокарда у пациентов с различной степенью гипотиреоза

Показатель	МГ (n=18)	СГ (n=27)	ЭУ (n=15)	КГ (n=15)
Концентрическое ремоделирование	11,11%	7,41%	6,67%	6,67%
Концентрическая ГЛЖ	33,33%	59,26%	53,33%	0
Эксцентрическая ГЛЖ	50,0%	29,63%	33,33%	0
Нормальная геометрия	5,61%	3,70%	6,67%	93,33%

Выявленной закономерностью у пациентов с нарушением функции ЩЖ явилось развитие эксцентрической ГЛЖ, которая встречалась у 9 (50%) исследуемых больных с МГ, у больных с СГ — у 8 человек (29,6%), у больных с ЭУ — у 5 человек (33,3%). При корреляционном анализе развитие эксцентрической ГЛЖ достоверно коррелировало с уровнем ТТГ в фазу МГ, так же отмечена положительная корреля-

ция между размерами ТМЖП и ТТГ ( $r = 0,44$ ;  $p = 0,02$ ). У больных с эксцентрической ГЛЖ масса миокарда зависела от индекса абдоминального ожирения ( $r = 0,48$ ;  $p < 0,05$ ).

Исходя из вышеизложенного можно предположить, что более агрессивное течение манифестного гипотиреоза способствует формированию преимущественно эксцентрической модели ремоделирования,

а более медленно текущее течение субклинического гипотиреоза приводит к концентрической гипертрофии миокарда.

#### **Выводы:**

1. Развитие гипотиреоза на фоне предшествующей АГ может существенно ухудшать течение и, возможно, прогноз заболевания.

2. Патогенетические механизмы, имеющие место при гипотиреозе, способствуют более значимому повышению АД при сочетании гипертонической болезни и ожирения, повышая риск развития поражения органов-мишеней и осложнений АГ.

3. У пациентов с ожирением и гипертонической болезнью при нарушении функции ЩЖ происходит ремоделирование миокарда с развитием преимущественно эксцентрической ГЛЖ, диастолической дисфункции миокарда по типу замедленного расслабления и снижения сократительной функции сердца.

4. У пациентов с гипертонической болезнью и ожирением на фоне присоединения гипотиреоза чаще формируется более неблагоприятный вариант ремоделирования миокарда ЛЖ — КГЛЖ.

5. Формирование диастолической дисфункции, снижение сократительной функции миокарда и раннее ремоделирование миокарда ЛЖ могут служить дополнительными критериями для решения вопроса о необходимости проведения заместительной терапии у этой категории больных.

#### **Практическое значение и перспективы**

С целью предупреждения прогрессирования структурно-функциональных изменений миокарда ЛЖ и развития осложнений у пациентов после 50 лет (особенно женщин) с гипотиреозом в сочетании с АГ и ожирением, необходима более тщательная ранняя диагностика гипотиреоза для своевременного проведения комплекса лечебно-профилактических мероприятий.

Наличие довольно высокого процента концентрического ремоделирования как неблагоприятного фактора риска фатальных сердечно-сосудистых событий у пациентов с субклиническим гипотиреозом может явиться ключевым моментом в принятии решения о необходимости заместительной терапии у данной категории больных.

#### **Список литературы:**

1. The challenge of obesity in the WHO European Region and the strategies for response/Edited by Francesco Branka, Haik Nikogosian and Tim Lobstein//WHO Library Catalogue in Publication Data. – Copenhagen, Denmark, 2009.
2. Davy K., Hall J. Obesity and hypertension: two epidemics or one?//Am.J. Physiology Regul. Integr. Comp. Physiol. – 2004. – 286. – P. 803–813.
3. Gay J. Canaris, MD, MSPH; Neil R. Manowitz, PhD; Gilbert Mayor, MD; E. Chester Ridgway, MD. The Colorado Thyroid Disease Prevalence Study//Arch Intern Med. 2000;160:526–534.
4. Хижняк О. О. Синдром гипотиреоза: клиника, диагностика, лечение//Здоров'я України- червень 2012-с. 61–62
5. <http://www.likar.info/pro-endokrinologiya/article-46105-sindrom-gipotireoza-v-praktike-semeynogo-vracha-chast-1/>
6. Cai Y, Ren Y, Shi J. Blood pressure levels in patients with subclinical thyroid dysfunction: a meta-analysis of cross-sectional data//Hypertens Res. 2011 Oct; 34 (10):1098–105.
7. Шустов С. Б., Яковлев В. А., Баранов В. И. Артериальные гипертензии. – СПб: “Специальная литература”, 1997. – 320 с.
8. Naslund E, Andersson M, Degerblad P, et al. Associations of leptin, insulin resistance and thyroid function with long-term weight loss in dieting obese men. J. Intern. Med 2000; 248:299–308
9. Tagliaferri M, Berselli ME, Calo G, et al. Subclinical hypothyroidism in obese patients: relation to resting energy expenditure, serum leptin, body composition, and lipid profile. Obes Res. 2001;9:196–201
10. Roti E, Minelli R, Salvi M. Thyroid hormone metabolism in obesity. Int J Obes Relat Metab Disord. 2000;24 (Suppl 2): S113–S115.
11. Rosenbaum M, Hirsch J, Murphy E, Leibel RL. Effects of changes in body weight on carbohydrate metabolism, catecholamine excretion, and thyroid function. Am J Clin Nutr 2000;71:1421–32
12. Ritz P, Dumas J.F., Salle A., Simard G., Malthiery Y., Rohmer V. Thyroid hormones and obesity. Ann Endocrinol. 2002;63:135–9 ... 6 Krotkiewski M. Thyroid hormones and treatment of obesity. Int J Obes Relat Metab Disord. 2000;24 (Suppl 2): S116–S119.

13. Александров А. А., Поддубская Е. А., Кухаренко С. С. и др. Геометрия левого желудочка, артериальная геометрия и ожирение: поиск новых путей профилактики. Профилактика заболеваний и укрепление здоровья.//М.: Медиасфера, 2003. – С. 6–11.;
14. Kannel W.B. Left ventricular hypertrophy as a risk factor in arterial hypertension.//European Heart Journal, 1992. – № 13. – С. 82–88.
15. В. В. Скибицкий, Н. Е. Пыхалова, А. В. Фендрикова Особенности ремоделирования миокарда левого желудочка у женщин с артериальной гипертензией и метаболическим синдромом на фоне гипотиреоза/Проблемы женского здоровья, № 2, том 6–2011.- с10–16
16. Mitu F., Cojocaru E., Tamba V., Leon M.M. Thyroid status, cardiovascular risk, and mortality in older adults. JAMA. 2006 Mar 1;295 (9):1033–41.
17. Cappola A.R., Fried L.P., Arnold A.M., Danese M.D., Kuller L.H., Burke G.L., Tracy R.P., Ladenson P.W. Cardiovascular risk with subclinical hyperthyroidism and hypothyroidism: pathophysiology and management; J Cardiometab Syndr. 2007 Summer; 2 (3):198–206.
18. 2007 Guidelines for the Management of Arterial Hypertension: The Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC)/G. Mancia, G. De Backer, A. Dominiczak [et al.]/J. Hypertens. – 2007. – Vol. 26. – N. 6. – P.1105–1187.2007.
19. Grundy S. M. Diagnosis and Management of the Metabolic Syndrome: An American Heart Association/S. M. Grundy, J. I. Cleeman, S. R. Daniels S. R. [et al.]/National Heart, Lung, and Blood Institute Scientific Statement. Circulation.- 2005.- Vol.112.- P. 2735–2752.
20. Дедов И. И., Мельниченко Г. А., Герасимов Г. А. и др. (2003) Клинические рекомендации Российской ассоциации эндокринологов по диагностике и лечению аутоиммунного тиреоидита у взрослых. Клиническая тиреологическая, 1 (1): 24–25.
21. 19WHO: Obesity: Preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. – Geneva, WHO Technical Report Series 2000. – 894 p.
22. Razvi S, Weaver JU, Vanderpump MP et al. The incidence of ischemic heart disease and mortality in people with subclinical hypothyroidism: reanalysis of the Whickham Survey cohort. Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism 2010; 95:1734–1740.
23. Hak A. E., Pols H. A., Visser T. J., et al. Subclinical hypothyroidism is an independent risk factor for atherosclerosis and myocardial infarction in elderly women: the Rotterdam Study. Ann Intern Med 2000; 132 (4): 270–8.
24. Walsh J. P., Bremner A. P., et al. Subclinical thyroid dysfunction as a risk factor for cardiovascular disease. Arch Intern Med 2005; 165: 2467–72.

*Sokolova Maria Georgievna, Sankt Petersburg Nordwestliche Staatliche Medizinische Universität  
namens I. I. Metschnikow, Lehrstuhl für Neurologie namens Akad. S. N. Dawidenkow, Dozent, Dr. Med.  
E-mail: sokolova.m08@mail.ru*

## **Bestimmung von Neurotrophen im Blutserum bei Kindern, die an der infantilen Zerebralparese erkrankt sind**

**Abstract:** Infantile Zerebralparese ist eine Erkrankung, die durch Struktur- und Funktionsstörungen des zentralen Nervensystems des Kindes [1, 16] gekennzeichnet wird. Es ist denkbar, dass auch die neurotrophen Regulationsvorgänge des Nervensystems in dem Organismus des erkrankten Kindes sich ändern. In dem Artikel sind die Ergebnisse einer komplexen klinischen und labortechnischen Untersuchung von 66 Kindern mit infantiler Zerebralparese (IZP) dargelegt. Es wurde nachgewiesen, dass der Wert der Nervenwachstumsfaktors (NGF) und des ziliären neurotrophen Faktors (CNTF) im Blutserum bei den Kindern gesichert höher ist, die an der infantilen Zerebralparese mit einem lokalisationsbezogenen Epilepsiesyndrom erkrankt sind, hinsichtlich des hirnstammigen Wachstumsfaktor BDNF (brain derived neurotrophic factor) gibt es keine statistisch relevanten Unterschiede zu Befunden der Kontrollgruppe.

**Stichwörter:** infantile Zerebralparese; infantile Cerebralparese; brain derived neurotrophic factor; Nervenwachstumsfaktor; ziliärer neurotropher Faktor; lokalisationsbezogene Epilepsie; Enzymimmunoassay

**Einleitung.** Durch den Fortschritt in der Neuroimmunologie werden für die Kliniker neue Aussichten in Erforschung der neurotrophen Regulation des Nervensystems eröffnet, die zukünftig möglicherweise routinemäßig eingesetzt und für Diagnostik und Behandlung von Patienten genutzt sein werden. Die Erforschung von neurotrophen Regulationsvorgängen und der Rolle von neurotrophen Faktoren (NTF), die die Überlebensfähigkeit von Neuronen des Nervensystems absichern, kann Informationen zur Verfügung stellen, die für die Auffassung von Mechanismen der neuronalen Gehirnplastizität wertvoll sind. NTF sind Polypeptidverbindungen, die von Neuronen und Gliazellen synthetisiert werden und an der Regulation des Wachstums und der Differenzierung des Nervengewebes beteiligt sind [2, 1134–1148]. Als erster Repräsentant dieser Gruppe der Proteinmoleküle gilt der Nervenwachstumsfaktor (nerve growth factor, NGF). Er wurde 1968 von den Gelehrten Rita Levi-Montalcini und Stanley Cohen isoliert und zu einem homogenen Zustand gereinigt. Es wurde festgestellt, dass NGF für das Überleben und die Differenzierung der neuronalen Zellen notwendig ist, er stimuliert Axonenwachstum und fördert deren Verzweigung [3, 70–76]. Der ziliäre neurotrope Faktor (CNTF) wurde ursprünglich als trophischer Faktor der parasympathischen Neuronen eines 8 Tage alten Hühnerembryos identifiziert. Es wird angenommen, dass CNTF ein Molekül ist, das mit ZNS-Störung assoziiert ist, für die gestörten Neuronen eine trophische Unterstützung liefert und deren Überleben nach einem Trauma sicherstellt [5, 10–18]. In-vitro-Studien haben eine stimulierende Aktivität gegenüber sensorischen Ganglien (Hinterwurzelganglien), Motoneuronen und sympathischen Neuronen bestätigt [4, 40–43]. Es ist bekannt, dass CNTF auch bei der Differenzierung der Gliazellen beteiligt ist, dass durch hohe CNTF-Konzentrationen eine Apoptose induziert werden kann. Der hirnableitende Wachstumsfaktor BDNF ist ähnlich wie die anderen Neurotrophine an der Entwicklung und Erhaltung der Hirnneuronen beteiligt, einschließlich sensorische Neuronen, dopaminergische Neuronen der Substantia nigra, cholinergische Neuronen des Vorderhirns, des Hippocampus, der retinalen Ganglien. Während der Entwicklung des Nervensystems ist er an der Synapsenbildung, der Differenzierung, dem Ausreifen und Überleben der Neuronen beteiligt [7, 205–212]. In dem erwachsenen Organismus gehört zu den bedeutendsten Funktionen der BDNF die Neuroprotektion, möglicherweise der

Schutz der Hirnneuronen von ischämischen Attacken und der Motoneuronen von dem durch Axotomie induzierten Tod [8, 54–67].

Wissenschaftliche Studien haben in den letzten Jahren bestätigt, dass die infantile Zerebralparese als ein longitudinaler pathologischer Prozess betrachtet werden muss, der bei dem erkrankten Kind lebenslang aktiv verläuft. Die Erforschung der neurotrophen Regulation bei Kindern mit IZP wird die Bewertung des Ausgleichs der Reparations- und Destruktionsvorgänge im Nervengewebe, die Ermittlung von Aktivitätsmarkern des pathologischen Residualprozesses und die Abklärung der Bestandteile der Pathogenese von dieser Erkrankung ermöglichen.

**Ziel der Studie:** Bestimmung der Werte von Neurotrophinen: dem hirnableitenden Wachstumsfaktor BDNF, dem Nervenwachstumsfaktor und dem ziliären neurotrophen Faktor im Blutserum bei den Kindern, die an der IZP erkrankt sind, Vergleich der Enzymimmunoassay-Daten mit klinisch-neurologischen und neurophysiologischen Befunden.

**Material und Methoden:** Es wurden in dem stationären Bereich vom Hospiz (Kinderhospiz) in Sankt Petersburg 66 Patienten mit perinataler organischer ZNS-Störung — an IZP erkrankte Kinder — im Alter von 5 bis 10 Jahren untersucht. Anamnestiche Angaben der untersuchten Kinder wurden durch entsprechende Unterlagen (Entlassungsberichte aus Entbindungsheimen, Krankenhäusern usw.) bestätigt. Die Kontrollgruppe bestand aus 30 gesunden Kindern. Alle Kinder aus der Haupt- und Kontrollgruppe wurden klinisch-neurologisch, neurophysiologisch (EEG) und labortechnisch untersucht. Die Elektroenzephalografie wurde mit Hilfe eines computergestützten Enzephalografiegeräts durchgeführt. Die Elektroden wurden nach dem internationalen 10–20-System monopolar mit einer Referenzelektrode angebracht. Die BDNF-, NGF- und CNTF-Werte wurden durch Enzymimmunoassay bestimmt, wobei die EIA-Kits von RayBiotech, Inc. gemäß Anleitung des Herstellers angewendet wurden. Die Schwellenwerte waren: für BDNF — 20 pg/ml, NGF — 14 pg/ml, CNTF — 8 pg/ml. Statistische Auswertung wurde unter Anwendung der parameterfreien Methode mit Berechnung des t-Wertes nach Mann-Whitney durchgeführt.

**Ergebnisse und Diskussion:** Die Auswertung der anamnestiche Angaben hat bei Kindern mit IZP in der Struktur der perinatalen Pathologie folgendes nachgewiesen: in 47% der Fälle lag eine hypoxisch-ischämische Schädigung vor, in 41% — eine kombinierte hypoxisch-

ischämische und infektionsbedingte Schädigung des ZNS, in 7% der Fälle lag eine traumatische Myelopathie der Halswirbelsäule und in 5% der Fälle eine kombinierte hypoxisch-ischämische und intoxikationsbedingte ZNS-Schädigung (Drogenabusus bei Mutter) vor. Klinisch-neurologische Untersuchungen haben bei allen Kindern Bewegungsstörungen in Form von einer spastischen Tetraparese (78%), Hemiparese (12%), eines ataxisch-atonischen Syndroms (10%) bestätigt. Die Bewegungsstörungen kamen bei 21% der Kinder zusammen mit einem Pseudobulbärsyndrom, bei 26% der Kinder zusammen mit einem hyperkinetischen Syndrom und bei 33% der Kinder zusammen mit einem Hypertension-Hydrozephalus-Syndrom vor. Bei allen Kindern bestand eine ausgeprägte psychomotorische und sprachliche Entwicklungsstörung. Bei 67% der Kinder lag ein lokalisationsbezogenes Epilepsiesyndrom vor, das durch EEG-Untersuchung nachgewiesen wurde. Das ließ die Kinder in zwei Gruppen einteilen: Gruppe I — Kinder mit IZP ohne Epilepsie und Gruppe II — Kinder mit IZP mit einer lokalisationsbezogener Epilepsie. Die Art der bioelektrischen Gehirnaktivität der Kinder zeugte von Störungen des Funktionszustandes, die sich in unterschiedlich ausgeprägten diffusen Änderungen der EEG-Potentiale und Dysfunktion der Hirnstammstrukturen: Irritation der hypothalamischen (69%) und der diencephalischen (20%) Gebilden erkennbar machten.

Bei Auswertung der Daten von EIA-Analyse des Blutserums wurde festgestellt, dass die BDNF-Werte bei Kindern mit IZP keine gesicherte Unterschiede im Vergleich zu der Kontrollgruppe ( $U=162$ ;  $p=0,42$ ) aufweisen. Allerdings war der Wertebereich weiter (9080 pg/ml — 55940 pg/ml) als bei der Kontrollgruppe (16040 pg/ml — 41960 pg/ml). Keine gesicherten Unterschiede erwiesen sich auch beim Vergleich der Daten zu BDNF-Werten bei Kindern mit lokalisationsbezogener Epilepsie und ohne Epilepsie ( $U=110$ ;  $p=0,50$ ). NGF-Werte bei Kindern mit IZP weisen im Vergleich zu der Kontrollgruppe gesicherte Unterschiede auf ( $p=0,03$ ). Die NGF-Werte lagen bei der Kontrollgruppe im Bereich (110 pg/ml — 1452 pg/ml), bei kranken Kindern im Bereich (128 pg/ml — 8460 pg/ml). Durch die Auswertung der CNTF-Ergebnisse im Blutserum wurden gesicherte Unterschiede zwischen Gruppe II (Kinder, die an der IZP mit lokalbezogener Epilepsiesyndrom erkrankt waren) und der Kontrollgruppe ( $U=72,5$ ;  $p=0,037$ ). Die CNTF-Werte lagen bei der Kontrollgruppe im Bereich (5,8 pg/ml — 62,9 pg/ml), bei Gruppe II — im Bereich (28,5 pg/ml — 168,4 pg/ml). Es wurden keine gesicherten geschlechtsbezogenen Un-

terschiede beim Vergleich der Daten für BDNF-, NGF- und CNTF-Werte in der Gruppe der Kinder mit IZP ( $p=0,50$ ).

Erhöhte NGF- und CNTF-Werte im Blutserum zeugt davon, dass es bei den Kindern, die an IZP mit einem lokalisationsbezogenen Epilepsiesyndrom erkrankt sind, die Destruktions- und Reparationsvorgänge des Nervengewebes aktiver als bei gesunden Kindern verlaufen. Die Studien haben in den letzten Jahren bewiesen, dass es in dem Herd der epileptischen Aktivität ein Teil der Neuronen destruiert wird, die Neuronenzahl sinkt. Bei den Epilepsie-Kranken wurde eine erhöhte Expression der NTF-Rezeptoren festgestellt [6, 51–61]. Einerseits wird durch die Aktivierung der neurotrophen Faktoren (NGF, CNTF) eine trophische Unterstützung für geschädigte Neuronen geleistet, die Differenzierung der unreifen Neuronen beschleunigt und ein verstärktes Sprouting veranlasst. So kann der nachgewiesene hohe NGF-Wert als ein Kompensationsmechanismus gesehen werden, der im Nervengewebe für Erhaltung der Überlebensfähigkeit der erhalten gebliebenen Neuronen, die neue synaptische Kontakte bilden sollen, ausgelöst wird. Eine verstärkte CNTF-Synthese bei Kindern mit einer lokalisationsbezogener Epilepsie ist auf Erhaltung der Funktion des Nervengewebes gerichtet, allerdings findet gleichzeitig damit eine Aktivierung der Gliazellen — der Gliose — statt. Es erfolgt eine teilweise oder vollständige Ersetzung von neuronalen Zellen durch gliale Elemente, was zu strukturell-morphologischen Veränderungen des Gehirns mit Verlust von einzelnen Funktionen führt. Dadurch wird zweifellos die Entwicklung vom Nervensystem des erkrankten Kindes verzögert.

**Zusammenfassung.** Die durchgeführte Studie bestätigt, dass der BDNF-Wert im Blutserum bei den Kindern mit IZP keine statistisch relevanten Unterschiede zu den Daten der Kontrollgruppe aufweist. Die NGF- und CNTF-Werte im Blutserum bei Kindern, die an IZP mit einem lokalbezogenen Epilepsiesyndrom erkrankt sind, zeigen statistisch relevante Unterschiede im Vergleich mit den Daten der Kontrollgruppe. NGF und CNTF können als Biomarker eines pathologischen Prozesses bei Kindern mit IZP gesehen werden, welcher den Aktivitätsgrad der Destruktionsprozesses im ZNS widerspiegelt. Ein erhöhter CNTF-Wert im Blutserum bei Kindern mit einer lokalbezogenen Epilepsie kann möglicherweise auf eine aktiv verlaufende Gliose im ZNS hinweisen. Es ist erforderlich, weitere wissenschaftliche Forschung durchzuführen, um die Rolle von Neurotrophen in der Pathogenese von neurologischen Störungen bei Kindern mit IZP zu bestimmen.



**Referencez:**

1. Петрухин А. С. Неврология детского возраста. – М.: Медицина, 2004. – 784 с.
2. Davies, A.M. The role of neurotrophins in the developing nervous system/A. M. Davies [et al.]//J. Neurobiol. – 1994. – V.25, № 11. – P. 1134–1148.
3. Forgie, A. In vivo survival requirement of a subset of nodose ganglion neurons for nerve growth factor/A. Forgie [et al.]//J. Neurosci. – 2000. – № 12. – P.70–76.
4. Kulbatski, I. Region-specific differentiation potential of adult rat spinal cord neural stem/precursors and their plasticity in response to in vitro manipulation/I. Kulbatski [et al.]//Neuropharmacology. –2009. – № 2. – P.40–43.
5. Leibinger, M. Neuronal STAT3 activation is essential for CNTF- and inflammatory stimulation-induced CNS axon regeneration/M. Leibinger [et al.]//Cell Death Dis. – 2013. – № 11. – P.10–18.
6. Liu, Y. Ontogeny of brain-derived neurotrophic factor gene expression in the forebrain of prairie and montane voles/Y. Liu [et al.]//Dev Brain Res. – 2001. – Vol.127, № 1. – P.51–61.
7. Siegel, S. Neurotrophic factor is required for motoneuron sprouting/S. Siegel [et al.]//Exp. Neurol. – 2000. – V. 166. – P. 205–212.
8. Wang, N. Puerarin protected the brain from cerebral ischemia injury via astrocyte apoptosis inhibition/N. Wang [et al.]//J. Neuropharmacology. – 2014. – Vol.70, № 4. – P.54–67.

*Yuldasheva Suraya Zaripovna, Tashkent pediatric institute  
associate professor, obstetrics and gynecology department  
E-mail: maxfira@mail.ru*

## **To the mechanism of early development of placental insufficiency**

**Abstract:** In this article, an attempt is carried out morphologically biochemically to estimate the role of antigenic factor of growth of placenta (FGP) in development of placenta insufficiency. A cross-correlation analysis is conducted between the indexes of FGP in the whey of blood and supernatant liquid of fabric of chorion. As a result of research the concentration of FGP comes to light in the whey of blood and supernatant liquid of chorionic tissue for women with the interrupted pregnancy.

**Keywords:** factor of growth of placenta (FGP), placenta insufficiency, biontat placentas, supernatant liquid of tissue of chorion, terminal villi.

*Юлдашева Сурая Зариповна, Ташкентский педиатрический институт  
доцент, кафедра Акушерства и гинекологии  
E-mail: maxfira@mail.ru*

## **К механизму раннего развития плацентарной недостаточности**

**Аннотация:** В данной статье осуществляется попытка морфологически биохимически оценить роль антигенного фактора роста плаценты (ФРП) в развитии плацентарной недостаточности. Проводится корреляционный анализ между показателями ФРП в сыворотке крови и надосадочной жидкости ткани хориона. В результате исследования выявляется концентрация ФРП в сыворотке крови и надосадочной жидкости хориальной ткани у женщин с прерывающейся беременностью.

**Ключевые слова:** фактор роста плаценты (ФРП), плацентарная недостаточность, бионтат плаценты, надосадочная жидкость ткани хориона, терминальные ворсинки.

Согласно исследованием последних лет, от общего числа беременностей 10–25% прерывается в различные сроки (Тетрамвили Н. К. 2008; Сидельникова В. М., Сухих Г. Г. 2011 и др.).

Будучи полиэтиологичным осложнением беременности, его основу составляет нарушение

функции репродуктивной системы: нарушение процессов плацентации, дисбаланс экспрессии факторов роста, активность рецепторов клеточных мембран к гормонам репродуктивной системы и др. (Е. А. Насонов, 2004; П. А. Кирющенков, 2005; Сидельникова В. М., Антонов А. Г., 2006 и др.). При

привычном невынашивании беременности наиболее частой причиной является нарушение плацентации: его доля составляет 50–80%. В связи с этим нами поставлена цель: морфологически биохимически оценить роль антигенного фактора роста плаценты (ФРП) в развитии плацентарной недостаточности.

#### Материал и методы исследования.

Согласно цели, нами в двух группах беременных изучена ФРП в формировании морфологических особенностей плаценты.

I (основная, n=20) — прерывающаяся на 10–12 неделе беременность, характеризующаяся остановкой развития плода и плаценты;

II (контроль, n=22) — практически здоровые, с физиологическим течением беременности, наступившие на искусственное прерывание беременности (медицинский аборт). Распределение обследуемых по возрасту и почти одинаковые.

ФРП (мг/мл) изучался в сыворотке крови и биоптате плаценты. Кровь беременных I и II гр. забиралась утром, через 8–10 часов после последнего приема пищи. Забор биоптата плаценты производился кюретагнем полости матки в области плацентации. После гомогенизации в среде выделения (0,05 м Трис-буфер; pH 7,4; 0,25 лл сахара и 0,05 лл HCl) ткань плаценты центрифугировали в течение 10 мин. при 3000 об./мин, а затем недостаточная жидкость отливалась и она повторно центрифугировалась при 6000 об./мин. в течение 20 мин. ФРП определяли в надосадочной жидкости.

Определение ФРП осуществлялось ИФ методом на аппарате АТ-858 (LTD, Китай) с использованием стандартных заливались в аралдит или парафин. Парафиновые срезы толщиной 5–6 мкм окрашены гематоксилином и эозином; полутонкие срезы (1–2 мкм) получены на ультромикрономе LKB-4800 и окрашены основными фуксином и метиленовым синим. Морфометрические исследования (число, площадь терминальных ворсин на площади 10 мкм<sup>2</sup>, объем децидуальных клеток и их ядер) осуществлен на полутонких срезах с помощью полуавтоматического анализатора изображений «Интеграл — 2 М» (Россия). Количественные результаты подвергнуты статистической обработке с помощью пакета прикладных программ на компьютере Pentium IV с определением средней арифметической (M), ее ошибки (m), относительных величин (%). Достоверными считались различия, удовлетворяющие  $P < 0,05$  (Г. Ф. Лакин, 1990).

#### Результаты.

При исследовании сыворотки крови обследуемых I и II групп оказалось, что у них концентрация ФРП соответственно равна  $26,9 \pm 1,3$  и  $185,3 \pm 9,2$  ПГ/мл, т. е. различие в среднем составляет 6,5. Определение ФРП в надосадочной жидкости ткани хориона показало, что в I и II гр. он составляет  $204,6 \pm 15,2$  и  $777,6 \pm 48,3$  ПГ/мл., т. е. его концентрация значительно больше чем в сыворотке крови. Однако, как и в сыворотке крови, при прерывающейся беременности его концентрация в 3,5 раза в среднем меньше, чем у здоровых женщин с физиологически протекающей беременностью. Корреляционный анализ между показателями ФРП в сыворотке крови и надосадочной жидкости ткани хориона позволил установить прямую сильную связь как при физиологической (0,81), так и при прерывающейся (0,70) беременности. Концентрация ФРП в сыворотке ниже, чем меньше его концентрация в ткани хориона, находящейся в слизистой оболочке матки.

Если сравнить соотношение концентрации ФРП в гомогеноте хориона и сыворотке крови при физиологической и неразвивающейся беременности (различие составляет соответственно 4,2 и 7,6 раза), то его выраженный прирост к концу I триместра беременности у здоровых женщин, на наш взгляд, обусловлен нормальным становлением сосудисто-тканевых взаимоотношений на границе **разрушающаяся** слизистая оболочка матки и развивающаяся, инвазирующаяся плацента. Интенсивная деструкция тканей и сосудов функционального слоя слизистой оболочки матки способствует экспрессии ФРП и других факторов, формированию плаценты и установлению оптимальных взаимоотношений в системе мать-плацента-плод.

Морфологическое изучение материнской поверхности плаценты при физиологической беременности позволяет установить, что она состоит из вторичных и третичных ворсин, выстланных синцитио — (СТ) и цитотрофобластом (ЦТ). В терминальных ворсинах ЦТ часто образует скопления ядер («почки»). В тех участках, где он отсутствует СТ истончен, на поверхности имеет тонкую полоску щеточной каймы. Базальная мембрана под ней тонкая, гомогенная. В стратке под СТ определяется 1–2 капилляра с округлым, овальным просветом, выстланный уплощенным эндотелием.

Анализ по классам частоты распределения терминальных ворсин показало, что основную ее массу (75%) составляют с площадью от 1000 до 5000 мкм<sup>2</sup>, остальные представляют собой незрелые (без кровеносных капилляров), состоящие из СТ и ЦТ.

При неразвивающейся беременности терминальных ворсин было меньше, гетерогенность была более выражена; они были разделены значительными промежутками. Если половина из них имела площадь от 0 до 3000 мкм<sup>2</sup>, то другая — от 3000 до 7000 мкм<sup>2</sup>, т. е. половины из них были незрелы, имели больший диаметр, капилляры в них либо не выявлялись, либо они занимали центральное положение.

Усредненная площадь и число терминальных ворсин хориона на единицу площади (10 мкм<sup>2</sup>) при физиологической и прерывающейся беременности существенно различается и составляет 3730±360 и 2,72±0,21 (II гр), 2520±239 мкм<sup>2</sup> и 1,62±0,29 (I гр) (P<0,01).

При невынашивании беременности в строении ворсин часто отмечается отек, кистозные расширения; редко наблюдается участки формирования; капилляров и эритробластического кроветворения. Корреляционный анализ концентрации ФРП в сыворотке крови и количества терминальных ворсин в сравниваемых группах обследуемых выявляет прямую высокую зависимость и более высокие его значения при физиологическом (0,77), чем при патологическом (0,72) течении беременности.

Таблица 1. – Объем цитоплазмы и ядра, ядерно-цитоплазматическое отношения (ЯЦО) децидуальных клеток через 10–12 недель физиологической или прерывающейся беременности (M±m, мкм<sup>3</sup>)

Структуры клетки, ЯЦО	Зоны децидуальной ткани	беременность	
		II гр физиологическая	III гр прерывающаяся
		n=20	n=22
	I	1900±201°	1280±45*°
цитоплазма	II	1140±125	710±82*
	III	1120±123	604±57*
	I	102±27°	98,5±10,4*°
ядро	II	108±11	70,8±8,6*
	III	102±12	63,2±8,2*
	I	0,085	0,077
ЯЦО	II	0,095	0,100
	III	0,091	0,105

Примечание: \* — значения достоверные (p<0,05) при сравнении показателей I и II групп беременных  
° — значения достоверны (p<0,05) при сравнении показателей в каждой группе

При прерывающейся беременности (III гр.) децидуальные клетки упорядоченно, в виде столбиков не располагаются.

В отличие от физиологической (I гр) при прерывающейся беременности (III гр.) децидуальные клетки и их ядра в сравниваемых зонах существенно меньше и не располагаются упорядоченно, в виде столбиков. Объем цитоплазмы в I и III зонах в среднем на 185 и 148% ядра на 161 и 164% соответственно

При светооптическом изучении децидуальной ткани у женщин I и II гр. установлено, что к концу I триместра в ней различаются разветвления маточных желез с секретом, выстланные просветленным эпителием. Вокруг расширенных спиральных артерий выявляются равномерно рассеянные малые и крупные гранулярные лимфоциты. На границе с плацентой поверхность децидуальной ткани выстлана полоской фибриноида, толщина которого на протяжении различна. Характерно, что в норме (III гр) децидуальные клетки от компактной базальной пластинки (на границе с мышечной оболочкой матки) по направлению к поверхности разрушающегося функционального слоя, к лакунам, заполненным кровью, дифференцируясь, укрупняются, располагаются в виде столбиков. Условно в них различаются 3 зоны: I — образующегося фибриноида, II — промежуточная, III — на уровне базальной пластинки.

Как видно из таб., в II гр. обследуемых беременных женщин децидуальные клетки и их ядра имеют объем 1120±123 и 102±12 мкм<sup>3</sup>. По направлению к лакунам они укрупняются в среднем на 170 и 159% соответственно. При этом ЯЦО уменьшается от 0,091 до 0,085 (таблица).

меньше. ЯЦО изменяется от 0,105 в I до 0,077 в III зоне децидуальной ткани.

Выстилающая поверхность децидуальной оболочки полоска фибриноида едва выражена слабо контурируется участками даже не определяется.

При физиологическом течении беременности между столбиками укрупняющихся децидуальных клеток различаются пучки коллагеновых волокон, а также группы интерстициального трофобласта. Он, разру-

шая базальную пластинку, внедряется в просвет спиралевидных артерий и замещает эндотелий. У женщин II гр. островки интерстициального трофобласта встречаются относительно реже. Их внедрение в просвет спиралевидных артерий происходит вяло, активного замещения выстилающего их эндотелия наблюдается.

**Выводы:**

1. У женщин с прерывающейся на 11–12 неделе беременности концентрация ФРП в сыворотке крови и надосадочной жидкости хориальной ткани в среднем в 6,5 и 3,5 раза соответственно меньше, чем при физиологической.

2. Сильная прямая корреляционная связь концентрации ФРП в исследуемых средах при физиологической (0,81) и прерывающейся беременности (0,70) позволяет заключить, что его содержание в сыворотке крови увеличивается пропорционально об-

разованию в хориальной ткани и определяет характер течения беременности.

3. Усредненная площадь и число терминальных ворсин на единицу площади при физиологической беременности больше, чем при физиологической беременности больше, чем при невынашенной беременности.

4. Корреляционный анализ концентрации ФРП в сыворотке крови и количества терминальных ворсин в сравниваемых группах выявляет прямую зависимость между ними и более высокие его значения при физиологическом течении беременности.

5. При физиологической беременности как по числу и степени дифференцированных, так и по объему цитоплазмы и ядра децидуальные клетки существенно опережают таковые при прерывающейся беременности.

**Список литературы:**

1. Кирющенко П. А. Принципы подготовки к беременности женщин с синдромом привычной потери беременности в I триместре. // Consilium Medicum. № 7, 2005, с. 566–568.
2. Лакин Г. Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 304 с.
3. Насонов Е. Л. Антифосфолинидный синдром. – М.: Литерра, 2004. – 268 с.
4. Сидельникова В. М., Антонов А. Г. Преждевременные роды. Недоношенный ребенок. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2006. – 447 с.
5. Сидельникова В. М., Сухих Г. Г. Невынашивание беременности. – М.: МИА, 2011. – 536 с.
6. Тетруашвили Н. К. Анализ причин привычных ранних потерь беременности. // Врач, № 8, 2008, с. 54–57.

*Frolova Tatyana Vladimirovna,*

*Head of Department of pediatric Kharkiv national medical university, professor*

*Lazurenko Viktoriya Valentinovna*

*Professor of Department of obstetric and gynecology N1 Kharkiv national medical university*

*Murizina Irina Yurievna*

*Assistant of Department of obstetric and gynecology N1 Kharkiv national medical university*

*Schedrov Andrey Alexandrovich*

*Assistant of Department of obstetric and gynecology N1 Kharkiv national medical university*

*Kuricheva Natalia Yurievna*

*Assistant of Department of obstetric and gynecology N1 Kharkiv national medical university*

*E-mail: frolovatv67@mail.ru*

## **The clinical-pathogenetic approaches to treatment of pregnancy complications after IVF**

**Abstract:** The study is dedicated to treatment efficient improvement in patients with the complications of the pregnancy after IVF. Basing on clinico-immunological investigations in 120 women complex pathogenetic mechanisms of pregnancy to pathologic process by evaluation of hormonal balance, hemodynamic and immunological changes, endothelial dysfunction were studied. Efficiency of new therapeutic scheme of complex treatment of pregnancy complications after IVF was scientifically grounded.

**Key words:** complications of the pregnancy, IVF, ozone therapy, immunocorrection.

Фролова Татьяна Владимировна  
зав. кафедрой педиатрии Харьковского национального  
медицинского университета, профессор  
Лазуренко Виктория Валентиновна  
профессор кафедры акушерства и гинекологии № 1  
Харьковского национального медицинского университета  
Мурызина Ирина Юрьевна  
ассистент кафедры акушерства и гинекологии № 1  
Харьковского национального медицинского университета  
Щедров Андрей Александрович  
ассистент кафедры акушерства и гинекологии № 1  
Харьковского национального медицинского университета  
Куричева Наталья Юрьевна  
ассистент кафедры акушерства и гинекологии № 1  
Харьковского национального медицинского университета  
E-mail: frolovatv67@mail.ru

## Клинико–патогенетические подходы к лечению осложнений беременности после применения вспомогательных репродуктивных технологий

**Аннотация:** Работа посвящена улучшению эффективности лечения пациенток с осложнениями беременности, наступившей после применения вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ). На основании проведенных клинико-иммунологических исследований у 120 женщин исследованы патогенетические механизмы развития осложнений беременности после применения ВРТ. Доказано, что осложнения возникают на фоне иммунологических расстройств, гормонального дисбаланса, гемодинамических нарушений и эндотелиальной дисфункции. В работе научно обосновано, что предложенная комплексная терапия проявляет высокую эффективность в лечении осложнений беременности, наступившей после использования ВРТ.

**Ключевые слова:** осложнения беременности, вспомогательные репродуктивные технологии, медицинский озон, иммунокоррекция.

Течение беременности после лечения бесплодия с применением ВРТ характеризуется высокой частотой развития осложнений (невынашивание беременности, задержка роста плода, плацентарная недостаточность), что и обуславливает актуальность работы [3,384–425; 6,298–336]. Наиболее частыми причинами осложнений беременности считаются гормональные, воспалительные, иммунологические и полиэтиологические факторы, в то же время 25% причин гестационных осложнений после ВРТ остаются невыясненными [2,53–57; 5,11–16; 7,76–83]. Недостаточно определена роль эндотелиальной дисфункции в развитии осложнений беременности после применения ВРТ [1, 126–129; 4, 11–16].

**Цель работы** — снижение частоты осложнений беременности, полученной после применения вспомогательных репродуктивных технологий, путем определения клинико–патогенетических особенностей и оптимизации комплексной терапии.

**Материалы и методы исследования.** Для достижения цели работы было обследовано 120 женщин, которые были разделены на три клинические группы. В I клиническую группу (контрольную) вошли 30 (25%) женщин с физиологически полученной беременностью, во II клиническую группу (основную) вошли 45 (37,5%) беременных после применения вспомогательных репродуктивных технологий, получавших комплексное лечение, включающее озонотерапию и иммунокоррекцию. III клиническую группу составили 45 (37,5%) беременных после применения вспомогательных репродуктивных технологий, получавших стандартную гормональную поддержку беременности.

Помимо общепринятого клинико-лабораторного и ультразвукового исследования методы обследования включали определение уровня гормонов, иммунологическое исследование, определение факторов эндотелиальной дисфункции. Определение гормонов

в сыворотке крови (прогестерон, эстрадиол, хорионический гонадотропин) проводилось иммуноферментным методом при помощи стандартных наборов реактивов (Беларусь).

Для изучения иммунологических показателей в сыворотке крови проводились тесты первого и второго порядка, которые характеризуют основные показатели клеточного и гуморального иммунитета и состояние фагоцитарных клеток. Субпопуляции лимфоцитов определяли методом непрямой поверхностной иммунофлюоресценции. Для исследования гуморального звена иммунитета определяли иммуноглобулины А, М, G, суммарные антитела к тканевому фактору, концентрацию циркулирующих иммунных комплексов.

Для определения концентрации цитокинов (IL-1, IL-2, IL-6, IL-8 и

TNF) использовали наборы реагентов "Протеиновый контур" (г. Санкт-Петербург). Определение эндотелин-1 в плазме крови проводили иммуноферментным методом при помощи набора реактивов Endothelia-1 ELISA (Англия). Определение содержания сосудисто-эндотелиального фактора роста (СЭФР), sFAS-лиганда, нитритов и нитратов проводилось иммуноферментным методом с использованием наборов "Вектор-Бест" (Россия). Статистическую обработку проводили с использованием методов вариационной статистики и определения критерия Стьюдента.

**Результаты работы и их обсуждение.** В результате проведенного исследования было выяснено, что через 10–12 дней после переноса эмбриона у женщин, которые в дальнейшем имели признаки угрожающего аборта, уровень ХГЧ в крови равнялся  $195 \pm 25$  мМЕ/мл ( $P < 0,05$ ), уровень прогестерона  $-9,3 \pm 1.1$  нмоль/л, эстрадиола  $-5,2 \pm 0.7$  нмоль/л ( $P < 0,05$ ). Причем в отличие от уровня ХГЧ и эстрадиола уровень прогестерона достоверно не отличался от показателей, полученных от женщин со спонтанной беременностью и без признаков угрожающего аборта.

В иммунограмме выявлено повышение общего количества Т-лимфоцитов (СД3+) до  $62.3 \pm 8,1\%$  ( $P < 0,05$ ), Т-хелперов (СД4+) до  $32.8 \pm 1.3\%$  ( $P < 0,05$ ) и Т-супрессоров (СД8+) до  $21.6 \pm 1.3\%$  ( $P < 0,05$ ). Полученные результаты можно объяснить активацией клеток Тх1 типа, которые способствуют прерыванию беременности. В гуморальном звене иммунитета определялось относительное снижение числа В-лимфоцитов, IgG ( $7.9 \pm 0.6$  г/л) и IgA ( $1.7 \pm 0.3$  г/л). усиление продукции провоспалительных цитоки-

нов IL-1 ( $62.5 \pm 4.7$  пг/мл), IL –6 ( $6.1 \pm 0.7$  пг/мл) и TNF ( $59.2 \pm 3.9$  пг/мл), повышение маркеров апоптоза sFAS ( $6,89 \pm 0.71$  нг/мл), что может указывать на онтогенетическое воспаление вокруг области nidации бластоцисты ( $P < 0,05$ ).

При изучении эндотелиинового статуса было выявлено: СЭФР в среднем составил  $595,8 \pm 45,6$  пкг/мл, эндотелин-1  $-16.5 \pm 2.3$  нг/мл, нитриты —  $0,77 \pm 0.03$  мкмоль/л, нитраты и нитриты  $-27,9 \pm 3.9$  мкмоль/л ( $P < 0,05$ ).

Полученные результаты обследования женщин после ВРТ достоверно отличались от женщин контрольной группы и были расценены как нарушение ангиогенеза сопровождающееся эндотелиальной дисфункцией и нарушениями иммунного статуса, что в дальнейшем подтвердилось клиническим и ультразвуковыми данными угрожающего аборта. Все беременные с выявленными отклонениями в иммунном и эндотелиальном статусе нуждались в адекватной коррекции нарушенных параметров с учетом клинического течения беременности. В зависимости от метода лечения, как указывалось ранее, женщины были разделены на основную группу и группу сравнения. В результате проведенных исследований было выяснено, что через 2 недели от начала проведенного лечения с использованием медицинского озона и ректальных свечей полиоксидония позитивно менялись иммунологические показатели у женщин основной группы: нормализовался уровень Т-хелперов (СД4+), Т-супрессоров (СД8+), содержание IgG и IgA. Цитокиновый профиль соответствовал контрольным цифрам и достоверно отличался от показателей женщин группы сравнения ( $p < 0,05$ ). Обращает на себя внимание значительное снижение уровней эндотелина-1 ( $2.6 \pm 0,7$  нг/мл), СЭФР ( $78.3 \pm 12,5$  пкг/мл), что способствовало нормализации функции сосудов, предупреждению вазоспазма и восстановлению локальной гемодинамики.

После проведенного лечения симптомы угрожающего аборта наблюдались у 8 (26,6%) беременных основной группы и 26 (81,3%) женщин группы сравнения ( $P < 0,05$ ). Также об эффективности комплексной профилактики осложнений течения беременности после применения ВРТ свидетельствуют результаты проведенного ультразвукового исследования (отсутствие сегментарных сокращений миометрия, ретрохориальной гематомы, несоответствие сроку беременности и др) у большинства женщин основной группы (73,3%) в отличие от группы сравнения (16,7%) ( $P < 0,05$ ).

Анализируя дальнейшее течение беременности у обследованных женщин было выявлено, что плацентарная дисфункция наблюдалась у 7 (23,3%) беременных основной группы и у 20 (62,5%) женщин группы сравнения; также синдром задержки роста плода преобладал в группе сравнения (37,5%), в то время как в основной группе его частота составила 16,6% ( $P < 0,05$ ).

Оценивая состояние новорожденных, обращает на себя внимание, что в основной группе в удовлетворительном состоянии родилось 27 (90%) детей в отличие от группы сравнения, в которой чаще наблюдалась асфиксия новорожденных (22%) и гипотрофия плода (58%).

Использование комплексной патогенетически обоснованной терапии позволило снизить невынашивание беременности в 3,5 раза, преэклампсию — в 3 раза, плацентарную дисфункцию — в 2,8 раза, задержку роста плода — в 2,4 раза, тем самым значительно улучшив течение беременности, качественно снизив количество осложнений и перинатальных потерь.

Таким образом, предложенный комплекс мероприятий, направленный на оптимизацию ведения беременности после применения ВРТ позволяет улучшить течение беременности, снизить число осложнений как для матери, так и для плода, путем нормализации нарушенных звеньев регуляторных механизмов эндотелиальной системы и иммунологического гомеостаза у беременных уже на ранних сроках гестации.

**Выводы:** 1. Гестационные осложнения возникают на фоне иммунологических нарушений, дисбаланса в гормональной системе, гемодинамических и реологических нарушений фето-плацентарного комплекса, эндотелиальной дисфункции, оксидативного стресса.

2. Комплексное лечение осложнений беременности, полученной после применения вспомогательных репродуктивных технологий с учётом их патогенетических особенностей, приводит к более раннему и стабильному клиническому эффекту, по сравнению с традиционной терапией.

#### References:

1. Волкова Л. В. Клинико-диагностическое значение сосудисто-эндотелиального фактора роста при неудачных попытках ЭКО/Волкова Л. В., Аляутдина О. С. // Акушерство и гинекология. – 2011. – № 4. – С. 126–129.
2. Воронова И. И. Иммунные факторы как причина осложнений течения беременности/Воронова И. И., Демина Т. Н. // Сб. научных трудов ассоциации акушеров-гинекологов Украины. – К.: Интермед, 2010. – С. 53–57.
3. Бесплодный брак. Современные подходы к диагностике и лечению: руководство/под ред. Г. Т. Сухих, Т. А. Назаренко. – М.: ГЭОТАР. – Медиа. – 2010. – С. 384–425.
4. Павлов К. А. Фетоплацентарный ангиогенез при нормальной беременности: роль сосудисто-эндотелиального фактора роста/Павлов К. А., Дубова Е. А., Щеголев А. И. // Акушерство и гинекология. – 2011. – № 3. – С. 11–16.
5. Серова О. Ф. Новые аспекты генеза ранних репродуктивных потерь/О. Ф. Серова, Н. В. Зароченцева, С. Ю. Марченко // Журнал акушерства и гинекологии. – 2011. – № 4. – С. 11–16.
6. Сидельникова В. М., Г. Т. Сухих. Невынашивание беременности. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2010. – С. 298–336 с.
7. Ford H. B. Recurrent pregnancy loss: etiology, diagnosis and therapy/H. B. Ford, D. J. Schust // Rev. Obstet. Gynecol. - 2009. - Vol. 2, - N2. – P. 76–83.

## Section 8. Food and Beverage

### Секция 8. Пищевая промышленность

*Bayramov Eldaniz Enverovich,  
Azerbaijani Technological University  
associate professor, department of technology of food products  
E-mail: eldaniz@rambler.ru*

#### **An analysis of efficiency work and the basic criteria for choice kneading machines**

**Abstract:** The analysis of efficiency work and the basic criteria for choice kneading machines is resulted in the article. Influence the basic criteria is rotined on efficiency work kneading machines.

**Keywords:** premix, dough, kneading machines, working organ, dough chamber.

*Байрамов Эльданиз Энверович,  
Азербайджанский технологический университет  
доцент, кафедра технологии пищевых продуктов  
E-mail: eldaniz@rambler.ru*

#### **Анализ эффективности работы и основных критериев выбора тестомесильных машин**

**Аннотация:** В статье приведен анализ эффективности работы и основных критериев выбора тестомесильных машин. Показано влияние основных критериев на эффективность работы тестомесильных машин.

**Ключевые слова:** замес, тесто, тестомесильная машина, рабочий орган, месильная камера.

На хлебопекарных предприятиях применяют тестомесильные машины различного типа, которые в зависимости от вида муки, рецептурных компонентов и особенностей ассортимента оказывают неодинаковое механическое воздействие на тесто и его созревание [1, 93–94]. Они предназначены для равномерного смешивания рецептурных компонентов в однородную массу и механической проработки их с целью образования теста с определенными реологическими свойствами, насыщения его воздухом [2, 131] и создания оптимальных условий для протекания последующих операций технологического процесса производства хлеба: брожения, деления, расстойки и выпечки. Качество работы тестомесильных машин в конечном итоге определяется качеством готовой продукции [3, 104–108, 4, 106–108]. Это свидетельствует тому, что важную роль играет эффективность работы и правильный выбор тестомесильной машины.

Целью исследования является анализ эффективности работы и основных критериев выбора тестомесильных машин.

В конструктивном исполнении все тестомесильные машины идентичны и состоят в основном из трёх элементов: месильной камеры, месильного органа и привода.

Для эффективной работы тестомесильных машин большое значение имеют следующие основные критерии: род работы тестомесильной машины; количество теста, увлекаемого рабочим органом; частота вращения (качания) рабочего органа; форма траектории движения рабочего органа; конфигурация месильной камеры и рабочих органов; объём месильной ёмкости и степень её заполнения; физико-механические свойства рецептурных компонентов; режим пластификации; возможность регулирования интенсивности и длительности замеса; распределение механической энергии при замесе [5, 132]. Эти критерии позволяют правильно выбрать тестомесильную машину.

По роду работы тестомесильные машины делят на машины периодического и непрерывного действия. Первые имеют стационарные месильные камеры (дежи) и сменные (подкатные дежи). Дежи быва-



ют неподвижными, со свободным и принудительным вращением. Все машины непрерывного действия имеют стационарные месильные камеры. При взаимном движении дежи и рабочих органов происходит лучшее перемешивание. Однако для крутого теста целесообразно применять тестомесильные машины с неподвижной месильной камерой.

Количество увлекаемого теста зависит от конфигурации рабочего органа. Чем меньше количество теста, увлекаемого рабочим органом, тем лучше оно разминается и растягивается, тем лучше и быстрее происходит замес теста. Однако слишком малое количество теста, увлекаемого рабочим органом, отрицательно сказывается на эффективности замеса.

От частоты вращения рабочего органа и механизма ее воздействия на тесто, т. е. конструкции тестомесильной машины, зависит интенсивность замеса. По интенсивности воздействия рабочего органа на обрабатываемую массу тестомесильные машины делят на три группы: обычные тихоходные с удельным расходом энергии 5–12 Дж/г, быстроходные с удельным расходом энергии 15–30 Дж/г, суперинтенсивные 30–45 Дж/г. Однако [6, 19] оценка интенсивности замеса по частоте вращения рабочего органа не характеризует процесс полностью, поскольку в зависимости от радиуса месильной лопасти и ее формы, а также конфигурации рабочего органа в целом интенсивность процесса также будет различной. Режим замеса теста можно регулировать путем изменения длительности и интенсивности замеса. При увеличении частоты вращения рабочего органа длительность замеса теста уменьшается, а при уменьшении частоты вращения — наоборот. Однако при увеличении интенсивности замеса температура теста увеличивается, что отрицательно влияет на качество теста. Для предупреждения этого применяют охлаждающие устройства или снижают температуру добавляемой воды при замесе теста.

Траектория и характер движения месильного органа также влияет на качество замеса теста. По характеру движения месильные органы тестомесильных машин могут совершать круговые, вращательные, планетарные, сложные плоские и пространственные движения. В начальной стадии процесса замеса рабочие органы должны совершать сложное движение в одной плоскости или пространственное движение, обеспечивать смешение смеси тонкими слоями, а во время образования структуры теста — должны воздействовать на тесто в основном сжимающими усилиями, т. е. обеспечивать пластификацию теста.

Конфигурация месильной камеры должна иметь чашеобразную или цилиндрическую форму. В месильных камерах, чашеобразной или цилиндрической формы, между конической или вертикальной поверхностью и плоским дном должен плавный скругленный переход для избежания залипания остатков теста в местах их соединения. По количеству конструктивно выделенных месильных камер, обеспечивающих необходимые параметры на различных стадиях замеса, тестомесильные машины бывают одно-, двух- и многокамерные.

В настоящее время предлагаемые производителями тестомесильные машины имеют рабочие органы в основном Z-образной, S-образной (спиральной) и вилочной формы.

В тестомесильных машинах спаренные Z-образные рабочие органы размещены в стационарной поворотной месильной камере и вращаются в противоположные стороны вокруг горизонтальной оси. Они позволяют вести при небольшой частоте вращения (0,5 с-1), но с периодическим приложением больших нагрузок к тестовой массе. Эти машины применяются при замесе крутого теста для бараночных, пряничных изделий, ряда видов печенья, а также для пельмени, лапши, чебуреки и т. д. К этим машинам можно отнести машины с Z-образными рабочими органами Российского производства, реализуемые фирмой «Яксер».

В спиральных тестомесильных машинах S-образный рабочий орган располагается внутри вращающейся дежи со смещением от её центра и вращается вокруг вертикальной оси. При откатывании дежи месильная головка вместе со спиральной лопастью отклоняется на угол  $\alpha$ . Конфигурация лопасти позволяет повысить скорость и интенсивность замеса, хорошо перемешивает массу как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях и пластифицирует ее, а при разгрузке дежи способствует хорошему извлечению теста. Подобные тестомесильные машины предназначены для замеса слоеного, дрожжевого безопарного и опарного, и пресного не крутого теста. В Италии подобные машины выпускаются фирмами «Бассанина», «Сигма», «Таглиавини» и «Эсмах», в Голландии — «Гефра», в Швеции «Глимек», в Германии — «Винклер», «Кемпер», в России — «Восход», в Турции — «Кумкая», в Украине — «Баки-то», в Испании «Сибал» и др.

Разновидностью спиральных тестомесильных машин являются тестомесильные машины с инерционно-вращающейся дежой.

Спиральные тестомесильные машины могут работать при загрузке от 15% общей вместимости, а функция реверсивного смешивания позволяет добавлять основные ингредиенты в начале замеса, а такие дополнительные ингредиенты как зерно, изюм, орехи или маслины — в конце.

При работе тестомесильной машины этого типа очень важен зазор между спиральным месильным органом и дежей. Зазор по возможности должен быть минимальным. Слишком большое расстояние от спирали до дежи приводит к неравномерности смешивания рецептурных компонентов при замесе теста, кроме того, небольшое количество муки может остаться на дне дежи.

Разные модели спиральных тестомесильных машин имеют разную скорость вращения рабочего органа. В некоторых моделях спираль слишком мала и не захватывает достаточно большое количество теста. Кроме того, маленькая спираль может начать проворачиваться вхолостую при достижении тестом определенной степени замеса.

Совершенствование тестомесильных машин непрерывно продолжается; исследователи и производители стремятся создавать простые в обслуживании, безопасные в работе модели. Именно это следует считать основными критериями выбора тестомесильных машин. Тестомесильные машины должны прочными, надежными и простыми в эксплуатации, легко очищаемыми, обеспечивать высокое качество и однородность смеси.

Вилочный (вильчатый) рабочий орган тестомесильной машины копирует замес теста руками. Основным недостатком этой технологии является необходимость заполнения дежи как минимум наполовину — иначе она будет неустойчива в процессе замеса. Кроме того, замес часто требует большего времени по сравнению со спиральными тестомесильными машинами. Мы рекомендуем использовать вилочный тестомес для замеса теста для белого постного хлеба, к примеру, для французских багетов и чабатты. Эти машины замешивают не только дрожжевое и сдобное тесто, но и крутое (например, для пиццы, лаваша или пельменей), они могут перемешивать сухие пищевые смеси (например, мюсли), а также замешивают продукты для халвы и козинаков. В Турции подобные машины выпускаются фирмами «Сармашык», «Кумкая», во Франции — VMI.

При выборе тестомесильных машин необходимо обращать внимание на следующие особенности: возможность замеса всех видов теста; снабженность

с электронными (2–3) таймерами с цифровым дисплеем для высокой и низкой скорости; возможность ручного, полуавтоматического и автоматического режимов работы; память на большое количество программ; возможность управления скоростью и направлением вращения месильного органа и дежи в обоих направлениях; возможность автоматической выгрузки готового теста.

В тестомесильных машинах изменение физико-механических свойств замешенной массы в процессе замеса происходит по разному. При замесе теста в тестомесильных машинах периодического или непрерывного действия, с самого начала замеса частицы муки быстро поглощают воду и превращаются из сухого, порошкообразного состояния в сильно гидратированную, связную массу за счет слипания набухающих частиц муки, происходящее в результате механического воздействия рабочих органов на замешенную массу. Весь процесс замеса теста в месильной камере (деже) тестомесильной машины периодического действия можно рассматривать как изменение физико-механических свойств замешенной массы по времени, т. е. постепенное превращение отдельных компонентов в связную массу. При этом в рассматриваемый момент времени свойства, состояние замешиваемой массы будут «идентичными» по всему объему месильной камеры. При замесе теста в тестомесильных машинах непрерывного действия по длине месильной камеры находятся различные по свойствам и состоянию (виду) вещества. При этом в рассматриваемый момент времени свойства и состояние замешиваемой массы будет «различным» по длине месильной камеры. Поэтому для оптимального протекания отдельных стадий конструктивные параметры тестомесильной машины и режимы процесса замеса должны обеспечивать механическое воздействие на обрабатываемую массу во время которых различается по характеру, интенсивности и длительности.

В тестомесильных машинах периодического действия это возможно лишь путем изменения скоростного режима рабочих органов, т. е. в начале процесса замеса частота вращения рабочих органов должна быть больше, а после образования связной массы — меньше. При этом конфигурация рабочего органа на всех стадиях будет оказывать однотипное воздействие. Скорость и характер течения будет зависеть от частоты вращения рабочих органов, а также частоты вращения дежи.

В тестомесильных машинах непрерывного действия конфигурация рабочего органа должна соот-

ветствовать условиям, обеспечивающим оптимальному протеканию отдельных стадий процесса замеса с возможностью независимого регулирования интенсивности и длительности механического воздействия на обрабатываемую массу.

Однако следует отметить, что после общего формирования непрерывной структуры теста для его обработки и транспортировки нежелательно применять рабочие органы в виде шнека и пальцев или сходные с ним по механизму воздействия на продукт. Рабочий орган такого вида при воздействии на тесто приводит к разрушению образовавшегося белково-клейковинного каркаса.

При выборе тестомесильной машины объём месильной ёмкости выбирают в зависимости от производительности печи. Объём месильной ёмкости и степень её заполнения должны обеспечивать ритм замеса. Ритм замеса это промежуток времени между замесами теста (или опары). Если ритм замеса будет больше чем допустимое его значение, тогда тесто будет перебродившим, т. е. перекиснутым. Если ритм замеса будет меньше чем допустимое его значение, тогда тесто будет моложавым, т. е. не достаточной кислотности. Степенью заполнения месильной камеры можно варьировать интенсивность или продолжительность механической обработки, динамику расхода энергии при замесе, производительность машины и т. д.

Из рецептурных компонентов большое влияние оказывает физико-механические свойства муки: сорт, сила, дисперсность муки, степень поврежденности крахмальных зерен и т. д. Чем выше сорт муки, тем выше должна быть интенсивность замеса, так как клейковина муки низких выходов более сильная и упругая. Чем сильнее мука, тем больше энергии следует расходовать на замес. По установленным нормам удельный расход энергии на замес теста из сильной, средней и слабой пшеничной муки составляет соответственно 40–50, 25–40 и 15–25 Дж/г теста. Чем меньше размер частичек муки, чем выше степень поврежденности крахмальных зерен, тем выше водопоглотительная способность муки и расход энергии. Добавление рецептурных компонентов в жидком виде приводит к быстрому равномерному распределению их в муке и тем самым сокращению продолжительности и расхода энергии при замесе.

Режим пластификации должен обеспечивать частичное измельчение крахмальных зерен муки и обволакивания их белковыми пленками, выравнивание структуры теста в основном сжимающими и сдвига-

выми усилиями [2, 132]. Это возможно тогда, когда быстрее завершается первая стадия замеса теста — равномерное распределение жидких компонентов в муке с минимальной затратой энергии. Исходя из этого для замеса теста нужно выбирать многоскоростные тестомесильные машины.

Влияние физико-механических свойств теста на распределение энергии при замесе легче обнаружить при наблюдении за всем процессом замеса от его начала до конца. Потребная мощность для замеса теста и определяющая степень его обработки величина переменная: минимальная в начальной стадии, при смешивании составных компонентов теста, с повышением когезии она постепенно возрастает, достигая максимальной величины к концу процесса, при образовании структуры теста. При дальнейшем продолжении замеса теста расход энергии некоторое время остается стабильным. Этот промежуток времени характеризует устойчивость теста. Затем он резко падает. Это свидетельствует о разрушении структуры теста, т. е. белково-клейковинного каркаса, в результате чего ухудшается эластичность, снижается вязкость и тесто становится липким и влажным.

Проведенный нами анализ существующего многообразия тестомесильных машин позволили классифицировать их по конструктивным и функционально-технологическим признакам с учетом недостатков присущих для каждого из них. Данная классификация позволяет облегчить задачу исследователям, конструкторам при разработке и совершенствовании тестомесильных машин, а также указать на какие элементы необходимо обращать внимание [7, 14–21]. Благодаря этой классификации и анализа существующих тестомесильных машин разработаны новые конструкции, на которые получены патенты [8–17].

На основании результатов проведенных исследований и исходя из вышеизложенных можно сделать следующие выводы:

При замесе теста для объективной характеристики самого процесса, всех его эффектов на различных стадиях, а также конечных результатов, необходимо наравне с показателями интенсивности замеса, степени однородности, обязательно учитывать и влияние механизма воздействия рабочих органов тестомесильной машины на весь ход процесса: на отдельные частицы компонентов и на всю обрабатываемую массу. Именно характер воздействия рабочего органа, а также траектории движения частиц вокруг рабочих органов и по объему месильной камеры — определяют конечные результаты процесса. В тесной связи

с этим находятся параметры и режимы замеса: скорость движения рабочих органов, длительность воздействия на обрабатываемую массу, изменение ее интенсивности на различных стадиях процесса замеса.

При выборе тестомесильных машин необходимо учитывать свойства компонентов теста, вид замешиваемого теста, влияние конструкции рабочих органов на процесс перемешивания и подобрать такие конфигурации, которые могли бы обеспечить равномерное распределение компонентов при замесе теста.

Для совершенствования конструкции рабочих органов необходимо изучить их влияние на процесс перемешивания и подобрать такие конфигурации, которые могли бы обеспечить необходимое пере-

мешивание компонентов при минимальном нагреве обрабатываемой массы и расхода энергии в процессе замеса.

Для обеспечения оптимальных условий замеса на разных стадиях процесса в тестомесильных машинах периодического действия целесообразно применить многоскоростной привод с автоматическим управлением, а в тестомесильных машинах непрерывного действия — их целесообразно конструктивно разделить, т. е. соблюдать основные требования теории замеса, обеспечить оптимальные значения интенсивности и длительности воздействия рабочих органов на различных стадиях, выполнить её месильную камеру цилиндрическим.

#### Список литературы:

1. Лисовенко А. Т. Смесительные машины в хлебопекарной и кондитерской промышленности. – Киев: Урожай, 1990. – 192 с.
2. Байрамов Э. Э. Влияние способа воздействия при замесе теста на качество хлеба. – Баку: Изд-во Азербайджан, журнал аграрная наука Азербайджана, 2001, № 1–2.
3. Байрамов, Э. Э. Влияние способа механического воздействия при на тесто в процессе замеса на свежесть хлеба. – Гянджа: Изд-во Елм, журнал сборник известий НАА ГРНЦ, 2009. – № 36.
4. Байрамов Э. Э. Влияние способа воздействия при замесе теста на сжимаемость мякиша хлеба. – Гянджа: Изд-во Елм, журнал сборник известий НАА ГРНЦ, 2010, № 39.
5. Байрамов Э. Э. Режимы процесса замеса теста и конструктивные параметры тестомесильных машин/Труды первой междунар. научно-технич. конф. «Интертранс 2000», 1–3 ноябрь 2000 г. – Кутаиси: Изд-во Кутаис. технич. ун-та, Том1, 2000.
6. Лисовенко А. Т. Технологическое оборудование хлебозаводов и пути его совершенствования. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982.
7. Усманходжаев Х. Х. Байрамов Э. Э. Классификация тестомесильных машин. – М.: Агропромиздат, журнал «Хлебопродукты». – 1991, № 12.
8. А. с. № 1743530 (СССР) Тестомесильная машина непрерывного действия/Х. Х. Усманходжаев, П. В. Феофанович, Э. Э. Байрамов и др./ – Оpubл. в Б. И. 1992, № 24.
9. Рос. Патент № 2010529 Тестомесильная машина непрерывного действия/Э. Э. Байрамов, Г. Ю. Кулиев, Н. А. Мамедов, опубл. в Б. И. № 7, 1994, Москва.
10. Решение о выдаче патента на изобретение. Тестомесильная машина непрерывного действия/Т. А. Сулейманов, Г. Ю. Кулиев, Э. Э. Байрамов, С. А. Мамедов, И. М. Гусейнов, Г. А. Бадалов, Ш. Н. Хуршудов, А. Г. Кулиев., Рос. Патент № 98114417 (13 (015362) от 15.07.98, Москва.
11. АзПатент № И 2005 0018 Тестомесильная машина непрерывного действия/Р. М. Мамедов, Э. Э. Байрамов, Г. Ю. Кулиев, Э. Б. Искендеров, от 17.01.2005, Баку.
12. АзПатент № I 2005 0127 Тестомесильная машина непрерывного действия/Р. М. Мамедов, Э. Э. Байрамов, Г. Ю. Кулиев, Э. Б. Искендеров, Х. Ю. Новрузов, от 05.10.2005, Баку.
13. АзПатент № а 2006 0077 Тестомесильная машина непрерывного действия/Э. Э. Байрамов, Г. Ю. Кулиев, А. Д. Тагиев, А. Ю. Исаев, от 04.05.2006, Баку.
14. АзПатент № I 2006 0060 Тестомесильная машина непрерывного действия Р. М. Мамедов, Э. Э. Байрамов, Г. Ю. Кулиев, А. Д. Тагиев, Х. С. Мамедова, от 12.06.2006, Баку.
15. АзПатент № I 2009 0125 Тестомесильная машина непрерывного действия/Э. Э. Байрамов, Г. Ю. Кулиев, А. Д. Тагиев, А. Ю. Исаев, от 15.07.2009, Баку.
16. АзПатент № F 2010 0001 Тестомесильная машина непрерывного действия/Р. М. Мамедов, Э. Э. Байрамов, Г. Ю. Кулиев, А. Д. Тагиев от 12.05.2010, Баку.

17. АзПатент № F 2012 0009 Тестомесильная машина непрерывного действия/Э. Э. Байрамов, Г. Ю. Кулиев, З. Ю. Асланов, Т. Х. Мусазаде, от 21.09.2012, Баку.

*Nesterenko Anton Alekseevich, Kuban State Agrarian University,  
Senior Teacher at the Department of technology of storage  
and processing of livestock products  
E-mail: nesterenko-aa@mail.ru*

## The impact of starter cultures on functional and technological properties of model minced meat

**Abstract:** The work presents the results of a research of the impact of low-frequency electromagnetic field on starter cultures. The research results certify the possibility of usage of electromagnetic back away in the technology of hard-smoked sausages.

**Keywords:** electromagnetic impact, starter cultures, model minced meat, hard-smoked sausages

The analysis of literature sources [1, 217] certifies the application of starter cultures in the technology of production of hard-smoked sausages in order to accelerate the process of sausage aging. The activity of starter cultures is based on biotechnological principle of modification of fresh sausage meat in the process of which there is directed regulation of biotechnological, microbiological and physical-chemical processes [1, 216; 2, 66]. As a result of the given processes there is formation of structure, color and taste and aroma characteristics of hard-smoked sausages.

Guided by the experimental data about the impact of electromagnetic field of low frequency (EMF LF) on microflora [3, 790], it was established that EMF LF can intensify the growth of microflora. Currently, there isn't clear data about the study of impact of EMF LF on starter cultures and dynamics of physical and chemical, biological and microbiological processes typical for the technology of hard-smoked sausage production.

The goal of the given work is to study a required dose of added starter cultures processed by EMF LF on the property of model minced meat of the hard-smoked sausage type.

To determine the degree of effect of added starter cultures processed by EMF LF on the model system, we used model minced meat consisting of 60% of cooled beef and 40% of cooled pork. We used starter cultures Almi 2 by Almi as experimental microflora. As for the control group, starter cultures were activated in accordance with the recommendations of a producer.

As for the experimental sample, starter cultures were activated as follows: they were dissolved in warm water in the amount of 100cm<sup>3</sup> with the temperature of 25–30 °C; they were left aside for 30 minutes for

complete dissolution (as it was recommended by the producer) and then, they were processed with EMF LF with the frequency of 45Hz during 60 minutes. After that the minced meat was added and mixed.

The selection of an optimal added dose of starter cultures.

According to the producer's recommendations, starter cultures Almi 2 are applied in the amount of 20g per 100kg of minced meat. Preliminary data [4, 96], obtained during the selection of optimal frequencies for starter cultures activation, proved that processing of microflora with the frequency of 45Hz during 60 minutes intensifies the growth of microflora. In this respect, to determine the optimal dose of added starter cultures, we took the following correlations as per 100kg of mixed meat: 20g served as control; 17,5; 15; 12,5; 10g were added to experimental samples as per 100kg of minced meat. The dynamics of microflora growth was checked when storing model minced meat under the temperature of 20 °C during 12 hours. The results of studies are presented in Table 1.

It was established that if 12,5 and 10g of processed starter cultures are added, there is no optimal development of microflora compared to the control. If 17,5 and 15g of processed starter cultures are added, there is active development of microflora compared to the control. It is known that excessive active growth of microflora can lead to fast reduction of pH and, consequently, to acidification of minced meat. Hence, were determined the adding of 15g of starter cultures processed by EMF LF to the minced meat, which is most effective from economic and technological point of view.

The study of physical and chemical indicators of raw material after adding starter cultures processed by EMF LF.

Table 1 — The dynamics of microflora growth after EMF LF processing on the model minced meat

№	Amount of starter cultures per g/100kg of minced meat	Duration, h				
		0	3	6	9	12
		Number of cells, CFU/g				
1	20 control	$4,8 \times 10^5$	$5,7 \times 10^5$	$6,7 \times 10^5$	$8,7 \times 10^5$	$1,0 \times 10^6$
2	17,5	$5,2 \times 10^5$	$6,8 \times 10^5$	$8,1 \times 10^5$	$1,7 \times 10^6$	$2,4 \times 10^6$
3	15	$4,9 \times 10^5$	$6,1 \times 10^5$	$7,4 \times 10^5$	$9,5 \times 10^5$	$1,6 \times 10^6$
4	12,5	$4,1 \times 10^5$	$4,7 \times 10^5$	$5,8 \times 10^5$	$7,1 \times 10^5$	$8,2 \times 10^5$
5	10	$3,7 \times 10^5$	$4,1 \times 10^5$	$4,7 \times 10^5$	$5,2 \times 10^5$	$6,1 \times 10^5$

To determine the degrees of impact on functional and technological properties of model system, the activated starter cultures were added to model minced meat, mixed and stored during 12 hours under the temperature of  $3 \pm 1$  °C.

The results of change of a moisture-binding ability of model minced meat are presented in Figure 1.

The presented data shows that control sample of model minced meat without adding starter cultures processed with EMF LF exceeds experimental sample of model minced meat in terms of moisture-binding ability. The indicator of moisture-binding ability of experimental sample accounts for 75,8%, which is 2,0% lower than the control indicator of 77,8%.

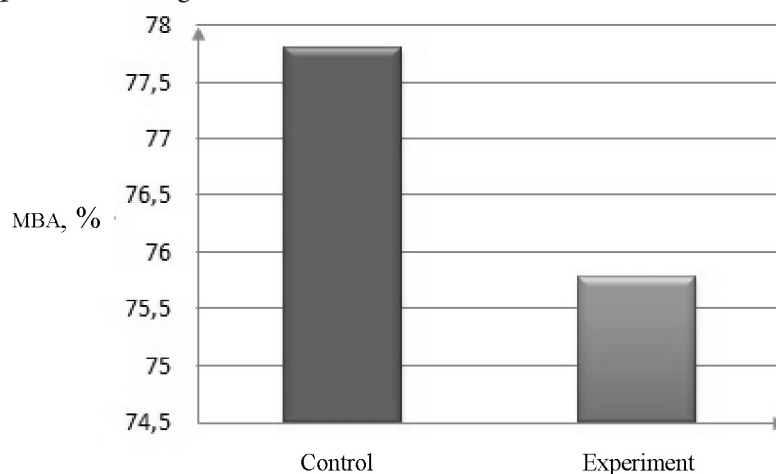


Figure 1 — Moisture-binding ability of model minced meat

Moisture-preserving ability determines the output ready product at the expense of binding moisture [5, 220]. The

results of the study of moisture-preserving ability of minced meat after adding starter cultures are shown in Figure 2.

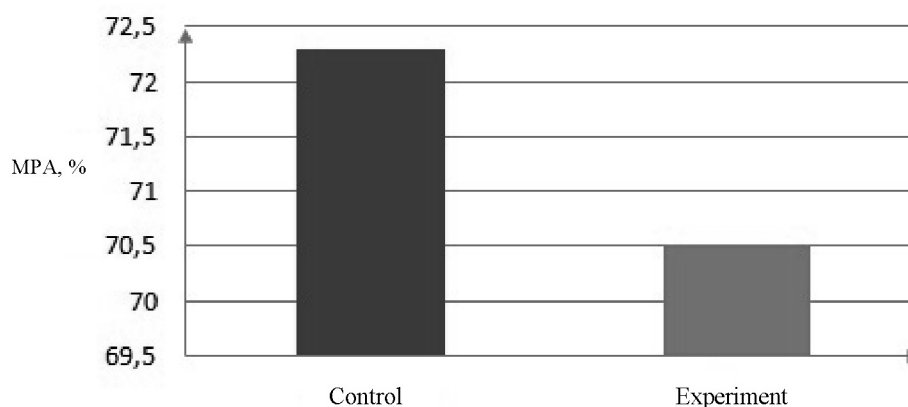


Figure 2 — Moisture-binding ability of model minced meat

The presented results certify that adding starter cultures processed by EMF LF to model minced meat and storage during 12 hours under the temperature of  $3 \pm 1$  °C contributes to reduction of MPA of model minced meat by 1,8% towards the control.

Stickiness of fresh meat is determined by accumulation of salt-soluble proteins on the surface of the meat [6, 225]. The results of the study of stickiness of model minced meat are presented in Figure 3.

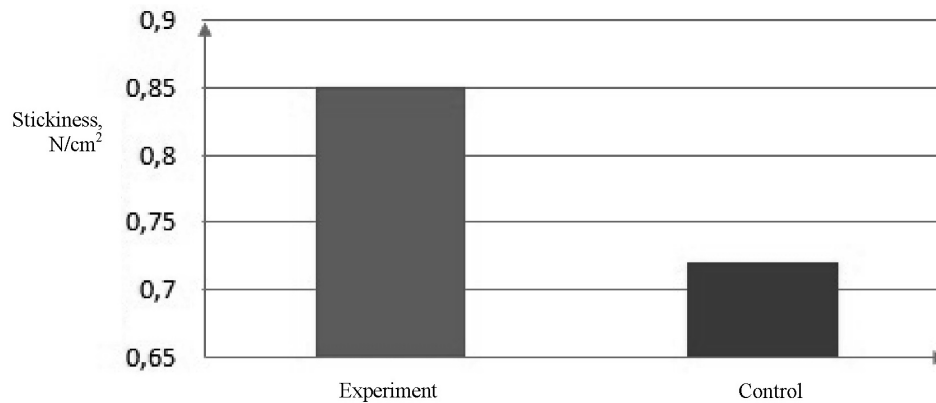


Figure 3 — Stickiness of minced meat when adding starter cultures

The study of stickiness of model minced meat showed that when starter cultures processed by EMF LF are added, the stickiness increases by 15,3%. We believe that, possibly, it is related to the activation of intra-cellular ferments due to the accumulation of lactic acid produced by starter cultures. Positive results of the research of impact of EMF LF on moisture-binding ability, moisture-preserving ability and stickiness of model minced meat obtained by us also certify the more effective operation of starter cultures subject to activation with the help of EMF LF.

Proteolytic activity of used starter cultures is important. It is determined by the level of dissolution of meat proteins. The given principle contributes to the increase of qualitative characteristics of fresh meat [7, 94; 8, 778]. Proteolytic activity of ferments presupposes the change of quantity of protein in the end product. Thus, the next stage of work was the study of fractional composition of protein of model minced meat (Table 2).

Table 2 — Fractional composition of model minced meat

Indicator	Minced meat samples			
	Experiment		Control	
	Prior to bio-modification	After bio-modification	Prior to bio-modification	After bio-modification
Water-soluble fraction,%	2,9	4,2	2,9	3,6
Salt-soluble fraction,%	13,3	12,8	13,3	12,9
Insoluble (alkali-soluble) fraction,%	3,9	3,4	3,9	3,6

Obtained data certifies the increase of water-soluble fraction in model minced meat with application of starter cultures activated by EMF LF confirming more effective operation of ferments. Accumulation of water-soluble fraction and loosely bound moisture in minced meat during the production of hard-smoked sausage contributes to effective drying of sausage product due to the transition from

firmly bound moisture to loosely bound moisture [9, 76–77; 10, 77].

Conclusions. It was established that processing of starter cultures by Almi 2 device with the frequency of 45Hz during 60 minutes stimulates their growth: when starter cultures processed by EMF LF are added to model minced meat, the MBA reduces from 81,78% to 77,80%; BPA by 4,8% and the stickiness increases by 15,3%.

#### References:

1. Нестеренко А. А. Применение стартовых культур в технологии сырокопченых колбас [Текст] / А.А. Нестеренко, К. В. Акопян // Молодой ученый. – 2014. – №8. – С. 216-219.
2. Нестеренко, А. А. Применение стартовых культур в технологии производства ветчины / А. А. Нестеренко, Ю. А. Зайцева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1(31) – С. 65-68.
3. Нестеренко, А. А. Влияние активированных электромагнитным полем низких частот стартовых культур на мясное сырье / Нестеренко А. А., Горина Е. Г. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №05(099).– С. 786-802. – IDA [article ID]: 0991405053. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/53.pdf>, 1,063 у.п.л.

4. Акопян К. В. Способы интенсификации созревания сырокопченых колбас [Текст] / К. В. Акопян, А. А. Нестеренко // Молодой ученый. – 2014. – №7. – С. 95-98.
5. Нестеренко А. А. Физико-химические показатели сырья после внесения стартовых культур [Текст] / А. А. Нестеренко, К. В. Акопян // Молодой ученый. – 2014. – №8. – С. 219-221.
6. Нестеренко А. А. Функционально-технологические показатели сырья после внесения стартовых культур [Текст] / А. А. Нестеренко, К. В. Акопян // Молодой ученый. – 2014. – №8. – С. 223-226.
7. Акопян К. В. Формирование аромата и вкуса сырокопченых колбас [Текст] / К. В. Акопян, А. А. Нестеренко // Молодой ученый. – 2014. – №7. – С. 93-95.
8. Нестеренко, А. А. Биологическая ценность и безопасность сырокопченых колбас с предварительной обработкой электромагнитным полем низких частот стартовых культур и мясного сырья / Нестеренко А. А., Акопян К. В. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №05(099). – С. 772 – 785. – IDA [article ID]: 0991405052. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/52.pdf>, 0,875 у.п.л.
9. Нестеренко, А. А., Пономаренко, А. В. Использование электромагнитной обработки в технологии производства сырокопченых колбас // Вестник НГИЭИ. – 2013. – № 6 (25). – С. 74-83.
10. Нестеренко, А. А. Влияние электромагнитного поля на развитие стартовых культур в технологии производства сырокопченых колбас [Текст] / А. А. Нестеренко // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – Мичуринск, 2013. – № 2 – С. 75-80.

*Hasanova Svetlana Dzhenishevna,  
Skobelskaya Sinaida Grigoryevna  
Moscow State University of Food Production, Moscow  
E-mail: sh@intersurgicalrus.ru*

## **Studying the mechanisms of binding moisture in sugar fondant in storage**

**Abstrakt:** Die Probleme der Gewährleistung einer hohen Qualität der Bonbons auf Basis von Fondant, Ausweitung ihrer Haltbarkeit, zu reduzieren hohen Zuckergehalt relevant zu dieser Tag für die Süßwarenindustrie zu bleiben. Dies gilt insbesondere für Zuckerrfondant, die eine Zwei-Phasen-Dispersion ist. Zucker Fondant, die aus Zucker, Melasse und Wasser besteht trocknet schnell. Durch Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Lippenstift, was die Rezeptur Molkerei, Obst und Gemüse ergänzt, kann man den Trocknungsprozess zu verzögern.

**Stichworte:** chemisch gebundene Feuchtigkeit, osmotische Feuchtigkeit, Zucker Fondant, Amaranth Mahlzeit, Thermogravimetrie.

*Хасанова Светлана Дженешиевна,  
Скобельская Зинаида Григорьевна  
Московский государственный университет  
пищевых производств, г. Москва  
E-mail: sh@intersurgicalrus.ru*

## **Изучения механизмов связывания влаги в сахарных помадных массах при хранении**

**Аннотация:** Проблемы сохранения высокого качества конфет на основе помадных масс, продление их сроков годности, снижения сахароемкости остаются актуальными по сей день для кондитерской отрасли. Это особенно актуально для сахарной помады, представляющей собой двухфазную дисперсную систему. Сахарная помада, которая состоит из сахара, патоки и воды, быстро высыхает. Изменяя химический состав помады, внося в рецептуру молочные, овощные и фруктовые добавки, можно добиться замедления процесса высыхания.

**Ключевые слова:** химически связанная влага, осмотически связанная влага, сахарная помада, шрот амаранта, термогравиметрия.



В настоящей исследовательской работе в помадную массу вносили шрот амаранта (ША) — продукт переработки семян при экстракции масла. Этот продукт содержит значительное количество высокомолекулярных соединений (белки, клетчатка, пектиновые вещества, макроэлементы и микроэлементы, в том числе селен)

Целью данного исследования являлось определение форм связывания влаги, соотношения свободной и связанной влаги при и изменении химического состава сахарной помады.

Характер связывания влаги в помаде осуществляли методом неизотермического анализа на дериватографе системы «Паулик-Паулик Эрдеи» в атмосфере воздуха с постоянной скоростью нагрева  $3^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ . [1]

Этот анализ широко используется для получения информации о кинетике процессов в различных пищевых продуктах.

Исследования проводили в кварцевых тиглях с общей массой навески 510 мг, в качестве эталона использовали оксид алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Термоаналитические кривые одновременно регистрируют изменение массы образца, скорости изменения температуры. В процессе нагрева помада претерпевает значительные физико-химические изменения, в результате которых высвобождается вода, определяющая характер протекающих в продукте изменений. За счет испарения влаги и разложения углеводов масса навески в процессе снижается на 82–90%.

На рисунках 1,2 представлены дериватограммы образцов сахарной помады с содержанием шрота амаранта 0% и 5%. На дериватограмме сахарной помады (0% ША) отчетливо видны два эндотермических минимума кривая ДТА — дифференциально-термический анализ (кривая регистрирующая возмущения микротоков термопары во времени), в интервале температур I:  $75 \dots 105^{\circ}\text{C}$  и интервале температур II:  $128 \dots 168^{\circ}\text{C}$ , тогда как на дериватограмме помады (5% ША) отчетливо видны три эндотермических минимума: в интервале I:  $80 \dots 102^{\circ}\text{C}$ , II:  $110 \dots 132^{\circ}\text{C}$  и III:  $160 \dots 186^{\circ}\text{C}$ . Проявление эндотермических эффектов соответствует представлениям о наличии в помаде различных форм влаги. 1-й эндотермический эффект в обоих образцах помады имеет пологий ход и является наименее выраженным. Этот пик отражает испарение свободной влаги (механически и осмотически связанной влаги), имеющей невысокую энергию связи с молекулами сухих веществ помады. Эндотермические минимумы соответствуют

максимальной скорости дегидратации частиц помады и сопровождаются интенсивной потерей массы.

Воду, выделяющуюся на второй ступени (2-й эндотермический эффект), можно охарактеризовать как слабосвязанную.

Кроме свободной влаги в помаде есть влага в виде гидратных оболочек вокруг молекул сахарозы. В литературе она встречается под названием близкодиффузной (околодиффузной) влаги [2].

Вода удерживается вокруг молекул сахарозы за счет водородных связей, образующихся при помощи гидрофильных группировок (CO, OH, CH). В рецептуру сахарной помады вводится шрот амаранта, который содержит высокомолекулярные соединения: белок, крахмал, клетчатка, пентозаны, пектин, обладающие способностью набухать во влажной среде. Набухание, как предварительный этап растворения, характерен для высокомолекулярных соединений. Причиной набухания является диффузия молекул воды (растворителя) в высокомолекулярные вещества. Высокомолекулярные соединения шрота в помадной массе набухают, адсорбируя часть свободной влаги, а часть, связывая осмотически. После введения в помадную массу шрота амаранта происходит перераспределение влаги между молекулами белка, клетчатки, пектина и молекулами сахарозы. Этот процесс определяется силой химической связи молекул воды между гидрофильными группировками молекул сахарозы и молекул белка, пектина, пентозанов, клетчатки. Этим, очевидно и объясняется появление третьего эндотермического пика на ДТА дериватограммы помады со шротом амаранта. На данной стадии нагрева помады происходит высвобождение молекул воды с более прочной физико-химической связью.

Количественную оценку форм связывания влаги осуществляли по экспериментальным кривым (рисунки 1,2), полученных методом термогравиметрии. [3].

Для этого через каждые пять градусов на кривой TG отмечали изменение массы образца  $m_t$ , соответствующее массовой доле высвобождающейся воды при температуре  $T_i$ . Степень изменения массы  $a$  рассчитывали как отношение массы  $m_t$  к массе общей воды, содержащейся в продукте  $m$ , определяемой из кривой TG в конце процесса дегидратации. По данным строили кривую в координатах:  $(-\lg a)$  —  $1000/T_i$ .

На кривых рисунка 3 определены участки, соответствующие высвобождению влаги различных форм: АВ — нагрев и удаление влаги свободной, разрушение

связи вода-вода, ВС и СД — высвобождение разных форм влаги и частичное разложение вещества с выделением газообразных составляющих.

Полученные кривые имеют S-образный вид, отражающий сложный характер взаимодействия компонентов помады и воды, и предполагает различие в скорости высвобождения влаги на разных участках данной кривой. Следовательно, кривые зависимости степени превращения компонентов помады от температуры позволяют изучить различные, кинетически неравноценные формы связи влаги и предполагают разную скорость дегидратации. Зависимость степени изменения массы  $a$  от температуры  $T$  (рисунок 3) в интервале  $1000/T$  от 2 до 2,5 (от 75 до 176 °С) характеризуется небольшим ( $a < 0.1$ ) индукционным периодом, связанным с наличием лимитирующей стадии внешнедиффузионного торможения, затем происходит ускорение и монотонное нарастание  $0.1 < a < 0.9$ , которое отражает значительное изменение массы, связанное с высвобождением воды.

На кривой 1 (помада со шротом амаранта) отчетливо видны три линейных участка АВ, ВС, СД и на кривой 2 (помада без шрота амаранта) два участка А1 В1 и В1 С1, что говорит о ступенчатом удалении воды из помады. Каждой из ступеней дегидратации соответствует процесс удаления влаги с различной энергией связи.

Рассмотрим более подробно виды связей влаги в исследуемых образцах помады. На первой стадии (участок АВ кривой 1 и А1 В1 кривой 2) при температуре 102–105 °С, происходит нагрев и удаление свободной влаги, имеющей невысокую энергию связи с продуктом. Высвобождается вода (капиллярная), образующая ажурную сетку из ассоциатов молекул

воды, связанных между собой водородными связями. При этом десорбция капиллярной влаги характеризуется более низкими значениями энергии активации по сравнению с влагой, которая высвобождается на второй стадии процесса — участки ВС и В1 С1. Эта влага называется слабосвязанной или адсорбционно-связанной, но она более прочно связана с компонентами помады, чем капиллярная. Содержание белка в помаде составляет 1,30%, содержание крахмала и клетчатки соответственно 2,45 и 0,46%. В процессе нагрева часть осмотически связанной влаги, которая удерживается в замкнутых ячейках мицелл белка, крахмала и клетчатки, и гидратной влаги вокруг молекул сахарозы, выделяющейся при разрывании молекулярных цепей при температуре испарения адсорбционно-связанной влаги в результате нарушения мицеллярных и гидрофобных взаимодействий белков и углеводов с водой.

На третьей ступени процесса высвобождается химически связанная влага — участок СД 4 — влаги согласно классификации, предложенной Ребиндером П. А. [4]. Предположительно, это вода, которая участвует в клейстеризации крахмала и набухании белков, клетчатки, пентозанов, которые содержат шрот амаранта.

Таким образом, анализ данных позволил определить три основных периода дегидратации воды и преобразования сухих веществ помады со шротом при термическом воздействии на нее, что подтверждает гипотезу о наличии в помаде со шротом амаранта химически связанной влаги. По результатам исследования определены температурные зоны соответствующие удалению влаги с различной формой связи.

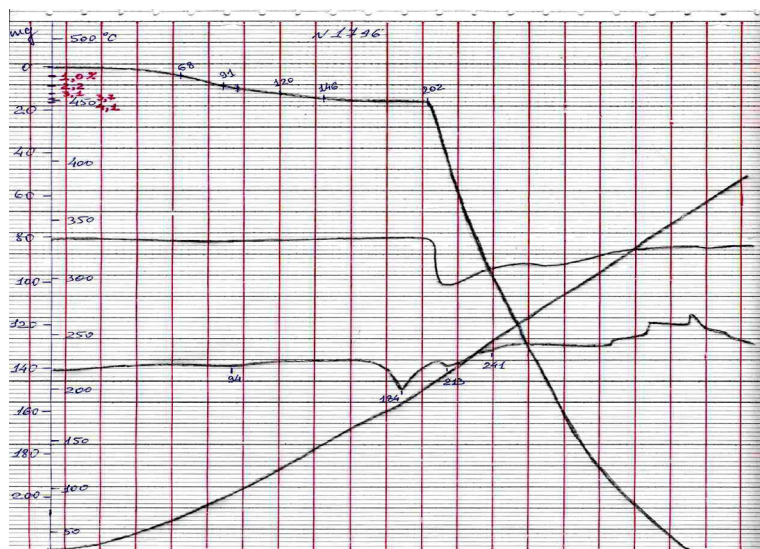


Рис. 1. Дериватограмма сахарной помады без шрота амаранта — контроль

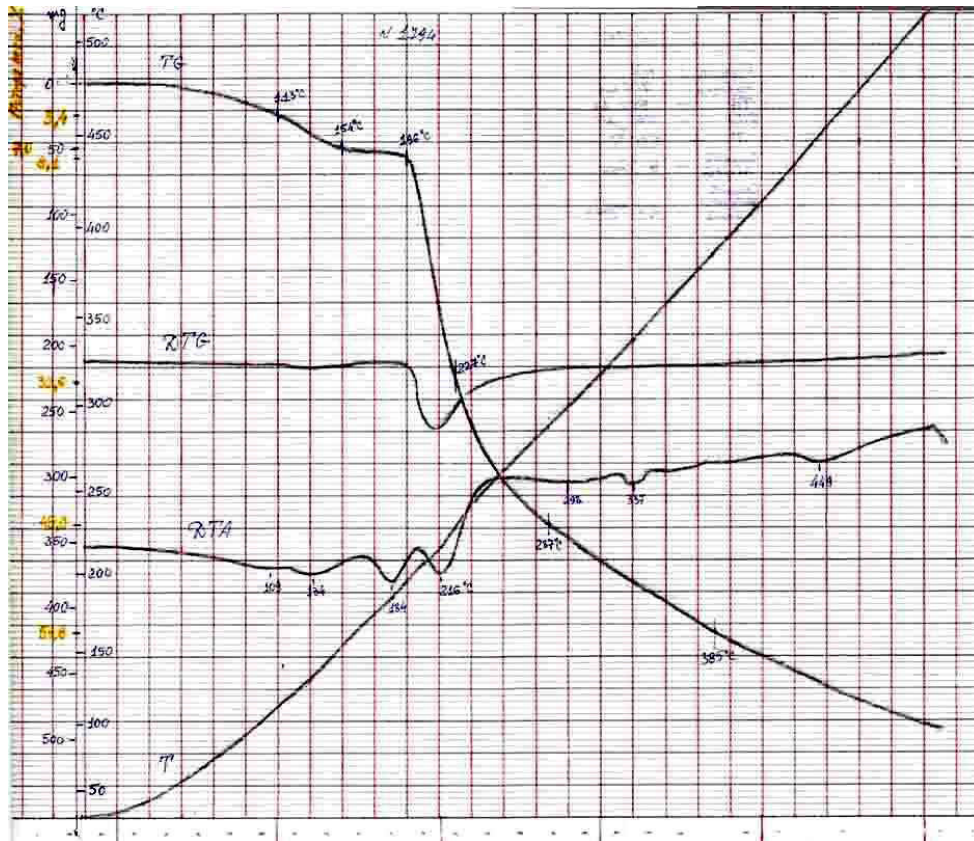
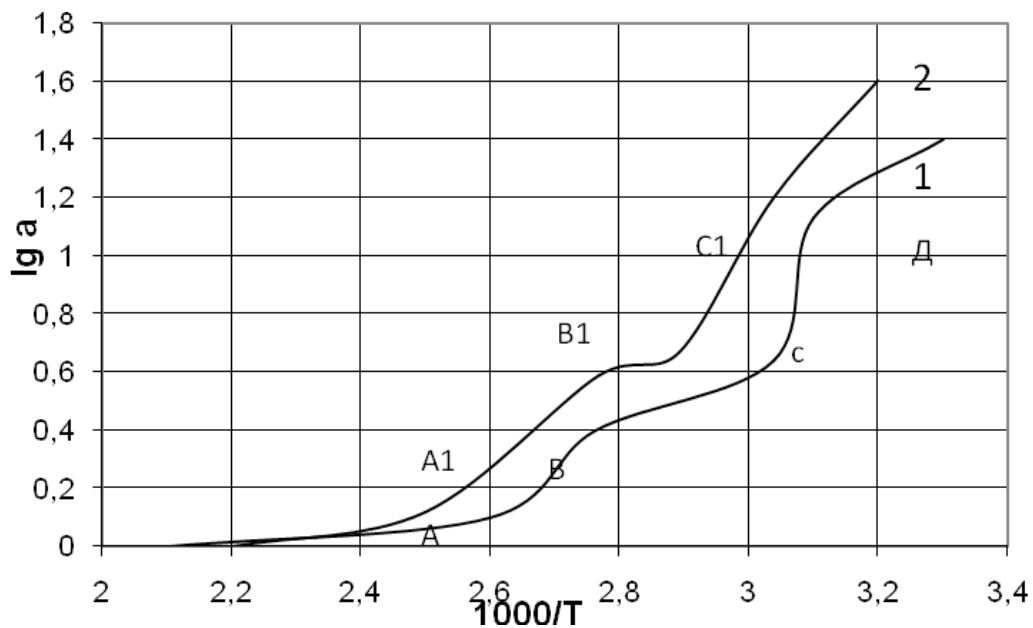


Рис. 2. Дериватограмма помады со шротом амаранта 5%.

Рис. 3. Термогравиметрические кривые:  
1-помада со шротом амарант 5%, 2-помада без шрота амаранта**Список литературы:**

1. Дериватограф системы «Паулик-Паулик-Эрдей»//Теоретические основы.-Будапешт: Венгерский оптический завод, 1974.
2. Вода в пищевых продуктах/Под ред. Р.Б. Дакуорта. – пер. с англ.-М.: Пищевая промышленность, 1986.
3. Уэндландт У. Термические методы анализа.//Пер.с англ. – М.: Мир, 1978. – 526 с.
4. Моик И. Б. и др. Термо- и влагометрия пищевых продуктов: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1988. – 304 с.

## Section 9. Agricultural sciences

### Секция 9. Сельскохозяйственные науки

*Kozaeva Marina Ilinichna, State Scientific Establishment I. V. Michurin  
All-Russian Research Institute Genetic and Breeding of Fruit Plant,  
senior researcher of the Laboratory of biotechnology and immunity  
E-mail: kazaevami1966@yandex.ru*

#### **Adaptive capacity of different species of *Crataegus* and *Amelanchier* under abiotic and biotic stresses**

**Abstract:** The bacterium has a strong fungicidal and fungistatic activity, allowing it to hinder the development of fungal and mixed microbiota and weaken biotic stress caused by them. Indicators microbiota clearly reflect the state of plants, therefore they should be used for diagnosis.

**Keywords:** adaptive capacity, abiotic and biotic stresses, microbiota

*Козаева Марина Ильинична, Всероссийский научно-исследовательский институт  
генетики и селекции плодовых растений им. И. В. Мичурина,  
старший научный сотрудник лаборатории биотехнологии и иммунитета  
E-mail: kazaevami1966@yandex.ru*

#### **Адаптационная способность различных видов *Crataegus* и *Amelanchier* в условиях абиотических и биотических стрессов**

**Аннотация:** Бактерия обладает выраженным фунгицидным и фунгистатическим действием, что позволяет ей сдерживать развитие грибной и смешанной микробиоты и ослабить вызываемой ими биотический стресс. Показатели эндофитной микробиоты чётко отражают состояние растений, в связи с этим их следует использовать для диагностики.

**Ключевые слова:** адаптационная способность, абиотический и биотический стрессы микробиота

При закладке промышленного плодового сада в той или иной зоне плодового хозяйства важно подобрать адаптивный сортимент культур, способный противостоять природным катаклизмам и экономически эффективный [5,267].

Потребность в адаптивном материале выдвигает задачу пересмотра сортимента садов России и введение в культуру новых нетрадиционных растений, таких, как арония, барбарис, боярышник, ирга, калина, лимонник, дающих конкурентоспособную продукцию [3,51].

В связи с этим, целью наших исследований в 2008–2010 гг явилась оценка адаптационной способности представителей рода *Crataegus* и *Amelanchier* на основе показателей эндофитной микробиоты, поскольку эндофитная (внутренняя) микробиота играет важную роль в иммунитете рас-

тений, помогая им выживать в неблагоприятных условиях окружающей среды.

Объектами исследований служили различные виды боярышника (боярышник кроваво-красный- *Crataegus sanguinea*, б. полумягкий- *C. submollis*, б. перистонадрезанный- *C. pinnatifida*, б. обыкновенный- *C. oxyacantha*) и ирги (ирга ольхолистная- *Amelanchier alnifolia*, и. колосистая- *A. spicata*, и. крупноцветковая- *A. x grandiflora*).

Проводимые нами исследования выявили наличие эндофитной микробиоты, представленной бактериями, относящимися к роду *Pseudomonas*, и грибами. При этом бактериальная микробиота значительно преобладала над грибной и смешанной.

Наиболее высокий бактериальный показатель на всём протяжении тестирования (93,6%) отмечен у боярышника кроваво-красного. За ним следуют бо-

ярышник перистонадрезанный (87,3%) и боярышник обыкновенный (85,6%). У боярышника полумягкого уровень развития бактериальной микробиоты был несколько ниже (78,7%).

Тестирование различных видов ирги также выявило достаточно высокую бактериальную активность. Так, первое место по частоте положительных тестов на бактерию (93,3%) заняла ирга крупноцветковая. У ирги колосистой и ирги ольхолистной выход бактериальных штаммов оказался практически на одном уровне (85,2% и 83,7%, соответственно).

Необходимо отметить, что на всём протяжении исследований как представители рода *Crataegus*, так и рода *Amelanchier* имели нулевые значения грибной инфекции и незначительное накопление инфекции смешанного типа.

Другой важный показатель состояния растений- процент отрицательных тестов на микробиоту, который отражает уровень окислительного стресса у растений. Механизм действия различных повреждающих факторов сводится к воздействию на растительную клетку активных форм кислорода. Активные формы кислорода образуются в каждой клетке и при нормальном обмене веществ. Однако при длительном воздействии комплекса неблагоприятных абиотических и биотических факторов на растения происходит их избыточное образование. Являясь активными соединениями, они могут вызвать окисление и разрушение

липидов, мембран, белков, ферментов ДНК, изменение структуры биомолекул, нарушение целостности клетки и её гибель [1,9; 2,74]. Поэтому высокий процент отрицательных тестов отражает повышение уровня окислительного стресса, что свидетельствует о снижении адаптационной способности, и, напротив, наименьшие значения отрицательных тестов соответствуют наибольшей адаптационной способности растений.

Проведённые исследования показали, что боярышник обыкновенный, б. кроваво-красный, б. перистонадрезанный и б. полумягкий имели достаточно высокую степень адаптации, что отразилось в низких показателях отрицательных тестов (5,3%; 6,4%; 6,7% и 10%, соответственно).

Значительный запас адаптации продемонстрировали и представители рода *Amelanchier*. Так, процент отрицательных тестов у ирги крупноцветковой и ирги колосистой составил 4,6 и 4,8, соответственно, у ирги ольхолистной- 6,7.

Таким образом, представители рода *Crataegus* и рода *Amelanchier* обладали высоким адаптивным потенциалом, что связано с сохранившейся природной генетической устойчивостью к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам.

Поэтому возделывание нетрадиционных культур, к которым относятся боярышник и ирга, в перспективе обеспечит синергический эффект от совместного их применения с традиционными [4, 29].

#### Список литературы:

1. Гудковский В. А., Каширская Н. Я., Цуканова Е. М. Физиолого-биохимические показатели оценки устойчивости плодовых и ягодных культур к окислительному стрессу. – Мичуринск, 2000.
2. Гудковский В. А., Каширская Н. Я., Цуканова Е. М. Стресс плодовых растений. – Воронеж: Кварта, 2005.
3. Куминов Е. П., Жидёхина Т. В. Введение в культуру дикорастущих плодовых растений. - Нетрадиционные сельскохозяйственные, лекарственные и декоративные растения, 2003.
4. Кобляков В. В. Роль малораспространённых плодовых растений в производстве экологически безопасной продукции. – Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2004.
5. Рябушкин Ю. Б., Бодров Н. В. Сорты яблони для Нижнего Поволжья. – Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2010.

*Tulush Valentina Pavlovna Tuva State University  
Senior Teacher, agricultural faculty Chuglur Ayas Hertekovich, Student  
E-mail: tulush1963@mail.ru*

## Improvement of technology of cultivation of sudan grass in arid zones of the Republic Tyva

**Abstract:** The results of studies on the timing and methods of planting Sudan grass varieties Tashebinskaya, as well as provides results of a study of different varieties Sudan grass in the arid zone of the Republic of Tuva.

**Keywords:** sudan grass, yield, crop quality, varieties, seeds, planting dates, row spacing.

Тулуш Валентина Павловна. Тувинский Государственный Университет,  
Старший преподаватель, сельскохозяйственный факультет  
Чуглур Аяс Хертекович, студент  
E-mail: tulush1963@mail.ru

## Совершенствования технологии возделывания суданской травы в условиях аридной зоны Республики Тыва

**Аннотация:** В статье приведены результаты исследований по изучению сроков и способов посева суданской травы сорта Ташебинская, а также представлены результаты по изучению разных сортов суданки в условиях аридной зоны Республики Тыва.

**Ключевые слова:** суданская трава, урожайность, посевные качества, сорта, семена, сроки посева, междурядья.

В Республике Тыва основная отрасль сельского хозяйства - животноводства и основное условие эффективной работы животноводческих подразделений по производству молока, мяса и шерсти зависит от комплексного решения взаимосвязанных факторов, среди которых особое место также принадлежит созданию устойчивой кормовой базы, обеспечивающей сбалансированное кормление скота в течение всего года [3, 96].

Однолетние травы возделывают для получения зеленой массы, сена, сенаж, травяной муки, силоса. Они характеризуются разными вегетационными периодами. Используя эти биологические особенности и высевая культуры в определенные сроки, можно получить кормовую массу в течение длительного периода. Среди однолетних трав имеются высокоотавные, способные к быстрому вегетационному возобновлению после скашивания или стравливания, что позволяет за вегетационный период получать по несколько укосов за сезон с одного и того же поля [1, 87].

Одной из наиболее ценных кормовых культур в Сибири является суданка. Она принадлежит к числу лучших кормовых растений, хотя в культуру введена сравнительно недавно, в начале XX в. Экологическая пластичность, многогранность использования, высокая питательная ценность позволяют суданке освоить все новые территории, а высокий коэффициент размножения делает ее производство экономически выгодным.

С появлением новых сортов суданки и расширением зоны ее возделывания совершенствуются технологии возделывания. Разработка научно обоснованных технологий производства семян суданки позволит вывести эту культуру из разряда нетрадиционных. При этом основной задачей семеноводства культуры по-прежнему остается получение кондиционных семян [2, 3]. В связи с этим, нами были изучены адаптивная способность разных сортов суданки

и сроки, способы посева.

### Методика исследований

Исследования проводились в 2008–2009 гг, 2011–2012 гг на опытном поле сельскохозяйственного факультета. Полевой опыт заложен в соответствии с основными требованиями по методике ГСИ. Фенологические наблюдения, учеты и анализы проводились по методике государственного сортоиспытания с/х культур (Москва, 1985). При обобщении результатов опыта использовались метеорологические данные с метеостанции г. Кызыла.

Исследования проводились в сухостепной зоне, почва опытного участка светло-каштановая, суглинистая, со средним содержанием подвижных форм фосфора и калия. Предшественник картофель. Технология подготовки почвы и уход за растениями общепринятая для зоны.

Изучались сроки и способы посева, а также сорта. Опыты проводились, в трехкратной повторности с рендомизированным размещением делянок. Опыт по изучению сроков и способа посева заложен по следующей схеме: 1) 20 мая с междурядьем 15 см; 2) 20 мая с междурядьем 30 см; 3) 30 мая с междурядьем 15 см; 4) 30 мая с междурядьем 15 см. В опыте был использован сорт Ташебинский

Сортоизучение суданской травы заложен по схеме: 1) Ташебинская (St); 2) Туран 2; 3) Северянка; 4) Лира.

### Результаты исследований

Погодные условия были неустойчивы по годам, но в целом сумма температур воздуха, а также осадков соответствовали требованиям растения суданской травы.

В 2008 год характеризовался как жаркий и сухой, среднемесячная температура колебалась, выше нормы от 1,2 до 3,7° С. Особенно жаркими были, месяца июнь — июль. 2009 год был умеренно теплым и влажным. Температурный режим был на уровне

среднегодовых данных, с незначительными повышениями. А количество выпавших осадков в годы проведения опыта были ниже нормы на 111–122 мм. Погодные условия и сроки посева, сказались на прохождении фаз развития растений. Так в 2008 г. длина вегетационного периода при сроке посева 20 мая

варьировалась от 78–81 дня, а при втором сроке 76–78 дней. В 2009 г. продолжительность вегетационного периода при первом сроке посева был длиннее на 2–5 дней, чем предвидимом году, при сроке посева 30 мая длина вегетационного периода была на уровне 2008 года.



Рис. 1. Суданская трава

При учете биометрических измерений в фазу созревания семян, в среднем за два года исследований показали, что наиболее высокорослые растения получены при сроке посева 30 мая с междурядьем 30 см (159 см), с количеством растений на м<sup>2</sup> составила 166,7 шт.

Анализ семенной продуктивности суданки показал, что максимальный урожай получен при сроке посева 30 мая, с междурядьем 15 см — 9,7 ц/га. При сроке посева 20 мая максимальный урожай также получен при рядовом способе посева — 8,14 ц/га.

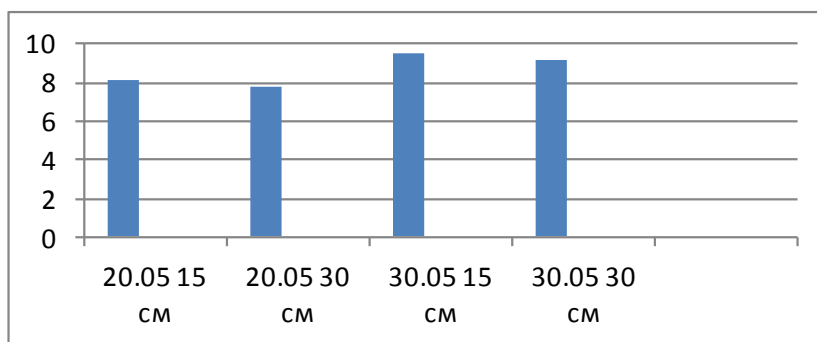


Рис. 2. Урожайность семян суданской травы в зависимости от сроков и способа посева, ц/га (2008–2009 гг)

Для получения собственных семян большое значение имеет их качества. Качества семян в большей степени зависит от условий созревания. Для процесса созревания семян необходимо достаточные высокие температуры, без резких перепадов влажности воздуха, в этом случае формируются хорошо выполненные доброкачественные семена. Результаты определения посевных качеств семян суданской травы показали, что высокую всхожесть семян получены при позднем сроке посева 91–95%. Полновесные семена получены при посеве 30 мая. Масса 1000 зерен при рядовом способе посева составил 9,2 г. с максимальной высотой посевной годностью (95%).

При возделывании кормовых культур немаловажное значение имеет сорт. Известно, что сорт, гибрид — это фундамент высокой стабильной урожайности. Правильно выбранный сорт обеспечивает до 25% прироста продукции [3, 96].

В 2011–2012 гг. в целом, начало вегетационного периода по температурному режиму было на уровне среднегодовых, но во II и III декадах мая наблюдались температуры ниже среднегодовых, что неблагоприятно сказалось на росте и развитии появившихся всходов суданской травы. 2011 год по температурному режиму характеризовался жаркой, засушливой погодой, особенно июль месяц. Ко-

личество выпавших осадков в июне месяце за два года исследования были ниже среднемноголетних данных. В 2012 году температурный режим был на уровне нормы с незначительными отклонениями, количество выпавших осадков было выше среднемноголетних данных, особенно июль-август месяцы.

При прохождении фаз развития разница между сортами составляет до 5 дней. Из всех факторов, влияющие на роста суданки, определяющим является тепло. Так в засушливый, жаркий 2011 год отмечен короткий период «всходы — созревание». Более продолжительным по прохождении вегетационного периода был

2012 год. Этому способствовала, дождливая погода. Так у сорта Ли́ра в засушливый год длина вегетационного периода составила 96 дней, в более влажный год на 6 дней длиннее. По сравнению со стандартным сортом, длина вегетационного периода на 13–14 дней больше. У сортов Туран 2 и Северянка по отношению к стандарту, период «всходы — созревание» был продолжительнее на 5–6 и 11–16 дней соответственно.

Анализ продуктивности семян разных сортов суданской травы показал, что более урожайным показал себя, сорт Ли́ра. По отношению к стандартному сорту прибавка семян составила 2,9 ц/га.

Таблица 1. – Урожайность семян разных сортов суданской травы (2011–2012 гг.)

Сорта	Урожайность семян ц/га	Прибавка	
		ц/га	%
Ташебинская (St)	10,1	–	–
Туран 2	11,8	+1,7	16,8
Северянка	8,7	–1,4	-13,9
Ли́ра	13,0	+2,9	22,8

У сорта Туран 2, урожайность семян по сравнению выше названным сортом составило на 1,2 ц/га ниже, но по отношению к стандарту прибавка семян получено на 1,7 ц/га (табл. 1).

У изучаемых сортов более полновесные семена получены в 2011 году, когда на период созревания температурный режим был на уровне нормы, 2012 год характеризовался влажным, а особенно август месяц.

Таблица 2. – Структура семенного травостоя сортов суданской травы и посевные качества семян (2011–2012 гг.)

Показатели	Ташебинская (St)	Туран 2	Северянка	Ли́ра
Количество растений, шт./м <sup>2</sup>	126	132	128	138
Количество ветвей на 1 растении, шт.	19,5	19,5	18,0	21,3
Масса семян с 1 растения, г	2,5	3,1	2,2	3,0
Масса 1000 семян, г	12,5	13,8	11,0	15,5
Всхожесть, %	80,2	81,6	80,4	82,0

Результаты определения посевных качеств семян суданской травы в среднем за два года показал, что всхожесть изучаемых сортов в пределах от 80,4 до 82%. Максимально всхожие семена получены у сорта Ли́ра (82%), не значительно уступает ему сорт Туран 2 (81,6%). У стандартного сорта и Северянки всхожесть в пределах 80,2–80,4%. Наиболее полновесные семена получены у сортов Туран 2 (13,8 г) и Ли́ра (15,5 г).

Проведенные исследования показали, что из изученных сортов наиболее перспективными для почвенно-климатических условий аридной зоны Республики Тыва можно считать выделившиеся по урожайности сорта Ли́ра, Туран 2. Оптимальным сроком посева для сорта суданки Ташебинская при возделывании на семена в условиях сухостепной зоны является конец мая с междурядьем 30 см.

#### Список литературы:

1. Асланов И. Е., Бондарев В. А., Киреев В. Н. и др. Полевое кормопроизводство/Под ред. М. А. Смурыгина. – М.: Колос, 1981.
2. Кашеварова Н. И., Полюдина Р. И., Балькина Н. В., Штаус А. П. Суданка в кормопроизводстве Сибири/Под ред. Н. И. Кашеварова. – Новосибирск, 2004.
3. Тулуш В. П., Донгак Ю. К. Сравнительная оценка разных сортов гороха в условиях аридной зоны Республики Тыва//Наука и мир, № 6 (10), 2014, Том 1.



*Manabaev Nurlibay Tagaybekovich, South Kazakhstan State University named M. Auezov, Associate Professor, E-mail: nmanabaev@mail.ru;*

*Aubakirova Farida Habievna, South Kazakhstan State University named M. Auezov, Associate Professor, E-mail: faraub1011@mail.ru;*

*Sultanbekova Parida Sinabaevna, South Kazakhstan State University named M. Auezov, Associate Professor, E-mail: sultanbekovaparida@mail.ru;*

*Estauova Akmaral Asilovna, South Kazakhstan State University named M. Auezov, senior Lecturer*

## The new technology of furrow irrigation on the slopes area

**Abstract:** To improve crop irrigation furrows on the slopes area proposed to equip the new cultivator working body in the form of additional wheels with different pitches density pattern on the rubber. Described the construction of the proposed working party are the advantages of its use.

**Keywords:** irrigation, furrow, the uniformity of soil moisture, wheel, the density of the pattern.

*Манабаев Нурлыбай Тагайбекович, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, доцент, E-mail: nmanabaev@mail.ru;*

*Аубакирова Фариды Хабиевна, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, доцент, E-mail: faraub1011@mail.ru;*

*Султанбекова Париды Сынабаевна, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, доцент, E-mail: sultanbekovaparida@mail.ru;*

*Естауова Акмарал Асылевна, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, старший преподаватель*

## Новая технология бороздкового полива на косогорной местности

**Аннотация:** Для совершенствования полива сельскохозяйственных культур по бороздам на косогорной местности предложено оснастить культиватор новым рабочим органом в виде дополнительных колес с различными шагами плотности рисунка на резине. Описана конструкция предложенного рабочего органа, приведены преимущества его применения.

**Ключевые слова:** полив, борозда, равномерность увлажнения почвы, колесо, плотность рисунка.

Поливы сельскохозяйственных культур по бороздам являются наиболее простым и доступным поверхностным способом увлажнения почв. Основным процессом, влияющим на увлажнение почвы и движение воды по ее поверхности, является впитывание, которое представляет собой сложное физическое явление неустановившегося движения воды в почве под действием гравитационных и капиллярных сил. Впитывание обычно больше на легких почвах, при рыхлом комковатом строении почв, после обработки поля, при большой глубине воды на его поверхности, при высоких температурах воды и почвы [1].

Под влиянием поливов впитывание почвы уменьшается вследствие уплотнения почвы, уменьшения активной порозности, а также при наличии уплотненного подпахотного горизонта почвы.

Процесс впитывания воды из борозд более сложен, т. к. слои почвы имеют разную водопроницаемость. Впитывание в откосы борозды идет интенсивнее, чем в дно: в песчаных и супесчаных почвах в 1,2... 1,7 раза; в суглинистых — в 1,75... 2,5 раза. Это объясняется большой свободой действия капиллярных сил и независимым оттоком воздуха из почвы в сторону от борозды.

Закономерности впитывания воды в почву изучаются давно, предложено много расчетных схем и моделей, но ввиду сложности процесса теоретически трудно показать его количественную сторону с учетом взаимодействия всех факторов. Совместное влияние их еще не до конца изучено. Но, несмотря на это, в производственных условиях полив по бороздам получил наибольшее распространение, что объясняется рядом преимуществ:

- при поливах по бороздам происходит капиллярное смачивание почвы водой, которое лучше сохраняет ее комковатую структуру;

- допускается рыхление почвы, обеспечивающее аэрацию и улучшение протекания нитрификационных процессов;

- появляется возможность полива необходимыми поливными нормами;

- уменьшаются потери воды на испарение.

Вместе с тем, полив по бороздам имеет и недостатки, среди которых необходимо отметить существенные потери воды на сбросы на полях с большими уклонами и на малопроницаемых почвах, низкий коэффициент использования воды, неравномерность увлажнения орошаемого поля. Согласно результатам исследований учеными [2] установлено, что при поливе по бороздам из временного оросителя вода теряется:

- на фильтрацию и испарение 15–20%;

- на сброс, глубинные утечки и испарение 20–40%, в том числе из-за неодновременного распределения по фронту полива до 8%; переполивов по организационным причинам 5%.

Вследствие названных недостатков уменьшается урожайность выращиваемых культур, что влечет увеличение стоимости сельскохозяйственной продукции. Одновременно возникает угроза неравномерного увлажнения почвы борозд, которое, в конечном итоге, отражается на качестве продукции.

Равномерность распределения поливной нормы по длине борозды, протяженностью 100–200 м, изменяется в пределах 0,5–0,7, что приводит к недобору урожая от 2 до 15% на недополитой площади. При поливе по длинным бороздам (300–400 м) равномерность увлажнения почвы принимает еще меньшие значения [3].

С целью достижения равномерности увлажнения почвы орошаемого поля расход воды, подаваемый в борозды, увеличивают. Т.е. чтобы струя добежала до конца борозды подается повышенный расход воды. При этом лишняя вода собирается в конце борозды,

а затем сбрасывается водосборно-сбросной сетью. Одновременно, надо иметь в виду, что в Казахстане и странах Средней Азии с каждым годом острее встает вопрос дефицита водных ресурсов и проблема бережного использования воды при поливах особенно актуальна. Поэтому над этой проблемой уже много лет работают ученые многих стран.

Для равномерного распределения воды в бороздах, а также повышения производительности труда при поливе И. А. Безуевский и А. В. Шуравилин предлагают использовать передвижные поливные агрегаты ППА-165 и ППА-165У. С помощью поливных шлангов полив производится по поперечной схеме, при этом сменная производительность поливальщика увеличивается на 2–3 гектара [4].

Академик Б. А. Шумаков для уменьшения сброса лишней воды при поливе по бороздам, предложил регулировать расход воды, подаваемый в борозду. При этом в борозду подается первоначальный расход воды до тех пор, пока струя не добежит до конца борозды. После чего расход уменьшается и, чтобы не усложнять процесс полива, данный отрегулированный расход подается в борозду до полного увлажнения почвы борозды.

Согласно исследованиям ученых, посредством регулирования расхода воды, подаваемого в борозду, уменьшается количество сбросной воды и почва борозды равномерно увлажняется. Однако, при этом продолжительность полива увеличивается.

Для увлажнения большими поливными нормами на малопроницаемых почвах с недостаточно выровненной поверхностью применяют полив по бороздам-щелям. От обычных борозд они отличаются тем, что ниже дна борозды нарезают узкую щель шириной 3,5 см, глубиной около 17 см, тогда общая глубина борозд со щелями составляет порядка 35...40 см. Смоченный периметр таких борозд по сравнению с обычными бороздами увеличивается в 2,5 раза, поэтому водопроницаемость почвы значительно возрастает. Борозды-щели нарезают навесным бороздоделом-щелерезом, расход воды в борозде составляет 2–2,5 л/с, производительность труда поливальщиков повышается.

Практика показала, что в этом случае коэффициент равномерности увлажнения повышается до 0,8–0,9, а потери расхода на сброс лишней воды составляют 5% от величины первоначального расхода [3].

Согласно исследованиям полива по бороздам, имеющим в верхней части параболическое сечение с прикатанным дном, а в нижней части — трапецеи-

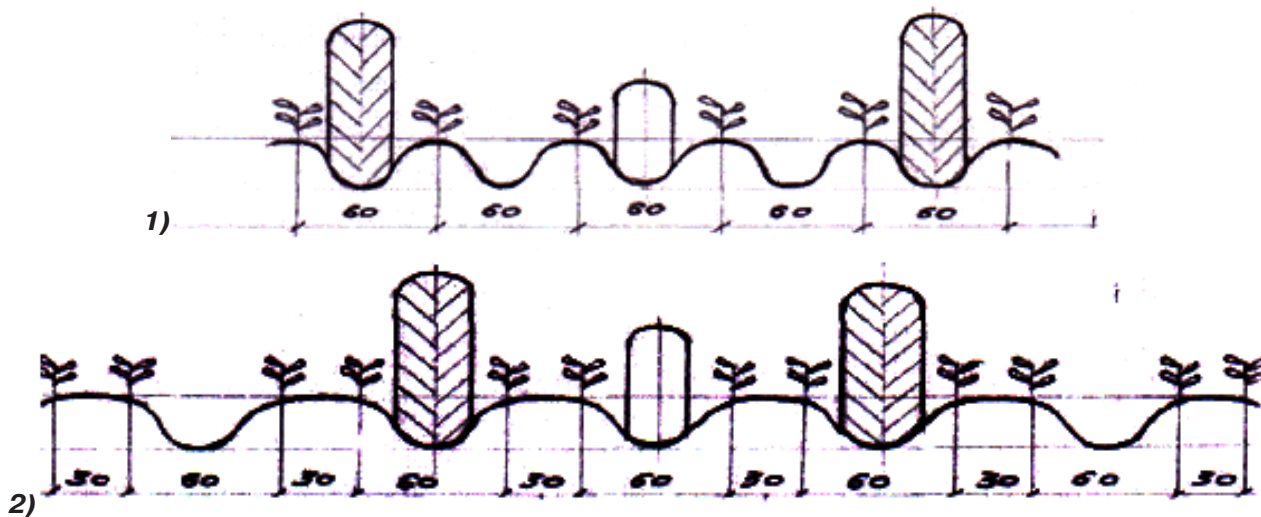
дальное без прикатки, коэффициент равномерности полива нормой с добеганием струи в среднем составил 0,4. Для повышения коэффициента равномерности до 0,7–0,8 проводились поливы со значительным поверхностным сбросом, в этом случае величина сброса составила более 15–20%.

В Австралии проведены экспериментальные опыты по орошению хлопка по бороздам. В результате исследований выяснено, что при увеличении продолжительности полива с 4 до 16 часов аэрация почвы ухудшается, как следствие выход волокна снижается на 8% в результате уменьшения количества коробочек с единицы площади. Ссылаясь на полученные результаты, авторы делают вывод, что уменьшение длительности полива ведет к улучшению аэрации почвы, вследствие чего урожайность хлопка увеличивается [5].

В растениях при недостатке воды процесс гидролиза превосходит синтез, транспирация и ассимиляция резко снижаются, происходит потеря органиче-

ских веществ. Поэтому правильная подготовка почвы для выращивания растений, соответствующий уход за ними в вегетационный период, своевременная защита растений от вредителей, контроль плодородия почвы, необходимого для выращивания культур, соблюдение особенностей режима орошения — это мероприятия, без которых невозможна интенсивная технология возделывания сельскохозяйственных культур, приводящая к высоким показателям.

В настоящее время при поливе по бороздам при среднем уклоне поля  $i=0,002 \dots 0,01$  и уклоне больше среднего (косогорные местности)  $i>0,01$  невозможно соблюдение вышеназванных требований. На полях с большим уклоном невозможна посадка растений по схеме с междурядьем 90 см, потому что усложняется равномерность увлажнения почвы борозд, резко увеличиваются расход воды и продолжительность полива. На таких наклонных участках рекомендуется посадка сельскохозяйственных культур с рядами 60 см или по схеме 60х30 см (рисунок 1).



1) междурядье 60 см; 2) междурядье 60х30 см

Рисунок 1. Схема размещения колес почвообрабатывающего агрегата

Как видно из рисунка 1, при работе трактора на поле задние его колеса по сравнению с передними больше уплотняют почву междурядий, а почва борозд, расположенных между колесами, совсем не уплотняется. По этой причине водопроницаемость почвы разных борозд будет различной, соответственно скорость движения воды в бороздах, а также время добегания струи в конец борозды разные.

Для устранения вышеназванных недостатков выявлена необходимость совершенствования обрабатывающего агрегата путем разработки нового рабочего органа. По результатам исследований, а также согласно практическим данным, для достижения равномерности увлажнения почвы борозд при поливе поля мы

предлагаем следующий экспериментальный рабочий орган (рисунок 2).

Конструкция предлагаемого рабочего органа, заменяющего окучник, очень проста и не требует сложных работ. Он представляет собой колесо, одетое в литую резину с выбитым рисунком (зигзаг-узором), которое при прохождении в борозде будет оставлять след. Причем колеса будут иметь разную плотность рисунка на резине. Если в рисунке выделить шаг (зигзаг-узор), то резина колес будет выполняться с тремя шагами плотности рисунка:

- с 1-кратным шагом (без зигзага, прямая линия);
- с 1,5-кратным шагом (редкий зигзаг-узор);
- с 2-кратным шагом (частый зигзаг-узор).



Рисунок 2. Схема размещения экспериментального рабочего органа в бороздах

Агрегат, оснащенный дополнительными пятью колесами, расположенными по его ширине, будет оставлять в бороздах соответственно три типа следа. Два крайних колеса, проходящие путь за задними колесами трактора, будут иметь 2-кратный шаг плотности рисунка на резине, потому что почва этих борозд сильнее уплотнена под действием задних колес трактора. В борозде, где проходит переднее колесо трактора, устанавливается дополнительное колесо с 1,5-кратным шагом по причине меньшего уплотнения почвы этой борозды. В промежуточных бороздах, где не проходят колеса трактора, устанавливаются колеса с 1-кратным шагом плотности рисунка, которые оставляют след в виде прямой линии.

Согласно предложенной технологии полива на косогорной местности вода одновременно подается во все борозды. При этом, она будет двигаться в бороздах по траектории следа, оставленного резиной дополнительного колеса. Так, по следу, оставленному колесом с 2-кратным шагом плотности рисунка, струя будет двигаться долго, т. к. ее путь искусственно удлинен; по следу колеса с 1,5-кратным шагом плотности рисунка путь воды будет короче, а самым коротким будет путь по следу колеса с 1-кратным шагом плотности рисунка. Таким образом, орошаемая вода, двигаясь по выбитому следу, оставленному дополнительным колесом, будет преодолевать различный путь в бороздах, но в конец разных борозд дойдет одновременно. Это позволит почве борозд равномерно

увлажниться, к тому же длительность пуска воды в борозды уменьшится, соответственно уменьшится и подаваемый на полив расход воды.

В заключение, учитывая результаты работы культиватора с новым рабочим органом, отметим его преимущества:

- почва борозд равномерно увлажняется;
- борозды не обваливаются и земля борозд, а также внесенные удобрения не смываются;
- использование различных шагов плотности рисунка на литой резине дополнительных колес, оставляющих след в бороздах, уменьшает скапливание сбросной воды в борозде;
- подаваемая на полив вода одновременно достигает конца борозды, что сокращает расход воды и длительность полива;
- обеспечивается полное насыщение растений водой, что приводит к хорошему урожаю.

С учетом вышесказанного, при поливах по бороздам на косогорной местности в производственных условиях рекомендуется использование культиватора, оснащенного предложенным рабочим органом в виде дополнительных колес с различными шагами плотности рисунка на резине. Следует также отметить, что при использовании данной технологии бороздкового полива появляется возможность посадки растений по традиционной схеме с междурядьем 90 см, которое улучшает фитосанитарное состояние посадок и повышает эффективность использования техники.

#### Список литературы:

1. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации/Под ред. Е. С. Маркова. М.: Колос, 1981. – 375 с.
2. Ермаганбет А. Ж., Джакешов К. С., Иманбаев К. К. Орошаемое земледелие и их анализ в Республике Казахстан//Материалы 7-й международной научно-практической конференции «Achievementofhighschool», 17–25 November, 2011.
3. Безбородов Ю. Г. Теоретическое обоснование и практическая реализация полива пропашных культур по экранированным бороздам. Дис. ... докт.техн.наук: 06.01.02. – М., 2010. – 331 с.
4. Ольгаренко Г. В. Стратегия научно-технической деятельности по разработке новой техники для орошения при реализации программы развития мелиорации//Мелиорация и водное хозяйство, 2011. – № 6. – С. 5–8.
5. Ахмеджанов М. А., Манабаев Н. Т. Заравнивание временного оросителя//Сельское хозяйство Узбекистана, 1992. – С. 21–27.

*Cherenkova Tatiana Aleksandrovna, Savelyeva Natalia Nikolaevna,  
State Scientific Establishment I. V. Michurin All-Russian Research Institute Genetics  
and Breeding of Fruit Plant, scientific worker of laboratory of physiology  
and biotchemistry; leading researcher of the laboratory of genofund  
E-mail: kazaevami1966@yandex.ru*

## **Biochemical composition of scab immune apple varieties under the circumstances of Black Soilzone of Russia**

**Abstract:** the paper gives data on investigation of biochemical compounds of scab immune apple varieties. We managed to single out highly vitaminous varieties which do not demand pesticide application. These varieties are recommended for obtaining of natural foods of organic origin.

**Keywords:** apple tree, biochemical composition, immune varieties, changeability.

*Черенкова Татьяна Александровна, Савельева Наталия Николаевна,  
ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт генетики  
и селекции плодовых растений им. И. В. Мичурина, научный сотрудник лаборатории  
физиологии и биохимии, ведущий сотрудник лаборатории генофонда  
E-mail: kazaevami1966@yandex.ru*

## **Биохимический состав плодов иммунных к парше сортов яблони пригодных для получения натуральных высоковитаминных продуктов питания**

**Аннотация:** в статье приводятся данные по изучению биохимического состава иммунных к парше сортов яблони. Выделены высоковитаминные сорта, не требующие применения пестицидов. Предназначенные для получения натуральных продуктов питания органического происхождения.

**Ключевые слова:** яблоня, биохимический состав, иммунные сорта, изменчивость

Фактором, значительно снижающим продуктивность яблони, является действие абиотических и биотических стрессоров. В связи с этим, создание сортов нового типа с генетической устойчивостью к болезням (парша), комплексом хозяйственно-ценных признаков, пригодных для интенсивных технологий выращивания, является приоритетным направлением селекции яблони.

На основе доноров моногенной (ген Vf) и полигенной устойчивости созданы новые высокопродуктивные, зимостойкие, иммунные к парше и с высоким качеством плодов сорта яблони: Благовест, Былина, Красуля, Скала, Чародейка, Успенское, Флагман, Фрегат [1,9;2,15;3,17].

Питательную и биологическую ценность плодов яблони во многом определяет биохимический состав. Степень генетической обусловленности различных биохимических признаков неодинакова [1,21]. По содержанию витамина С в плодах доля генотипической составляющей в общей изменчивости признака колеблется от 33 до 77%, а растворимых сухих веществ - от 17 до 76% [4,7;5,12;6,125]. Высокая фенотипическая изменчивость сортов яблони по содержанию аскор-

биновой кислоты в меньшей степени зависит от генотипа, а в большей - от внешних факторов. Содержание растворимых сухих веществ, Р-активных соединений и титруемых кислот в плодах также подвержено определенному варьированию в зависимости от внешних условий, но эти признаки характеризуются большей генетической обусловленностью.

Анализ биохимического состава иммунных к парше сортов яблони показал, что они существенно различаются между собой по содержанию витамина С, Р-активных веществ, а также растворимых сухих веществ и сахаров.

По средним многолетним данным, высокое содержание витамина С (мг/100 г) накапливают сорта селекции ВНИИГиСПР им. И. В. Мичурина Успенское (20,5), Красуля (21,1), Флагман (21,7), Юбиляр (22,0) и Скала (24,7). У большей части изученных сортов отмечено среднее (15 мг/100 г) содержание в плодах аскорбиновой кислоты. Из сортов этой группы несколько выше этот показатель у сортов Свежесть (19,1), Болотовское (17,9), Фрегат (17,8), Орловим (17,6), Солнышко (17,2), Чистотел (17,2). Былина (16,7). Имрус (15,6), Орловский пионер (15,4)

и форм 25–10 (19,1), 25–8 (18,2), 17–30 (11) (16,7), 25–12 (15,8), 25–33 (15,8), а сорта Старт, Афродита, Кандиль орловский, Юбилей Москвы, Строевское накапливают в плодах от 9 до 13 мг/100 г витамина С.

Низкое содержание аскорбиновой кислоты в плодах (менее 10 мг/100 г) у сортов отечественной селекции имеют Первинка, Веняминовское, а зарубежной-PR12 Т67, 1924, Гевин, Флорина, Присцилла, Либерти, ВМ 41497, витаминность зарубежных иммунных к парше сортов яблони Либерти и Флорины в южной зоне садоводства в 1,4–2,1 раза меньше, чем в Центрально-Черноземном регионе России [7,18;8,27;9,16].

Выявлены не только межсортовые различия по содержанию в плодах витамина С, но и значительное варьирование этого признака по годам. К сортам с незначительной изменчивостью содержания аскорбиновой кислоты в плодах, с коэффициентом вариации (Сv) до 10%, относятся Скала, Юбилей Москвы, Старт, Былина, элита 25–10 и др. Значительной изменчивостью по этому признаку, с коэффициентом вариации более 20%, отмечены сорта Болотовское (23,2), Успенское (26,5), Свежесть (28,5), Курнаковское (28,7), Веняминовское (30,4), Кандиль орловский (37,3), Строевское (42,7). Иммунные сорта отличались незначительной вариабельностью по годам. У сорта Флорина содержание витамина С колебалось от 8,8 до 9,7 мг/100 г, Либерти-8,8 до 10,5 мг/100 г, Присцилла-9,1 до 9,7 мг/100 г.

Высокое содержание витамина С в плодах отмечено у интродуцированных сортов Юбилей, Свежесть. Болотовское а низкое — у Веняминовского и Первинки. Однако в целом по изученным сортам отмечено более высокое накопление аскорбиновой кислоты в плодах в условиях Мичуринска, чем в Орле, хотя по большинству генотипов эти показатели находились в пределах варьирования отмеченного признака по годам.

Изученные иммунные к парше сорта имеют существенные различия по содержанию в плодах Р-активных катехинов с варьированием этого показателя от 46,0 (PR 12 Т67) до 298,7 мг/100 г (Кандиль орловский). В группу сортов с высоким содержанием Р-активных катехинов (более 250 мг/100 г) из сортов отечественной селекции вошли Имрус (251,0), Кандиль орловский (298,7), а зарубежной-.814 (264,0) и ВМ 41497 (270,0).

Сорта Скала, Успенское, Свежесть, Болотовское, Чистотел, Былина, Благовест, Юбилей Москвы, Орловский пионер, Прайм содержали в плодах

от 150 до 250 мг/100 г катехинов. Менее 150 мг/100 г Р-активных катехинов в плодах накапливали отечественные сорта Юбиляр, Красуля, Фрегат, Орловим, Флагман, Солнышко, Орловское полесье, Курнаковское, Строевское, Афродита, Старт, Первинка, Веняминовское и формы 25–8, 17–30 (11), 25–12, 14–10 (11) и зарубежные-Гевин, Флорина, Присцилла, Либерти.

Значительно ниже содержание в плодах Р-активных катехинов (менее 100 мг%) наблюдается у зарубежных форм PR12 Т67, SR0523, 1924.

Содержание в плодах Р-активных катехинов зависит не только от генотипических особенностей сорта, но и от складывающихся погодных условий, и подвержено значительной вариабельности по годам, о чём свидетельствуют сравнительно большие значения коэффициента вариации, достигающие 40 и более процентов.

Растворимые сухие вещества, которые представлены в плодах главным образом сахарами, играют важную роль в формировании вкусовых достоинств плодов и их пригодности для переработки. Между содержанием сахаров и растворимых сухих веществ существует тесная корреляционная зависимость ( $r=+0,74$ ). В этой связи отбор генотипов на высокую сахаристость можно вести по содержанию в них сухих веществ [9,14].

Повышенным содержанием растворимых сухих веществ в плодах (более 15%) характеризуются сорта Флагман, Успенское, Былина и формы 25–12, 1924. У большей части изученных сортов отмечено среднее (12–15%) содержание растворимых сухих веществ.

Выявлено незначительное варьирование по годам признака содержания в плодах растворимых сухих веществ, о чём свидетельствуют невысокие коэффициенты вариации (до 10%) у большинства изученных сортов.

Анализ содержания сахаров в плодах иммунных к парше сортов яблони показал, что в среднем у них накапливается около 10–11% этих веществ, при минимальном содержании 9,4 (PR12 Т67) и максимальном- 14,6% (форма 25–12). В группу сортов и форм со средним содержанием сахаров (до 10%) вошли Веняминовское (8,9), Орловский пионер (9,1), Первинка (9,9), Чистотел (9,8), 25–10 (9,8), Юбилей Москвы (10,0), а также SR0523 (9,7). Высокое содержание сахаров в плодах (более 11%) отмечено у отечественных сортов Былина, Орловим, Болотовское Фрегат, Флагман, Успенское, Скала, Курнаковское и зарубежных- Присцилла, Либерти. Другие зарубежные иммунные к парше сорта яблони (Прайм, Гевин,

Флорина) накапливали в плодах около 10% сахаров. Подобная закономерность по содержанию сахаров в плодах устойчивых к парше сортов яблони (Джонаффри, Редкрафт, Топаз, Фридом) отмечена и в условиях Беларуси, где накапливалось от 9 до 10% этих веществ [10,17].

Из новых форм по содержанию сахаров особенно выделяется элита 25–12, в плодах которой накапливается 14,6% сахаров.

Вариабельность признака содержания сахаров в плодах иммунных к парше сортов яблони в различные годы неодинакова. В наименьшей степени изменялся этот признак по годам у сортов Скала, Строевское, Успенское, Курнаковское, Старт и форм 14–10 (111), 13–28 (111), 25–10, о чём свидетельствуют низкие значения коэффициента вариации (1,36–8,4%).

Иммунные к парше сорта яблони различаются и по содержанию в плодах титруемых кислот с варьированием этого показателя по сортам от 0,35% (Болотовское) до 0,92% (Скала). Этот признак также подвержен изменчивости по годам с высоким значением коэффициента вариации от 22,8 до 31,3%, особенно

у сортов Успенское, Скала, Строевское, Старт.

Вкус плодов определяется не только содержанием в плодах сахаров и титруемых кислот, но в значительной степени зависит от сахарокислотного индекса. Наиболее гармоничным вкусом характеризуются сорта с СКИ 15–25 [10,12]. У большей части изученных иммунных к парше сортов яблони сахарокислотный индекс находился в указанных пределах. У сортов Скала, Имрус, Солнышко. Орловский пионер, Прайм отношение сахара к кислоте не превышало 15, у сорта Болотовское было более 30.

Снижение пестицидной нагрузки при выращивании сортов яблони с генетической устойчивостью к парше позволяет получать плоды более высокого качества, которые наряду с потреблением в свежем виде, являются сырьём для переработки, для получения натуральных продуктов питания с высоким содержанием БАВ, в том числе витаминов. Используя натуральный природный витаминно-минеральный комплекс плодовых культур можно смоделировать продукты питания с заданными параметрами биохимического состава, имеющие определённую функциональную направленность.

#### Список литературы:

1. Савельев Н. И. Генетические основы селекции яблони. – Мичуринск, 1998.
2. Савельев Н. И. Развитие научного наследия И. В. Мичурина по совершенствованию сортимента семечковых культур. – Орёл, 2005.
3. Савельев Н. И. Создание новых сортов плодовых культур с генетической устойчивостью к болезням, высоким содержанием витаминов. пригодных для получения продуктов питания функционального назначения. – Барнаул, 2007.
4. Вартапетян В. В. Селекция яблони на повышенное содержание биологически активных веществ. – Орёл, 1981.
5. Седов Е. Н., Седова З. А. Перспективы селекции яблони на улучшение химического состава плодов. – Орёл, 1985.
6. Седов Е. Н., Макаркина М. А, Н. С. Левгерова. Биохимическая и технологическая характеристика плодов генофонда яблони. – Орёл, 2007.
7. Дорошенко Т. Н., Остапенко В. И., Рязанова Л. Г. Формирование качества плодов в насаждениях Северного Кавказа. – Краснодар, 2006.
8. Халилов Б. Х. Подбор сорто-подвойных комбинаций для сокращения неплодоносного периода яблоневого насаждения в горной зоне Северного Кавказа. – Нальчик, 2006.
9. Седов Е. Н., Жданов В. В., Седова З. А. Селекция яблони. – М., 1989.
10. Козловская З. А. Химико-биологическая оценка высокоустойчивых к парше гибридов и сортов яблони. – Самохваловичи, 2006.

## Section 10. Technical sciences

### Секция 10. Технические науки

*Artuschenko Vladimir Mikhailovich,  
Financial and Technological academy, Russia, Korolev,  
doctor of technical sciences, professor, head of information technology  
and management systems department  
E-mail: artuschenko@mail.ru*

*Kuchеров Boris Alekseyevich,  
Financial and Technological academy, Russia, Korolev,  
post-graduate student, information technology and management systems department  
E-mail: boris.ku4erov@gmail.com*

#### **Modeling transmission rate of ground stations when working as part of a meshed network**

**Abstract:** Issues of analysis of evaluating the effectiveness of methods to adjust rate of the ground stations of satellite communication links when working as part of a meshed network are considered. Calculations of noise immunity coefficient for different values of transmission speed and reactance factor are performed, their results have been analyzed. It is shown that the rate of different communication directions working in the same band should be chosen such as to ensure strength balance of these directions from interference at the input relay these signals in the band.

**Keywords:** satellite communication network, ground station, noise immunity, spacecraft, repeater, transmission rate

*Артюшенко Владимир Михайлович,  
Финансово-технологическая академия, Россия, Королев,  
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой  
информационных технологий и управляющих систем  
E-mail: artuschenko@mail.ru*

*Кучеров Борис Алексеевич,  
Финансово-Технологическая Академия, Россия, Королев  
аспирант, кафедра информационных технологий и управляющих систем  
E-mail: boris.ku4erov@gmail.com*

#### **Моделирование скорости передачи информации земных станций при работе в составе узловой сети**

**Аннотация:** Рассматриваются вопросы, связанные с осуществлением анализа оценки эффективности методов регулирования скорости работы земных станций линий спутниковой связи при их работе в составе узловой сети. Выполнены расчеты коэффициента помехозащищенности для различных значений скорости передачи и добротности, проведен анализ их результатов. Показано, что скорость в различных направлениях связи, работающих в одной полосе, должна выбираться такой, чтобы обеспечить равнопрочность этих направлений от воздействия помех по входу ретранслятора в полосе этих сигналов.

**Ключевые слов:** сеть спутниковой связи, земная станция, помехозащищенность, космический аппарат, ретранслятор, скорость передачи.



Наиболее сложной задачей регулирования мощностей земных станций (ЗС) и скорости их работы с целью повышения эффективности системы спутниковой связи является задача регулирования при работе их в стволе с прямой ретрансляцией, так как в данном случае на эффективность использования энергии ретранслятора (РТР) влияет много факторов [1]. Это и отбор мощности РТР сильной в энергетическом отношении станцией, подавление мощной помехи сигналов ЗС, различные амплитудно-модулированные и фазомодулированные (АМ-ФМ) преобразования, непосредственное взаимное влияние станций друг на друга при перекрытии спектров их сигналов.

Отношение энергии сигнала к спектральной плотности мощности помехи на входе приемника любой линии спутниковой связи, работающей через один ствол с другими линиями в режиме с прямой ретрансляцией (ПР), зависит от параметров этих линий и многих других факторов, обусловленных взаимодействием сигналов в РТР, и в общем случае является случайной величиной [1].

При работе в стволе одной узловой сети организовать регулирование параметров радиолинии с целью повышения ее эффективности, возможно, так как узловая ЗС (УЗС) имеет канал управления, по которому может осуществлять контроль за режимами работы оконечных ЗС (ОЗС) и регулировать их мощность и скорость передачи [1–3]. Кроме того, УЗС имеет, как правило, возможность принимать свой передаваемый сигнал, так как обычно работает в одной зоне

с ОЗС [2, 4]. Следовательно, в этом случае возможен не только косвенный контроль за параметрами радиолинии, но и непосредственное измерение параметров сигнала на выходе РТР.

Аналогичное управление параметрами радиолинии возможно при работе в стволе нескольких узловых сетей и если они имеют связь с приемо-передающим центром (ППЦ) по информационным каналам или по каналу управления [5–8]. При этом ППЦ, как правило, также может наблюдать сигнал с выхода РТР [8–9]. Централизованное регулирование, если оно возможно, является наилучшим, так как обеспечивает большую точность и минимальное время адаптации.

Для более строгого и детального обоснования высказанных выше соображений, проведем оценку эффективности методов регулирования скорости работы ЗС.

Как известно, помехозащищенность линий связи с использованием сигнальных методов помехозащиты достигается за счет увеличения базы сложного сигнала

$$B = W_s / C, \quad (1)$$

где  $W_s$  — полоса частот широкополосного сигнала (ШПС);  $C$  — скорость передачи информации.

При заданной полосе частот ШПС  $W_s$  базу сложного сигнала  $B$  можно увеличить только за счет уменьшения скорости передачи информации  $C$ . Воспользовавшись результатами полученными в работе [1], в результате проведенного моделирования была получена зависимость помехозащищенности  $q$  по входу ретранслятора (РТР) направления связи с ШПС от скорости передачи информации  $C$ , представленная на рис. 1.

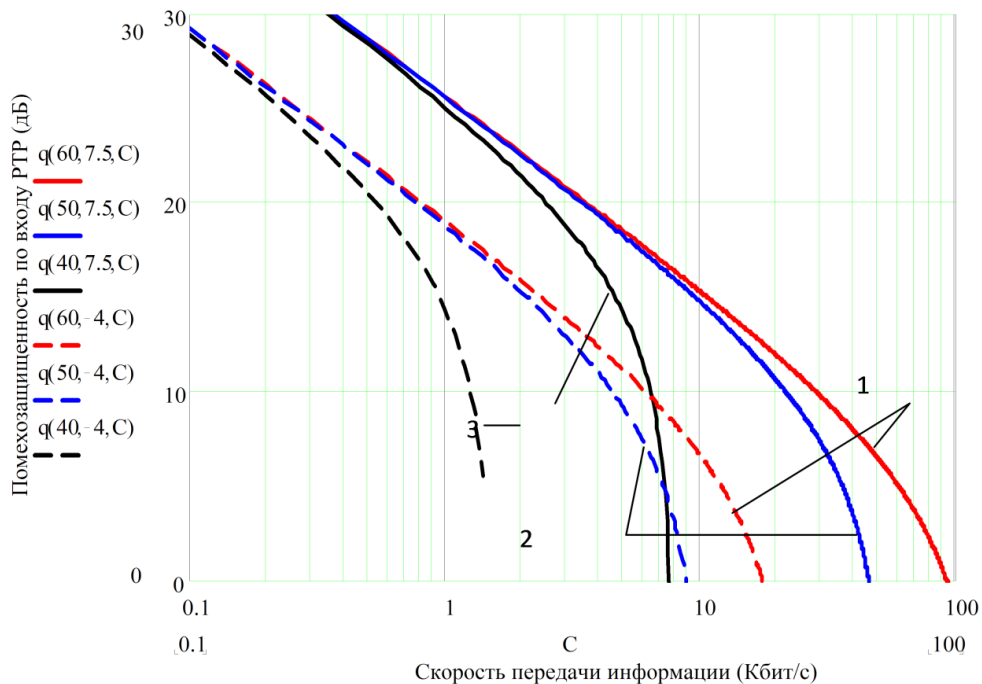


Рис. 1. Зависимость помехозащищенности по входу РТР от скорости передачи информации при работе одной станции

Сплошные кривые рассчитаны для средних станций с добротностью антенн  $(G/T)_{зс} = 7,5$  дБ/К, а пунктирные для малых станций с  $(G/T)_{зс} = -4$  дБ/К. При этом кривые 1 показывают относительную помехозащищенность (ПЗ) для станций с эффективной изотропно-излучаемой мощностью (ЭИИМ)  $(PG)_{зс} = 60$  дБВт, кривые 2 —  $(PG)_{зс} = 50$  дБВт и кривые 3 —  $(PG)_{зс} = 40$  дБВт.

Здесь  $G$  — эффективное усиление по мощности антенны ЗС;  $T$  — эффективная шумовая температура всего внешнего блока приемного устройства ЗС;  $P$  — мощность сигнала ЗС на входе РТР.

Из представленных графиков видно, что увеличение скорости передачи информации  $C$  за счет снижения ПЗ целесообразно лишь до некоторого предела, после которого ПЗ начинает снижаться более быстро. Предел увеличения скорости передачи информации зависит от энергетики линии и определяется воздействием внутренних шумов РТР.

При воздействии помехи еще и по входу земной станции (ЗС) пропускная способность данной линии связи падает, поэтому уменьшаются пределы регулирования скорости передачи информации за счет помехозащищенности  $q$  по входу РТР. Однако и в этом случае увеличение скорости за счет снижения ПЗ целесообразно лишь до некоторого предела. Данные предел

можно задать в виде допустимого отклонения уменьшения ПЗ при увеличении скорости передачи информации от линейного (пропорционального) закона.

При работе в составе узловой сети станции оказывают мешающее воздействие друг на друга. Мощность взаимных помех в обоих направлениях рассчитывается по формулам [1]:

— при работе  $N$  одинаковых узловых сетей отношение мощности помехи от других ЗС к мощности узловой ЗС (УЗС) в одном направлении связи:

$$v_{1узс} = 4N [1 + 4 (PG_{озс} / PG_{узс})] - 1. \quad (2)$$

— отношение мощности помехи других ЗС к мощности какой-либо оконечной ЗС (ОЗС):

$$v_{1озс} = N [4 + (PG_{узс} / PG_{озс})] - 1. \quad (3)$$

Как видно из (2) и (3), мощность взаимных помех в обоих направлениях зависит от ЭИИМ ЗС  $(PG)_{зс}$  и их числа  $N$ .

На рис. 2 показаны зависимости ПЗ в направлении УЗС-ОЗС (сплошные кривые) и в направлении ОЗС-УЗС (пунктирные кривые) от скорости передачи информации в них. Расчеты проводились для одной узловой сети, состоящей из 4 станций, (кривые 1), для 10 таких же сетей — (кривые 2) и 20 сетей — (кривые 3) с ЭИИМ УЗС  $(PG)_{зс} = 75$  дБВт и ЭИИМ ОЗС  $(PG)_{зс} = 65$  дБВт с одинаковой добротностью  $(G/T)_{зс} = 7,5$  дБ/К.

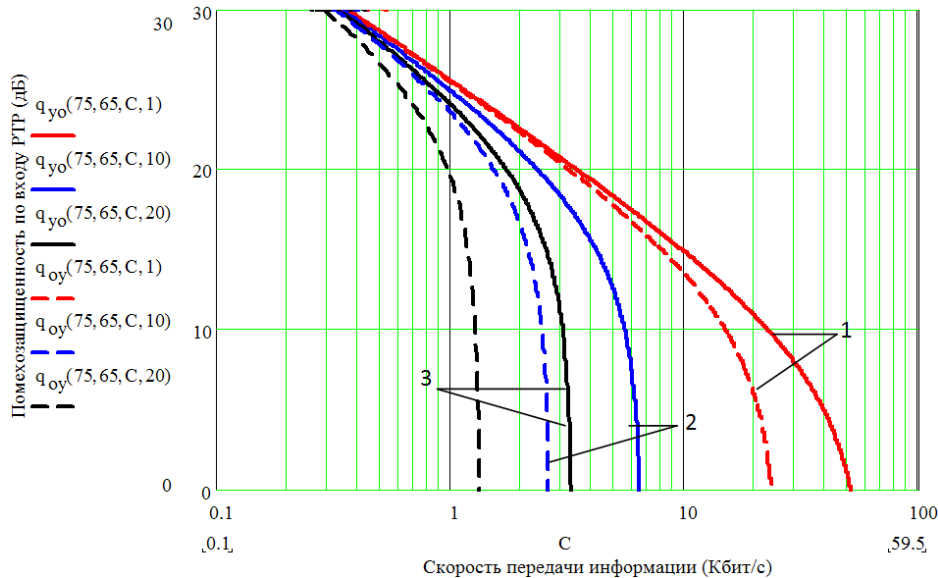


Рис. 2. Зависимость помехозащищенности от скорости передачи информации станций узловой сети

Как видно из представленных на рисунке графиков, при выбранных значениях ЭИИМ ЗС и одинаковой относительной помехозащищенности, скорость передачи информации  $C$  в направлении УЗС-ОЗС выше, чем в направлении ОЗС-УЗС, т. е. имеет место неравнопрочность направлений связи. Также как

и в предыдущем случае, в процессе увеличения скорости передачи информации после некоторого ее значения происходит резкое уменьшение помехозащищенности  $q$ . Однако в данном случае резкое уменьшение ПЗ объясняется воздействием помех от других станций, работающих в этой же полосе.

По результатам проведенных расчетов можно сделать вывод, что в узловой сети скорость передачи информации в обоих направлениях нужно выбирать еще и с учетом равнопрочности этих направлений по отношению к воздействию помехи по входу РТР. Например, если на вход РТР воздействует помеха с ЭИИМ  $(PG)_{\text{зс}} = 80$  дБВт, то скорости передачи в обоих направлениях связи нужно выбрать такими, чтобы в направлении УЗС-ОЗС обеспечить относительную ПЗ 11 дБ, в направлении ОЗС-УЗС – 15 дБ.

При работе ЗС с полосой сигнала меньшей ширины полосы пропускания ствола РТР наличие помехи в стороне сигнала уменьшает общую пропускную способность ствола, не изменяя характер изменения ПЗ при регулировании скорости передачи информации. Поэтому и в этом случае необходимо выбирать скорость передачи информации исходя также и из соображений равнопрочности

направлений связи от помехи по входу РТР в полосе сигналов ЗС.

Таким образом, регулирование скорости передачи информации в линиях спутниковой связи с прямой ретрансляцией сигналов позволяет увеличить пропускную способность системы связи в условиях, когда на систему могут действовать преднамеренные или непреднамеренные помехи различной мощности, не превышающей значений максимальной помехозащищенности. При этом увеличение скорости передачи информации должно осуществляться до определенного предела, после которого уменьшение помехозащищенности становится более быстрым. Кроме того, скорость в различных направлениях связи, работающих в одной полосе, должна выбираться такой, чтобы обеспечить равнопрочность этих направлений от воздействия помех по входу РТР в полосе этих сигналов.

#### Список литературы:

1. Артюшенко, В.М. Современные направления развития корпоративных сетей спутниковой связи [Текст]/В.М. Артюшенко, Т.С. Аббасова, Б.А. Кучеров//Двойные технологии. – 2014. – № 3 (68). – С. 67–72.
2. Спутниковые системы связи и вещания. Ежегодник 1997/1998. Научно-техническое, справочно-аналитическое издание. – М.: Предприятие редакции журнала Радиотехника, 1997. – 592 с.
3. Артюшенко В.М. Адаптивная регулировка мощности, скорости и помехозащищенности наземных станций системы спутниковой связи [Текст]/В.М. Артюшенко, Б.А. Кучеров//Высокие технологии, фундаментальные исследования, инновации: сб. статей XVII международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике». 22–23 мая 2014 года, Санкт-Петербург, Россия/Научные редакторы А. П. Кудинов, М. А. Кудинов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – С. 12–15.
4. Morgan, W.L. Business Earth Station For Telecommunication/W.L. Morgan, D. Rouffet//WILEY Series in Telecommunication. – 1988. – 234 с.
5. Артюшенко, В.М. Информатизация управления группировкой космических аппаратов [Текст]/В.М. Артюшенко, Б.А. Кучеров//Прикладная информатика. – 2013. – № 6 (48). – С. 6–14.
6. Артюшенко, В.М. Организация информационного обмена между элементами наземного комплекса управления группировкой космических аппаратов [Текст]/В.М. Артюшенко, Б.А. Кучеров//Прикладная информатика. – 2014. – № 1 (49). – С. 33–43.
7. Людвиг, В.А. Оптимальное управление скоростью передачи информации в нестационарных радиоперелиниях/В.А. Людвиг, А.М. Чуднов//Радиоэлектроника. – 1982. – Т. 25, № 4. – С. 83–84.
8. Артюшенко, В.М. Повышение оперативности бесконфликтного управления группировкой космических аппаратов в условиях ресурсных ограничений [Текст]/В.М. Артюшенко, Б.А. Кучеров//Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2013. – Т. 9. № 3. – С. 59–66.
9. Artuschenko, V.M. Optimization of parameters of ground station of satellite communication system [Text]/V.M. Artuschenko, B. A. Kucherov//European Science and Technology [Text]: materials of the VII international research and practice conference, Vol. II, Munich, April 23th – 24th, 2014/publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany, 2014. – pp.397–400.

## New building materials on the basis of various components

**Abstract:** The article deals with participation of metallic aluminum in caking of metal-ceramic composites based on kaolinite-montmorillonite clays. The article shows that chemical modification of clays and thermomechanical modification of aluminum component along with simultaneous dispersion made it possible to increase aluminum content in the composite up to 20%. Degree of chemical transformation of components at different thermal processing stages was assessed according to the X-ray phase analysis data.

**Key words:** caking, clays, aluminum, influence, properties.

**Introduction.** Production of high-strength materials is an up-and-coming approach to the solution of a wide range of problems in construction materials science. A way of solving this problem is to create composites in which the joint functioning of various constituents produces an effect equal to production of new material with properties different in amount and quality from the properties of each component [1–10].

Technologies of composite construction materials production develop in several directions. Composites produced on the basis of metal and non-metal components are one of such promising composite construction materials.

We suggest a technology for production of ceramic composite materials with high content of metal component using the method of semi-dry pressing with subsequent drying and heat-treatment [11–13].

**Method.** Materials based on ceramic matrix and aluminum filler were prepared by way of mixing modified components with subsequent pressing, drying and heat-treatment. The quality of molding depended on humidity of the filler and pressure of pressing. When humidity decreased and pressure increased, stratification of the samples could be observed due to elastic deformations, emerging after releasing the pressure and its removal from the mould. Optimal results were received at humidity of 6–7% and pressure 2–6 MPa.

**Main part.** One of the reasons of ceramic products break down at high temperatures is fissuring. Therefore introduction of metal component makes it possible to receive an interesting combination of the most important performance characteristics — high strength (including range of high temperatures), fatigue strength etc. Physicochemical processes and structural changes taking place in ceramic mixtures in the presence of metal during their production, modification and thermal processing affect the structure and properties of the produced material. Principal merits of such

composite materials are connected with high operation temperatures (which is typical for ceramics) along with simultaneous significant increase of strength properties.

Montmorillonite and kaolinite clays were used as a clay component in the process of new metal-ceramic composites development. Since the clay component particles surface has a defect structure, it is possible to complete their crystal structure with generating active centers, on which another material can be anchored afterwards.

Aluminum was chosen as a metal component, since it is relatively inexpensive and has good plasticity and yielding, and low melting temperature (660 °C). The developed composite differs fundamentally from those known before, since physicochemical reactions proceeding between aluminum and non-metal component during the heat treatment of the composite make it possible to produce material with targeted performance characteristics.

One of the major problems which occurred in the process of composite material production with this method was to achieve compatibility of hydrophilic clays and hydrophobic metal. It was necessary to complete two tasks: provide strong connection between components and prevent aluminum melting at heat treatment stage, since the latter oxidizes in the process of caking almost in any environment, and further sample consolidation depends among other factors on phase transformations of newly formed oxide. Clay surface activation by mechanical processing, thermal and chemical modification was conducted for provision of clays compatibility with metal component and development of single-phase structure of the produced composite [37]. Surfactants in the amount of 0,1–1% were added into clay in order to reduce hydrophobicity. Chemical modification of clays by ions  $Al^{3+}$  from water solutions and thermomechanical modification of aluminum component with simultaneous dispersion made it possible to increase the content of aluminum in the composite to 20%, avoiding at the same

time metals melting and structure remolding by layers of unstable aluminum oxide, reducing the temperature of liquid phase formation by 80–120 °C, and also displacing humps of viscosity curves to the area of lower temperatures. Introduction of small amounts of additives, which modify chemically both metal and clay, had a significant influence on interfacial energy reduction, and promoted a strong connection between chemically different particles through intermediate layer.

Table 1. – Ingredients of powders of aluminum, encapsulated in clay component

Mixture No.	Content in mixture,% weight		
	Glukhovtsy kaolin	Krasnaya Yaruga clay	Aluminum
1	50	–	50
2	–	50	50

Powders of aluminum, encapsulated in clay component, ingredients of which are given in the table 1, were prepared from Glukhovtsy kaolin, Krasnaya Yaruga clay and aluminum.

According to the results of differential thermal analysis of powders curve DTA of mixture 1 has one endothermic effect with minimum at 525 and one exothermic effect with maximum at 690 °C, and curve TG indicates weight reduction at a temperature of 525 °C, then small weight increase at a temperature of 690 °C. It shows that within the temperature range 400–600 °C kaolinite dehydrates with the formation of metakaolinite, and within the temperature range 670–710 °C moderate oxidation of aluminum with the formation of aluminum oxide takes place.

It is also confirmed by curves of X-ray phase analysis, which fix reflexes corresponding to phases of metakaolinite (at 1.55, 2.20, 2.66, 3.52, 3.97 Å), quartz (at 3.63 Å), aluminum (at 0.87, 0.92, 2.01 Å) and aluminum oxide (at 1.92, 2.39, 2.84, 4.24 Å).

Curve DTA of mixture 2 has two endothermic effects with minimums at 110, 620 and one exothermic effect at 690 °C, and curve TG indicates weight reduction at temperatures of 110 and 620 °C, then small weight increase at a temperature of 690 °C. Therefore, one can assume that in the presence of first two endothermic effects clay dehydration takes place, and the last effect correspond to oxidation of aluminum.

It is also confirmed by curves of X-ray phase analysis, which fix reflexes corresponding to phases of metakaolinite (at 2.20, 3.52, 3.97 Å), aluminosilicate spinel of  $Al_2Si_4O_{11}$  content (at 1.50, 4.42, 7.30 Å), quartz (at 2.12, 3.39, 3.63, Å), aluminum (at 0.87, 0.92, 2.01 Å) and aluminum oxide (at 1.92, 2.39, 2.84, 4.24 Å).

Therefore, structure of the produced aluminum powder, encapsulated in clay component, is represented by

Physicochemical processes, which proceed during heating of aluminum and clay component to 700 °C, were studied with the help of differential thermal and X-ray phase analysis. Simultaneous complex record of curves DTA, DTG, TG and T helped to define the beginning and termination of processes proceeding in mixtures. Degree of chemical transformation of components at different thermal processing stages was assessed according to the X-ray phase analysis data.

aluminum, covered with films of aluminum oxide and dehydrated clay component, which is represented by metakaolinite and dehydrated clay for mixtures 1 and 2 (table 1) respectively.

Thermomechanical dispersion of aluminum in clay component made it possible to produce homogeneous structure of composite during further caking.

The importance of study of processes, proceeding during caking of metal-ceramic composite, is defined, on the one hand, by the necessity of producing of chemical bonds between clay component and metallic aluminum and, on the other hand, by the necessity of assessment of composite technological strength.

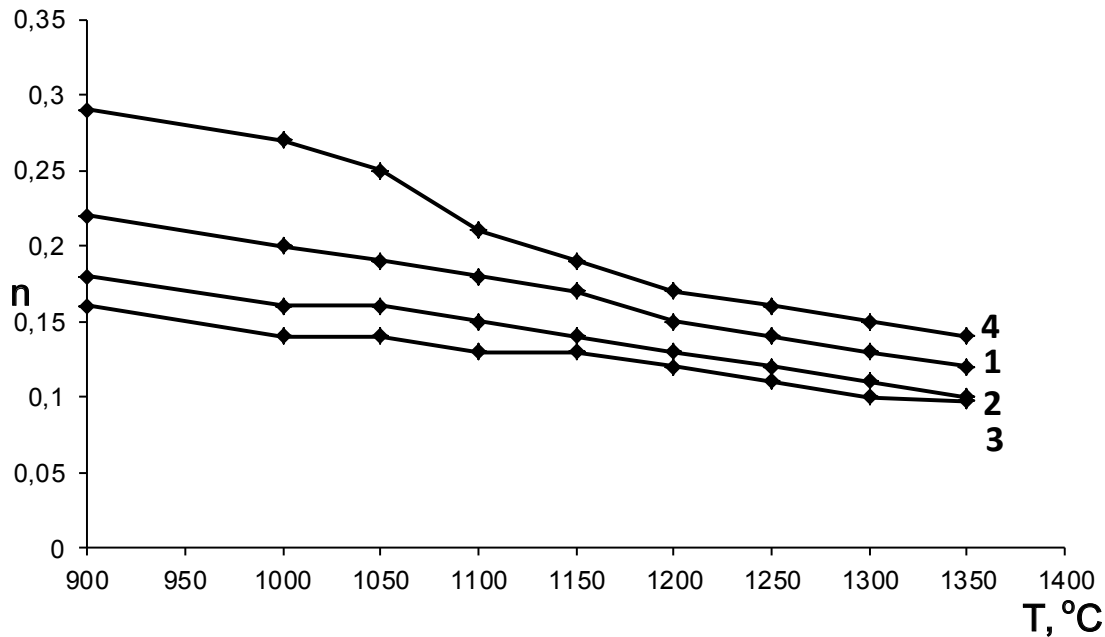
Main signs of the process of caking of metal-ceramic composite are simultaneous increase of density and mechanical strength of the material, and also change of specific properties of the material depending on the temperature, such as water absorption, porosity, apparent density and heat setting.

During heat treatment of modified ceramic mixtures containing aluminum filler complex physicochemical transformations take place. As a result of thermal breakdown of minerals and partial oxidation of aluminum, free oxides appear. At the same time intermediate finely divided phase appears — solid solution. Within the temperature range from 600 °C and higher part of aluminum oxidizes with the formation of aluminum oxide, which is involved in structure formation of composite (by means of mutual dissolution and following chemical reactions). Physical adherence occurs between remaining unoxidized aluminum and modified matrix surface. Within the temperature range from 700 to 1350 °C the process of caking proceeds with the involvement of liquid phase reacting with the solid. Molten aluminum in the mixture contributes to melt amount increase and melt viscosity de-

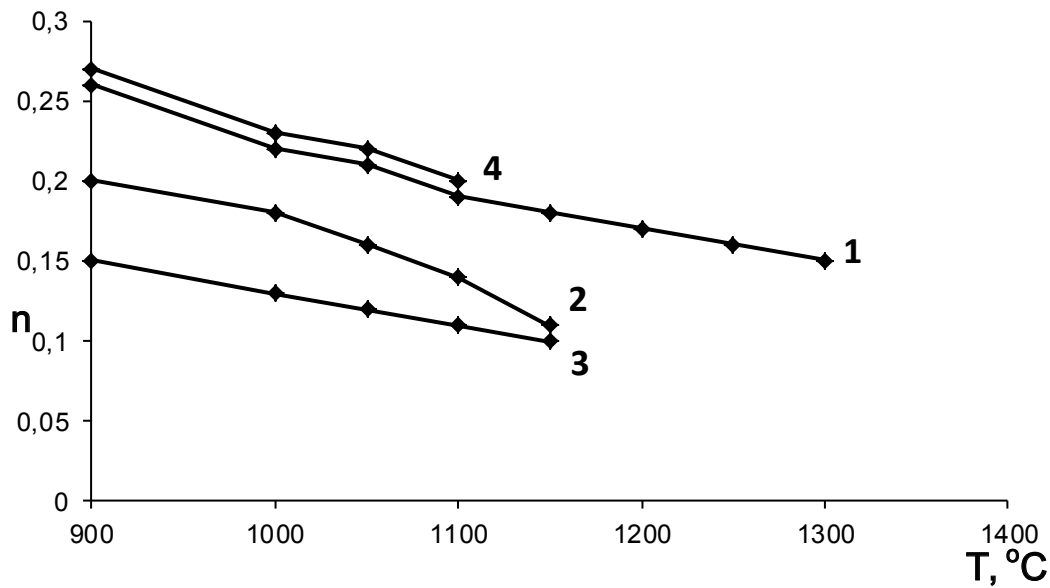
crease, as well as acceleration of lattice diffusion and crystal processes. Formation of aluminosilicates proceeds actively even at a temperature of 900 °C, that is clear while comparing the curves of differential thermal analysis.

In the process of caking of metal-ceramic composite a number of physical transformations

occur, which can include: lattice diffusion, plastic flow, surface diffusion and evaporation-condensation. This is the way surface diffusion, evaporation and condensation contribute to pore spheroidizing, increase of contacts between particles that leads to material strengthening.



a)



b)

Pic. 1 Dependence of caking degree index on the temperature of heat treatment of metal-ceramic binder on the basis of kaolinite (a) and montmorillonite (b) clays with the content of aluminum filler, %: 1) — 0; 2) — 10; 3) — 20; 4) — 30%

Caking is a three-stage process, which includes rearrangement of particles of solid phase, dissolution-sedimentation and formation of a solid frame. These processes are not usually detached in time and often proceed simultaneously, influencing each other. Dissolution-sedimentation can be controlled both

by chemical reaction kinetics at the boundary of the interface of solid and liquid phase and by diffusion of reaction products through the boundary layer.

Basic mechanism of metal-ceramic materials caking is the process of dissolution-sedimentation, which is controlled by diffusion. It is confirmed by comparison

of caking degree indexes and data, which is given for this process in the literature. Mutual dissolution of solid phase in liquid one is confirmed by the fact that thick material can be produced on the basis of composites, containing up to 20% of aluminum.

One of the factors, which have a considerable influence on the caking process, is the amount of eutectic melt in the material during heat treatment. Decrease of caking index with temperature rise is observed in materials containing from 5 to 20% of aluminum (pic. 1), that is obviously because of motive force reduction.

**Conclusions.** All caking indexes fall within the limits, typical for the process of dissolution-sedimentation, which is controlled by diffusion, consequently, it is a basic process, limiting caking of composite speed. Increase of metal component amount leads to some decrease of

caking degree index in the rows with  $T = \text{const}$ . It shows that more aluminum and, consequently, more liquid phase in the system make it possible to intensify the process at lower temperatures. At the same time thickening and setting almost terminate around the temperature of 1250 °C for composites on the basis of kaolinite clays and around 1050 °C for composites, which are produced from montmorillonite clays. Caking degree indexes for observed temperature range shows the similarity of mechanisms of caking of materials containing 5–20% of metal component.

**Resume.** Thus, the research shows that caking of composites under study is mostly influenced by the size of refractory phase particles and aluminum content in the mixture. Due to that the melt amount may be increased and the melt viscosity may be decreased.

### References:

1. Володченко, А. Н. Регулирование свойств ячеистых силикатных бетонов на основе песчано-глинистых пород/А. Н. Володченко, В. С. Лесовик, С. И. Алфимов, А. А. Володченко//Известия вузов. Строительство. – 2007. – № 10. – С. 4–10.
2. Володченко, А. Н. Влияние механоактивации известково-сапонинового вяжущего на свойства автоклавных силикатных материалов/А. Н. Володченко//Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2011. – № 3. – С. 13–16.
3. Володченко, А. Н. Особенности взаимодействия магнезиальной глины с гидроксидом кальция при синтезе новообразований и формирование микроструктуры/А. Н. Володченко//Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2011. – № 2. – С. 51–55.
4. Володченко, А. Н. Вяжущее на основе магнезиальных глин для автоклавных силикатных материалов/А. Н. Володченко//Сборник научных трудов Sworld. – 2012. – Т. 30. – № 3. – С. 38–41.
5. Володченко, А. Н. Автоклавные силикатные материалы на основе отходов горнодобывающей промышленности/А. Н. Володченко//Сборник научных трудов Sworld. – 2012. – Т. 47. – № 4. – С. 29–32.
6. Володченко, А. Н. Влияние песчано-глинистых пород на оптимизацию микроструктуры автоклавных силикатных материалов/А. Н. Володченко//Сборник научных трудов Sworld. – 2012. – Т. 47. – № 4. – С. 32–36.
7. Володченко, А. Н. Реологические свойства газобетонной смеси на основе нетрадиционного сырья/А. Н. Володченко, В. С. Лесовик//Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2012. – № 3. – С. 45–48.
8. Володченко, А. Н. Автоклавные ячеистые бетоны на основе магнезиальных глин/А. Н. Володченко, В. С. Лесовик//Известия вузов. Строительство. – 2012. – № 5. – С. 14–21.
9. Володченко, А. Н. Магнезиальные глины – сырье для производства автоклавных ячеистых бетонов/А. Н. Володченко//Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 43. – № 1. – С. 3–7.
10. Володченко, А. Н. Влияние песчано-глинистых пород на пластичность газобетонной массы/А. Н. Володченко//Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 43. – № 1. – С. 7–10.
11. Ключникова, Н. В. Выбор компонентов как важное условие создания композитов с заданными свойствами/Н. В. Ключникова//Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 43. – № 1. – С. 16–21.
12. Ключникова, Н. В. Исследование физико-механических свойств керамометаллического композита/Н. В. Ключникова//Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 7. – № 1. – С. 10–15.
13. Ключникова, Н. В., Лымарь Е. А. Влияние металлического наполнителя на стадии структурообразования композиционных материалов на основе керамической матрицы/Н. В. Ключникова, Е. А. Лымарь//Стекло и керамика. – 2005. – № 10. – С. 19–22.

*Temirkhanova Raushan Galimzhanovna,  
Kazakh National Technical University named after K. I. Satpaev,  
PhD candidate, Institute of geology and  
oil and gas business after K. Turysov  
E-mail: traushan@mail.ru*

## Counting uranium reserves by geological units (in projection onto a horizontal plane)

**Abstract:** This article discusses the methods of calculation of mineral reserves. Essence of the method is described in detail geological blocks. Also, an example of calculation of reserves hydrogenic uranium deposits in the program GiK.

**Keywords:** calculation of reserves, hydrogenous uranium deposits, GIK program.

*Темирханова Раушан Галимжановна,  
Казахский Национальный Технический Университет им. К. И. Сатпаева,  
PhD докторант института геологии и  
нефтегазового дела им. К. Турысова  
E-mail: traushan@mail.ru*

## Подсчет запасов урана методом геологических блоков (в проекции на горизонтальную плоскость)

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются методы подсчета запасов полезных ископаемых. Описана сущность метода геологических блоков. Также, приведен пример подсчета запасов гидрогенных месторождений урана в программе GiK.

**Ключевые слова:** подсчет запасов, гидрогенные месторождения урана, программа GIK.

Подсчет запасов полезных ископаемых — завершающий и очень ответственный этап комплекса геолого-геофизических и технологических исследований. При этом, в основу существующих методов положен принцип преобразования сложных по форме тел полезного ископаемого в систему равновеликих простых тел с оценкой на этой основе объемов недр, занятых полезным ископаемым, и распространением на эти объемы средних характеристик [1].

Сущность метода геологических блоков состоит в том, что на проекции рудного тела — вертикальной, горизонтальной или параллельной ему наклонной — выделяется ряд подсчетных блоков. По выработкам, входящим в их контур, вычисляются средние для блоков мощности рудного тела и содержания в них полезных компонентов. Объем блока устанавливается как произведение площади, замеренной по проекции рудного тела, на среднюю мощность, содержание руды — умножением на объемный вес, а запасы металлов — исходя из вышперечисленного среднего их содержания. Таким образом, метод геологических блоков отличается простотой и не требует больших затрат времени [2].

При подсчете запасов гидрогенных месторождений урана используется метод геологических блоков в проекции на горизонтальную плоскость. Это связано с тем, что данный метод позволяет наиболее полно учитывать особенности геологического строения месторождения, а также является простым и достаточно достоверным методом.

Подсчет запасов производится по следующей формуле:

$$P = S \cdot K_p \cdot \rho \quad (1)$$

где  $P$  — запасы металла в т;

$S$  — площадь блоков в плане в тыс. м<sup>2</sup>;

$K_p$  — площадной коэффициент рудоносности;

$\rho$  — средняя продуктивность по блоку.

Основными исходными данными для подсчета запасов являются результаты интерпретации гаммакаротажа скважин. В отдельных случаях, например, по контрольным скважинам в основу подсчета могут быть положены результаты анализа керновых проб [3].

Ниже приведен пример подсчета запасов в программе GiK. Программа GiK является составной частью автоматизированной информационной системы управления добычей металлов — «Рудник», заре-



гистрированной как объект интеллектуальной собственности в Комитете по правам интеллектуальной собственности Министерства юстиции Республики Казахстан № 223 от 25 августа 2004 г. [4].

Программа позволяет выполнить графические построения и провести подсчет запасов методом геологических блоков в проекции на горизонтальную плоскость, рассчитать параметры рудных интервалов в пределах закисляемой части продуктивного горизонта; рассчитать среднеблочные параметры оруденения; охарактеризовать пространственное положение технологических и геологических объектов, расчетным путем определить площадь блока на уровне рудного тела [5–7].

В процессе подсчета запасов выполняются следующие действия:

1) выбираются рудные интервалы по гамма — каротажу;

2) вычисляются средние подсчетные параметры по пересечению.

Скважины, включаемые в блок, по значению метропроцента делятся на балансовые и забалансовые. После этого рассчитываются средние значения мощности, содержания, метропроцента, эффективной мощности, коэффициента рудоносности по блоку.

Среднее содержание, средняя мощность и метропроцент по каждой скважине (рудному пересечению) подсчитываются по следующим формулам:

$$\sum m = \sum_1^n m_i \quad (2)$$

$$\sum mc = \sum_1^n mc_i \quad (3)$$

$$\sum mc_p = c' \cdot \sum mc \quad (4)$$

$$C_p = \frac{\sum mc_i}{\sum m_i} \quad (5)$$

где  $i$  — номер рудного интервала в пределах пересечения по блоку;

$n$  — количество рудных интервалов в пределах пересечения по блоку;

$\sum mc$  — суммарный метропроцент пересечения по блоку (м%);

$\sum m$  — суммарная рудная мощность пересечения по блоку (м);

$C_p$  — среднее содержание по рудным интервалам в пределах пересечения по блоку;

$c'$  — среднее содержание, округленное до трех знаков после запятой;

$\sum mc_p$  — суммарный расчетный метропроцент пересечения по блоку.

Площадной коэффициент рудоносности вычисляется как отношение числа пересечений, вскрывших промышленное оруденение, к общему их числу в пределах блока по формуле:

$$K_p^s = \frac{n_1 - (n_3 + n_8)}{n_1} \quad (6)$$

где  $K_p^s$  — площадной коэффициент рудоносности;

$n_1$  — общее количество скважин в блоке;

$n_3$  — количество некондиционных скважин;

$n_8$  — количество безрудных скважин.

После определяем общую и рудную площадь пересеченных блоков. Также выполняется расчет продуктивности ( $Q$ ) в проницаемых отложениях в пределах блоков балансовых руд по формуле:

$$Q = S \cdot d \cdot m \cdot C \quad (7)$$

где  $S$  — площадь, равная 1 м<sup>2</sup>;

$d$  — объемный вес руды (г/см<sup>3</sup>)

$m$  — мощность (м);

$C$  — содержание (%).



Рис. 1. Технологический блок № 11

Для подсчета запасов в программе GiK в обязательном порядке пользователем заполняются следующие данные (для примера выбран технологический блок № 11):

- номер блока: № 11
- категория запасов: С<sub>1</sub>;
- минимально допустимый метропроцент для включения скважины в контур подсчетного блока: 0,02 м%;
- предельно допустимое отношение для выявления урагана по методике Когана в%: 20;

- объемный вес руды: 1,7;
- площадь блока: 54 000 м<sup>2</sup>.

Эти данные дают общие характеристики и кондиционные признаки для расчета среднеблочных параметров.

Ниже представлена схема технологического блока № 11 в плане.

В результате подсчетов по программе GiK получаем следующие среднеблочные параметры оруденения (табл. 1):

Таблица 1. – Среднеблочные параметры оруденения по технологическому блоку № 11

Принятое в подсчет количество скважин и групп сближенных пересечений	68
Средняя мощность руды	5,17
Среднее содержание руды	0,045
Средний метропроцент	0,2327
Площадной коэффициент рудоносности	97,89
Продуктивность оруденения	3,96
Средневзвешенный Кф	1,3
Эффективная мощность блока	12,14
Эффективная мощность проницаемых отложений блока	11,7
Эффективная мощность продуктивного горизонта	18,8
ГРМ (тыс.тонн)	1074,06
Запасы металла (тонн)	209,33

Следует отметить, что в отраслевой практике продолжается подсчет запасов по блоку с помощью

«Таблицы вывода средних значений мощностей и содержаний урана по пересечениям» (табл. 2)

Таблица

вывода средних значений мощностей и содержаний урана по пересечениям

Рудная залежь		4		Блок		Эксплуатационный блок № 11								длина фильтра в м	факт в м	Мэф.	
№ п/п	№ профиля (филт)	№ осевой	Рудные интервалы, м		Рудная мощность, (м), м	Содержание урана (С), %	Метропроцент (мС), м%	Приведенный метропроцент (мС), м%	Закисл. мощность, (Мзак), м	Удельная продуктивность (р), кг/м <sup>2</sup>	Интервал посадки фильтров, м		нижний водоупор			от	до
			от	до							от	до					
1	5	11-1-1	494,3	497,1	2,80	0,017	0,0463										
			498,1	499,6	1,50	0,018	0,0263										
			505,1	507,2	2,10	0,019	0,0390										
			итого		6,40	0,017	0,1116	0,1088	12,10	1,90	494,2	505,9	507,2	11,7	1,0	494,10	512,92
2	5	11-1-2	496,6	501,1	4,50	0,018	0,0798										
			итого		4,50	0,018	0,0798	0,0810	12,50	1,36	494,1	503,8	506,6	9,7	0,0	494,10	509,62
3	5	11-1-3			некондиционная												
			итого		0,00	0,000	0,0000	0,0000	13,00	0,00	493,3	503,0	506,0	9,7	1,2	491,80	508,82
n	n-n-n		490,9	493,0	2,10	0,041	0,0856										
			499,6	506,0	6,40	0,044	0,2784										
			итого		6,40	0,044	0,2784	0,2816		4,73	498,9	506,6	506,0	7,7	0,0	499,60	511,22
			Сумма		482,20			21,5586	996,32								
			Среднее		5,18	0,045	0,2318	0,2318	11,86								

ε	1,7	т/м <sup>3</sup>	т, м	С, %	мС, м%	M <sub>зак</sub>
K <sub>р</sub>	0,98		5,18	0,045	0,2318	11,86
р	3,94	кг/м <sup>2</sup>				
S	факт 54,000	тыс. м <sup>2</sup>				
З а п а с ы			всего скважин		95	
P	208,3	тонн	Ураганных пересечений		нет	
ГРМ	1088,8	тыс. т.				

Согласно данной методике, таблица полностью заполняется вручную, что занимает немало времени. Кроме того, не исключен и человеческий фактор, при заполнении могут произойти механические ошибки. А программа GIK автоматически, легко и достоверно позволяет считать запасы по блокам со значительной экономией времени.

Сравнивая данные расчетов по программе GIK  $P=209,33$  т (таб.1) и по другой методике  $P=208,3$  т (таб. 2), можно заметить, что отклонение не превы-

шает более 5%. Это позволяет с уверенностью использовать программу GIK для подсчета запасов урана методом геологических блоков в проекции на горизонтальную плоскость.

Таким образом, преимуществами программы GIK являются наличие табличного интерфейса и возможности представления данных в графической форме на любом этапе обработки, как для контроля, анализа данных, так и для оформления результатов подсчета запасов.

#### Список литературы:

1. Викентьев В. А., Карпенко И. А., Шумилин М. В. Экспертиза подсчетов запасов рудных месторождений, Москва, Недра, 1988 г. 141 с.
2. Коган И. Д., Подсчет запасов и геолого-промышленная оценка рудных месторождений, Москва, Недра, 1971 г. 188 с.
3. Инструкция по подземному скважинному выщелачиванию урана, Алматы, 2006 г., 59 с.
4. Стандарт ТОО «Горнорудная компания», Автоматизированная информационная система управления добычей металлов «Рудник», Алматы, 2011, 4 с.
5. Хасанов Э. Г., Абрамов Е. К., Демехова Л. И., Дробов С. Р., Литвишко Н. В., Тригубов С. В. Методические рекомендации по комплексу геофизических методов исследования скважин при подземном выщелачивании урана. Алматы 2003 г.
6. Хасанов Э. Г., Абрамов Е. К., Демехова Л. И., Киселев А. В., Дробов С. Р., Литвишко Н. В., Тригубов С. В. Инструкция по гамма-каротажу при подготовке к эксплуатации и эксплуатации пластово — фильтрационных месторождений урана. Алматы 2003 г.
7. Инструкция по гамма-каротажу при поисках и разведке урановых г. Москва, 1987 г.

*Shemetova Elena Grigorievna,  
Siberian University of Consumer Cooperatives,  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of equipment  
E-mail: klena20@ngs.ru*

## The measurement of the light jobs classrooms SibUPK

**Abstract:** the article considers the problem of creating high-quality lighting in classrooms; the estimation of the actual lighting in the workplace and students to determine the appropriate actual light regulatory requirements.

**Keywords:** lighting, illumination, discharge, subclass.

*Шеметова Елена Григорьевна,  
Сибирский университет потребительской кооперации,  
канд. техн. наук, доцент кафедры оборудования  
E-mail: klena20@ngs.ru*

## Оценка фактической освещенности рабочих мест учебных аудиторий СибУПК

**Аннотация:** в статье рассматривается проблема создания качественного освещения в учебных аудиториях; дана оценка фактической освещенности на рабочих местах студентов и определено соответствие фактической освещенности нормативным требованиям.

**Ключевые слова:** освещение, освещенность, разряд, подразряд.

Зрительный анализатор дает 80% информации об окружающей среде. Свет обеспечивает биоритм человека, положительно влияет на эмоциональное состояние, интенсивность обменных процессов. Световое голодание приводит к снижению резистентности организма, ухудшению функций дыхательной и эндокринной систем, кровообращения, ЦНС. Свет является фактором мощного воздействия на психику человека [1, с. 395–425].

Освещение в рабочих помещениях является одним из основных условий для нормальной производственной деятельности. Качественное и правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений оказывает положительное психофизиологическое действие на организм работающего, способствует повышению эффективности и безопасности труда, сохраняет высокую работоспособность, снижает утомляемость и травматизм.

Число производственных несчастных случаев, связанных с недостаточной освещенностью рабочих мест, составляет 30–50% от их общего количества. При грубых работах около 1,5% тяжелых травм со смертельным исходом происходит по причине низкой освещенности рабочих мест. Травматизм глаз при проведении грубых работ составляет порядка 30%. Неблагоприятные условия освещения способствуют развитию профессиональной близорукости [2, с. 2–5].

Основными характеристиками для оценки освещения являются — световой поток, сила света, яркость освещаемого объекта, освещенность.

Важнейшим гигиеническим требованием, предъявляемым к освещенности рабочих мест учебных аудиторий — обеспечение функций зрения студента. Основными функциями зрения являются — острота, контрастная чувствительность, скорость различения деталей, устойчивость ясного видения. При недостаточной освещенности рабочего места функции зрения не реализуются, быстро наступает зрительное утомление, снижается работоспособность, рассеивается внимание. [3, с. 228–229]

Задачей производственного освещения является создание в производственном помещении световой среды, обеспечивающей светотехническую эффективность систем освещения. В свою очередь световая среда формируется с учетом требований физиологии зрения работника [4, с. 67–83].

Цель исследования: дать оценку фактической освещенности на рабочих местах и определить ее соответствие нормативным требованиям.

Объект исследования: учебная аудитория Сибирского университета потребительской кооперации г. Новосибирска.

Студентами 3 курса экономического факультета СибУПК проведены исследования по оценке освещенности рабочих мест учебной аудитории 021. Поскольку в вечернее время студенты заочного отделения не имеют возможности пользоваться естественным освещением, то оценивалось качество общего искусственного освещения люминесцентными лампами ЛБ-40.

Нормирование освещенности осуществляется в зависимости от разряда и подразряда выполняемой студентом работы, вида системы освещения, типа используемых в светильнике ламп.

Разряд работы определяется размером объекта различения: для студента таким объектом является текст в тетради. Согласно Санитарным нормам и правилам СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 работа студента относится к III — IV разряду, поскольку определено, что наименьший размер объекта различения (толщина линий в тетради) составляет 0,4 мм — III разряд, 0,7 — IV разряд [5].

Каждый разряд имеет четыре подразряда (а, б, в, г). Подразряд определяется соотношением контраста объекта различения с фоном и зависит от степени светлоты фона.

В данном случае фоном является цвет тетрадного листа студента, бумаги учебника, плаката, — а объектом различения — текст, графические объекты, рисунки. По степени светлоты фон может быть светлым, средним, темным в зависимости от коэффициента отражения  $k$  поверхности (светлый фон  $k$  более 0,4; средний фон  $k = 0,2–0,4$ ; темный фон  $k$  менее 0,2).

При определении подразряда учебных работ студентов нами было учтено, что тетрадные листы конспекта имеют цвета: белый, желтый ( $k = 0,5$ ), светло-синий и светло-зеленый ( $k = 0,3$ ).

Контраст объекта различения с фоном  $K$  — отношение абсолютной величины разности между яркостью объекта и фоном к яркости фона. Контраст может быть большим ( $K$  более 0,5), средним ( $K = 0,2–0,5$ ) и малым ( $K$  менее 0,2). Цвет чернил, которые используют студенты при работе, колебался от светло-синего цвета ( $K = 0,4$ ) до черного цвета ( $K = 0,6$ ).

Следовательно, подразряд работы студента, определяемый в зависимости от светлоты фона и контраста между объектом различения и фоном, варьирует от  $v$  до  $z$ .

Таким образом, в процессе работы с нормативной документацией определено, что норма освещенности

рабочего места студента составляет 200 лк — при использовании темных чернил и светлых (белых и желтых) тетрадных листов; 300 лк, — если паста имеет светло-синий цвет, а цвет тетрадных листов является темным (светло-синим и светло-зеленым).

Далее определялась норма освещенности рабочих мест лабораторного стенда, оснащенного приборами по определению параметров микроклимата. Данная работа относится ко II разряду 2 подразряду; уровень минимальной нормируемой освещенности составляет 300 лк.

Для работы с плакатами, размещенными по периметру учебной аудитории, достаточно освещенности 200 лк, поскольку наименьший размер шрифта составляет 0,8–1,0 мм и относится к IV разряду *a* подразряду. Однако, по условиям контрастности и светлоты фона, данная зрительная работа является утомительной в связи со сложным цветовым решением шрифта

Таблица 1. – Результаты исследования фактической освещенности рабочих мест учебной аудитории

Наименование контрольной точки	Фактическая освещенность, лк
Стол преподавателя (1)	300
Стол студента наиболее освещенный (2)	280
Стол студента наименее освещенный (2)	180
Стенд по исследованию параметров микроклимата (4)	100
Классная доска (1)	200
Плакаты (3)	210
Всего по учебной аудитории (13):	214

Замеры фактической освещенности рабочих мест производились студентами с помощью люксметра следующим образом: по рабочим столам — на расстоянии 0,8 м от пола на уровне столешницы, горизонтально; классная доска и плакаты — вертикально, на расстоянии 1 метра от объекта исследования, стенд — наклонно, на расстоянии 0,3–0,5 м от приборов.

Таким образом, в результате оценки уровня освещенности рабочих мест учебной аудитории определено, что данные условия применимы для IV разряда подразрядов *б*, *в*, *г*; III разряда подразряда *г*.

В случае работы студента с более мелким текстом, тетрадными листами темных тонов, светло-синими чернилами, фактическая освещенность рабочих мест (214 лк) ниже уровня нормируемой (300 лк) на 28.7%.

Следовательно, имеющихся 6 светильников для обеспечения качественного освещения аудитории недостаточно.

(синий) и фона (зеленый).

После определения нормативной освещенности, оценивалась фактическая освещенность рабочих мест с помощью прямого метода люксметром Ю-116.

Люксметр имеет восемь пределов измерений, устанавливаемых насадками-переключателями. Прибор представляет собой микроамперметр, подключенный к селеновому фотоэлементу; проградуирован в единицах освещенности (лк — люкс) [6, с. 34–53].

Фактическая освещенность рабочих мест определяется не менее чем в 5 контрольных точках. В качестве контрольных точек (точек замера) использовались: рабочий стол студента наиболее освещенный, рабочий стол студента наименее освещенный, рабочий стол преподавателя, классная доска, стенд по исследованию параметров микроклимата, плакаты.

Результаты измерений представлены в табл. 1.

### Выводы

По итогам исследования фактической освещенности рабочих мест студентов, даны следующие рекомендации:

1. Установить к существующим 6 осветительным установкам дополнительно 2 светильника.
2. Заменить лампы ЛБ-40 на более мощные ЛБ-80.
3. Согласовывать цветность освещаемых поверхностей с цветностью применяемых ламп (предпочтительна замена ламп ЛБ на ЛТБ)
4. Дополнительно установить 1 осветительную установку над стендом для исследования микроклиматических параметров.
5. Студентам для работы предпочтительно использовать темные чернила, светлый рабочий фон (белые тетрадные листы), жирно пишущие шариковые (гелиевые) ручки.
6. Использовать для работы на занятиях плакаты, имеющие высокую контрастность и оптимальное цветовое решение шрифта и фона.

**Список литературы:**

1. Графкина М. В., Михайлов В. А., Нюнин Б. Н. Безопасность жизнедеятельности: учебник/под общ. ред. Б. Н. Нюнина. – М.: ТК «Велби», издательство Проспект, 2007. – 608 с.
2. Козьяков А. Ф. Состояние травматизма и заболеваемости в России//Безопасность жизнедеятельности. – 2001, № 6.
3. Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности: учеб. для вузов/С. В. Белов и др. – М.: Высш.шк., 2005. – 606 с
4. Павлов В. Н. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений/В. Н. Павлов и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 Санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Минздрав РФ, 2003.
6. Практикум по безопасности жизнедеятельности: учеб. пособие к лабораторным и практическим работам/под общ. ред. А. В. Фролова. – Ростов н/Д: Феникс, 2009. – 490.

## Section 11. Physics

## Секция 11. Физика

Gadzhieva Nushaba Nubarak

Institute of Radiation Problems, Azerbaijan National Academy of Sciences

E-mail: Sevinc.m@rambler.ru

### An IR-spectroscopy study of radiation-stimulated adsorption of n-hexane on the silicon surface

**Abstract:** The peculiarities of radiation-stimulated adsorption of n-hexane on the silicon surface under the action of  $\gamma$ -quanta at room temperature have been studied by infrared reflection-absorption spectroscopy. It has been shown that adsorption of n-hexane on the silicon surface occurs by the molecular and dissociative mechanisms. It has been found that at absorbed dose  $D_\gamma \sim 10\text{--}35$  kGy observes activated dissociative chemisorption which accompanied by the formation of silicon alkyls and surface silicon hydrides. A possible mechanism of this process has been discussed.

**Keywords:** silicon, n-hexane, the radiation-stimulated adsorption of n-hexane,  $\gamma$ - radiation, the infrared reflection-absorption spectroscopy (IRRAS).

#### Introduction

Research into the adsorption and radiation-chemical transformation of hydrocarbons in metal — hydrocarbon and metal — semiconductor heterogeneous systems is of particular interest for radiation heterogeneous catalysis and atomic hydrogen power engineering and of fundamental importance for solving a number of environmental problems. The use of various metals with an activated surface accelerates the radiation-chemical decomposition of paraffins and increases the efficiency of hydrogen production by the environmentally safe radiolysis of hydrocarbons. Some features of the interaction and activation of paraffins on metal surfaces have been discussed in [1–4]. However, to date, the occurrence of radiative processes in a metal-hydrocarbon heterogeneous system has been insufficiently studied [4–9]. In addition, literature data on the adsorption and chemical transformation of paraffins on the surface of semiconductors stimulated by  $\gamma$ - radiation are hardly available [10].

This work presents the results of IR-spectroscopic studies of regularities of radiation-stimulated adsorption of n-hexane on the silicon surface exposed to  $\gamma$ -rays at room temperature.

#### Experimental

Polished single-crystal silicon wafers with sizes of  $20 \times 10 \times 2$  mm exhibiting high reflectivity  $R$  of  $0.95 \pm 0.05$  in the infrared band at wavelength  $\lambda$  of  $15\text{--}2.2$   $\mu\text{m}$  were used [9, 10].

In order to avoid impurity contamination, the samples were exposed to solvents (ethanol, acetone) and predried at room temperature in an argon atmosphere. To conduct surface dehydroxylation and complete cleaning from organic impurities, the samples were placed in quartz cells and subjected to an additional heat treatment at 673 K in a vacuum of  $P = 10^{-6}$  Pa for 6 h. The adsorbate was unsaturated vapors of reagent-grade n-hexane; impurity gases were removed from the vapors by repeated freezing in a trap with liquid nitrogen and subsequent evacuation. The adsorption of n-hexane was studied as described in [8].

The samples were irradiated using an isotopic source of  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  rays at a dose rate of  $dD_\gamma/dt = 1.03$   $\text{Gy s}^{-1}$ . Dosimetry was performed with chemical dosimeters; ferrous sulphate and methane methods [12]. The absorbed dose in the systems under study was carried out by comparing the electron densities. In this case, absorbed dose was  $D_\gamma = 5\text{--}50$  kGy.

The IR reflection spectra for linearly polarized radiation incident on the sample at an angle close to the glancing angle ( $\phi = 80^\circ$ ) were measured on FT-IR spectrometer (Varian 640IR) in a frequency range of  $4000\text{--}400$   $\text{cm}^{-1}$  at room temperature using a special optical device (Shimadzu, Japan). To this end, a quartz cell with a  $\text{CaF}_2$  window was designed and constructed for recording the spectra of adsorbed n-hexane and monitoring the changes resulting from its decomposition under  $\gamma$ -radiation [10]. When overlapping bands we performed

the decomposition of the contour into the individual components by method [13]. The optical density of the absorption bands was determined by the formula

$$D = -\lg(R/R_0), \quad (1)$$

where  $R$  and  $R_0$  are the reflection coefficients of pure silicon and silicon with adsorbate (n-hexane) respectively [7]. According to formula (1) we calculated the optical density  $D$ ,  $D_0$  of adsorption bands of C-H and Si-H stretching vibrations ( $D_0$ -optical density in the initial sample,  $D$ -in treated samples) and we determined their ratio  $D/D_0$ .

### Results and discussion

The IR-reflection spectra of n-hexane adsorbed on the surface of the dehydroxylated silicon in the stretching vibration C-H at room temperature are shown in Figure 1 (curve 1). It is obvious that the adsorption of

n-hexane on a silicon surface is accompanied by a series of absorption bands (a. b.); narrow at  $\nu_{\max} = 2950$ , and  $2920 \text{ cm}^{-1}$ , weak at  $2870$  and  $2830 \text{ cm}^{-1}$  and an intense broad at  $2650 \text{ cm}^{-1}$ . The narrow bands are close to the position of the bands featured for  $\nu(\text{C-H})$  in the spectra of  $n\text{-C}_6\text{H}_{14}$  in the gas phase [14] which allows us to assign them to a physically adsorbed n-hexane. Asymmetric broad band with a maximum at  $2650 \text{ cm}^{-1}$  attributed to the variation of one of the CH-bonds in a molecule of  $n\text{-C}_6\text{H}_{14}$  perturbed silicon surface centers. Unusually low frequency vibrations, as well as a relatively high intensity and width demonstrate the strong perturbation of molecules of n-hexane at adsorption. The complex to which these a. b. refer is unstable and collapses when degassing at room temperature. This allows the band to include n-hexane adsorbed in the molecular form.

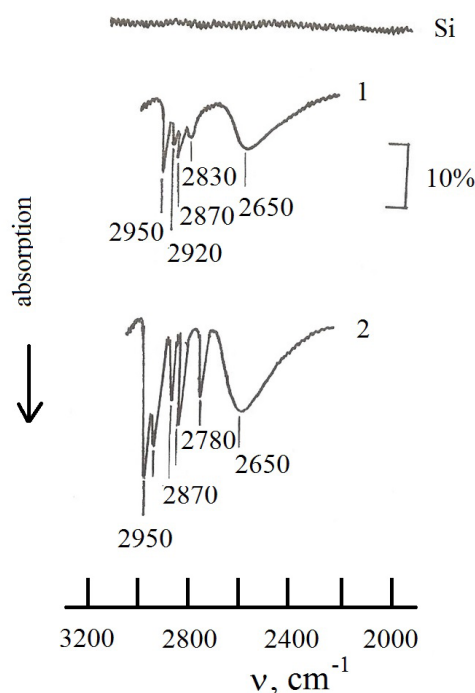


Fig. 1. IR- absorption spectra of n-hexane, adsorbed on the silicon surface; before (1) and after  $\gamma$ -irradiated (2) at  $D_\gamma = 20 \text{ kGy}$ ,  $T = 300\text{K}$ ,  $p = 20\text{Pa}$ .

The occurrence of the three forms of adsorption is also confirmed bands in the region of the C-H bending vibrations peaking at  $\nu_{\max} = 1590, 1540, 1520, 1470, 1400$  and  $1370 \text{ cm}^{-1}$  [10]. The formation of molecular complexes is proved theoretically within ab initio quantum chemical calculations of the potential energy profile of dissociative energy of methane on the surface of Ni and experimentally found in the study of its adsorption on metal surfaces (Fe, Ni, Pt) [2,7]. The formation of a molecular complex spectrally has been also proved by us in n-hexane adsorption on the surface of aluminum [7]. When comparing the spectra of this complex with n-hexane adsorption on the surfaces of aluminum and silicon showed that in the case

of silicon, a. b. complex is much narrower (half-width decreases from  $\nu_{1/2} = 110$  to  $85 \text{ cm}^{-1}$ , the difference is the half-width  $\Delta\nu_{1/2} = 25 \text{ cm}^{-1}$ ), its maximum shifts to  $\Delta\nu = 30 \text{ cm}^{-1}$  (from  $\nu_{\max} = 2680$  to  $2650 \text{ cm}^{-1}$ ) and it is less asymmetric in the low frequency region. The observed effects are apparently related by the difference in the extent and density of surface states of silicon defects.

The weak absorption bands (a. b.) with maxima at  $2870$  and  $2830 \text{ cm}^{-1}$  show insignificant dissociative adsorption of n-hexane at the surface Si, that is associated with even lower than for the H-bonded complexes, concentrations of such forms, in particular at low temperature interaction.



In the study of the adsorption of n-hexane on an  $\gamma$ -pre-irradiated silicon samples we found out that starting from certain values of the radiation dose ( $D_\gamma = 10\text{kGy}$ ) at room temperature, there is a strong dissociative chemisorption. It results from the interaction of n-hexane with surface centers formed under the action of  $\gamma$ -quanta silicon. This is evidenced by the increase and redistribution of intensities a. b. at 2870 and 2830  $\text{cm}^{-1}$ ; as well as the appearance in the IR spectrum of the new a. b. with a peak at 2780  $\text{cm}^{-1}$  (Fig. 1, curve 2). The observable absorption bands appear to relate to the stretching vibrations of CH-bonds fragments  $\text{CH}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5$ , etc., associated with silicon (silicon alkyls).

The process of dissociative adsorption also confirmed the appearance in the IR spectrum (Fig. 2, curve 1) in the region of valence ( $\nu \approx 2200\text{--}1900\text{ cm}^{-1}$ ) and deformation ( $\nu \approx 900\text{--}600\text{ cm}^{-1}$ ) vibrations Si-H

bands with frequencies 2100, 2000 and 640  $\text{cm}^{-1}$  which are Si-H bonds [15, 16]. With increasing the doses of  $\gamma$ -irradiation up to 40 kGy of the intensity of these a. b. are redistributed: the intensity of the bands with maxima at 2000 and 640  $\text{cm}^{-1}$  decrease, and vice versa, the intensity of the band 2100  $\text{cm}^{-1}$  increase and a new strong band with a maximum at 895  $\text{cm}^{-1}$  appears. It points to the accumulation of hydrogen in the form of its hydride (Fig. 2, curve 2,3). A further increase in value  $D_\gamma$  up to 50 kGy is accompanied by the formation of a stable silicon hydride  $\text{SiH}_2$  at room temperature (a. b. with maxima at 2100 and 895  $\text{cm}^{-1}$ ) [16]. The formation of the surface silicon hydrides is confirmed by the appearance of the absorption bands in the overtone region of the Si-H bond ( $\nu \approx 4300\text{--}3800\text{ cm}^{-1}$ ) with maxima at 4200 and 4000  $\text{cm}^{-1}$ , the intensity of which depends on the absorbed dose of gamma — irradiation redistributed.

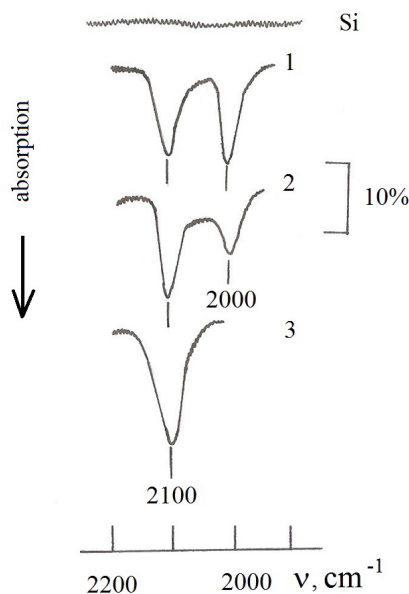


Figure 2. IR- absorption spectra of the surface silicon hydrides, resulting in the adsorption of n-hexane on Si at  $D_\gamma = 10$  (1), 15 (2) and 30 kGy.

In addition, we recorded in the Raman spectra, after the adsorption of n-hexane on the silicon surface plates (Raman spectra were recorded on Perkin-Elmer LR-3 spectrometer, Ar-laser,  $\lambda_{\text{exc.}} = 514,5\text{ nm}$ ) along peaks due to lattice vibrations of the silicon doublet observed in the stretching vibration of Si-H bond ( $\nu \approx 2000\text{--}2100\text{ cm}^{-1}$ ) with maxima at 2040 and 2100  $\text{cm}^{-1}$  [17]. The ratio of intensities of these peaks depending on the dose of gamma — irradiation increases in favor of formation of silicon hydride  $\text{SiH}_2$ . It should be noted that the problem of radiation-induced hydrogenation of silicon is of particular interest, and will be a subject of separate studies. In order to identify the spectro-kinetic regularities of the radiation-stimulated adsorption of n-hexane on the surface of silicon the adsorption of kinetic curves has

been studied, i. e. the dependences of the changes of the related optical density of absorbance bands of molecular and dissociative adsorbed forms of n-hexane on the absorbed  $\gamma$ -radiation dose which are shown in Figure 3a.

It can be seen that the kinetic feature of radiation-induced chemisorption consists of a certain initial induction period when  $D_\gamma \leq 10\text{ kGy}$  (associated with healing of biographical defects), the linear region at  $10 \leq D_\gamma \leq 35\text{ kGy}$  (caused by the generation of adsorption-active sites and adsorption on these centers of additional molecules of  $\text{n-C}_6\text{H}_{14}$ ), as well as stationary saturation region at  $D_\gamma \geq 35\text{ kGy}$  (Fig. 3a, curve 1). Apparently, under the action  $\gamma$ -radiation is generated in new silicon surface active states, the density of which increases by the rise of  $\gamma$ -radiation dose in silicon, and increases their probabil-

ity of interacting with the adsorbed molecules of n-hexane, it causes them to dissociate. At the same time, the kinetic curve of the molecular adsorption of n-hexane is characterized by two areas: a formation is observed in the absorbed dose range of 5 kGy  $\leq$   $D_\gamma$   $\leq$  25kGy, while in  $D_\gamma$

325kGy the destruction of molecular H-complex occurs (Fig. 3a, curve 2). The presence of activated dissociative chemisorption in 10 kGy  $\leq$   $D_\gamma$   $\leq$  35kGy is also confirmed by the progress of a kinetic curve obtained for surface silicon hydrides (Fig. 3b, curve 1).

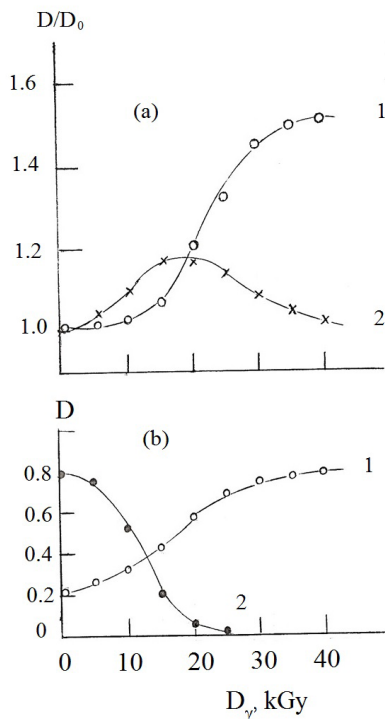
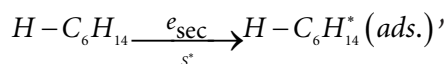


Figure 3. The dependences of the related optical density of absorbance bands of dissociative (1) and molecular (2) adsorbed forms of n-hexane (a) and the optical density of absorption bands of the surface silicon hydrides (1,2) (b) on the absorbed  $\gamma$ -radiation dose:  $\nu_{\max} = 2870$  (1a),  $2650\text{cm}^{-1}$  (2a) and  $\nu_{\max} = 2100$  (1b),  $2000\text{cm}^{-1}$  (2b).

Thus, an activated dissociative chemisorption is detected in the absorbed dose range of 10 kGy  $\leq$   $D_\gamma$   $\leq$  35kGy which explains both an increase of the number of centers of activated adsorption by the surface-excited states of silicon and a decomposition of H-bonded complexes in the result of the transfer of excitation energy to the molecules of n-hexane. Activated adsorption of n-hexane was also observed on the surface of nickel and aluminum [2, 7].

Data of IR- spectroscopic analysis suggest that, under the action of  $\gamma$ -radiation the radiation-stimulated adsorption of n-hexane on the silicon surface occurs. The mechanism of this process can be represented as follows: under the action of  $\gamma$ -radiation active states  $S^*$  (ions, localized charges, etc.) are formed on the Si surface and it emits secondary electron radiation ( $e_{\text{sec}}$ ) [18]:

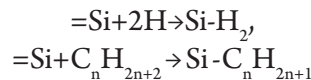
Its interaction with n-hexane leads to excitation of n- $\text{C}_6\text{H}_{14}$  molecules:



where n- $\text{C}_6\text{H}_{14}^* (\text{ads.})'$  – is the excited adsorbed state of the n-hexane molecules.

The excitation of n-hexane molecules on the surface-active states  $S^*$  occurs through complexation followed by the transfer of the excitation energy of the complex to the n- $\text{C}_6\text{H}_{14}$  molecules. After that, the excited molecules of n-hexane undergo decomposition by the homogeneous mechanism [19, 20], and is accompanied by the formation of intermediate active relaxing particles (H, CH,  $\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5$ ).

The intermediate active decomposition particles can interact with surface active states to form silicon hydrides and alkyls:



### Conclusions

Our experimental data have shown that reflection-absorption spectroscopy can be used to study the radiative processes in the silicon-n-hexane system at room temperature. Based on the analysis of the FT-IR spectra of n-hexane adsorbed on the surface of the  $\gamma$ -irradiated silicon samples we made a conclusion about a complex formation with a perturbation of C-H bond (adsorption molecular form) and the possibility of occurrence

of dissociative adsorption accompanied by the formation of surface silicon alkyls and silicon hydrides. There has been detected an activated dissociative adsorption at absorbed dose  $10 \text{ } \xi \text{ D}_\gamma \text{ } \xi \text{ } 35 \text{ kGy}$  due to both an in-

crease in the number of surface-active centers formed by the action of  $\gamma$ -rays in silicon and the destruction of the molecular complexes that are a transitional state in adsorption processes.

#### References:

1. Kislyuk M. U. Kinetics and Catalysis. 1998. V. 39. № 2. p. 246.
2. Avdeyev V. I. and Zhidomirov G. M. Kinet. Catal., 1994. V. 35. № 2. p. 225.
3. Nechayev E. A. Khemosorbtsiya organicheskikh veshchestv na oksidakh I metallakh (Chemisorption of organic substances on oxides and metals), Kharkov: Vishcha shkola, 1989. p. 144
4. J. L. Brand, M. V. Arena, A. A. Deckert et al. Surface diffusion of n-alkanes on Ru (001), J. Chem. Phys., 1990. V. 92. № 8. P. 5136.
5. Gadzhieva N. N., A. N. Rimikhanova A. N., and Garibov A. A. Spectroscopic study of radiation purification of water contaminated with hydrocarbon, Abstracts The 3rd International Conference on Ecological Chemistry, 20–21 May, 2005. Chisinau, Moldova. P. 94.
6. Gadzhieva N. N. Hexane radiation-heterogeneous conversions on the surface of aluminum, Proc. 4 th Int. Conf. on nuclear and radiation physics. 15–17 September. 2003. Almaty, Kazakhstan. P. 34–39..
7. Gadzhieva N. N., Rimikhanova A. N., Garibov A. A.. Peculiarities of radiation-stimulated adsorption of n-hexane on the aluminum surface, Russ. J. Phys. Chem. A, 2007 V. 81. № 5 p. 915–921.
8. Gadzhieva N. N. Radiation-chemical conversion of n-hexane on the aluminum surface, Proc. Int. Conf. on Physicochemical processes in inorganic materials Kemerovo, October 10–12, 2007. V. 1. p. 23–26.
9. Gadzhieva N. N. and Rimikhanova A. N. Radiation-stimulated hydrogenation aluminum surface in contact with n-hexane, Fiz. Khim. Obrab. Mater., 2007. № 6. p. 27–31.
10. Gadzhieva N. N. An IR\_Spectroscopy study of the radiation chemical transformation of n-hexane on the silicon surface, Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, 2014, Vol. 50, No. 4, pp. 460–465.
11. Gadzhieva N. N. Oxidation and accumulation of  $\text{H}_2$  in the aluminum water system, J. Appl. Spectroscopy. 2005. V. 72. № 4. p. 440–446.
12. Pikayev A. K. Dozimetriyav radiatsionnoi khimii (Dosimetry in radiation chemistry). Moscow: Nauka 1975. p. 120
13. Miyata H., Fuyjii Y., Jnni S., Kubokawa V. Application of Band Shape Analysis to Infrared Spectra of Adsorbed Species on Solid Catalysts. Appl. Spectr. 1986. V. 40. № 8. P. 1177–1180.
14. Sverdlov L. M., Kovner M. A., Kraynov Y. P. Kolebatelniye spektry mnogoatomnykh molekul (Vibrational spectra of polyatomic molecules) Moscow: Nauka, 1970. p. 95
15. Milekhin A. G., Himcinschi C, Friedrich M., Hiller K et al.. Infrared spectroscopy of silicon wafers spliced. Semiconductors, 2006. V. 40. N. 11. p. 1338.
16. Niwano M., Kageyama J., Kuritxa K. et al. Phys. Rev. B. 1997. V. 56. N. 13. P. 118.
17. Vinogradov D. V., Kolobrodov V. G., Tikhonovskii M. A.. Uptake and release of hydrogen alloy  $\text{Zr}_{0.8} \text{Ti}_{0.2} \text{Mn}_{0.74} \text{Fe}_{1.26}$ . Proc. 17<sup>th</sup> Int. Conf. of Radiation Phenomena and Radiation Materials Science, September 4–9, 2006. Alushta. p. 191.
18. Akkerman A. F., Grudskii M. Ya., and Smirnov B. B. Vtorichnoe elektronnoe izluchenie v tverdykh telakh pod deistviem  $\gamma$ -kvantov (Secondary electron radiation in solids under the action of  $\gamma$ -rays). Moscow: Energoizdat, 1986. P. 168.
19. Serep D, Derd I, Roder M, and Voinarovich L. Radiatsionnaya khimiya uglevodorodov (Radiation chemistry of hydrocarbons) Moscow: Nauka, 1986. p. 48.
20. Pikayev A. K. Sovremennaya radiatsionnaya khimiya: Radioliz gazov I zhidkostei (Modern Radiation Chemistry: Radiolysis of gases and liquids). Moscow: Nauka, 1986. p. 5.

Usachev Valery Mikhailovich  
 Russland, Republik Tatarstan,  
 Stadt Naberezhnye Chelny.  
 E-mail: usachevvm1@yandex.ru

## Анfang der Theorie des Raumes als ideale Quanten-Flüssigkeit (IQF)

**Abstrakt:** Der Autor dieses Artikels im September 1967 vorgeschlagen, eine Reihe von grundlegenden Ideen und Hypothesen über die physische Substanz des fundamentalen Elementarteilchen und physikalischen Wechselwirkungen, die notwendig und ausreichend für die Überwindung Krise in der theoretischen Physik.

Nachfolgend sind diese Ideen, Hypothesen und Beweise in einer sehr einfachen Form für Profis und diejenigen, die studiert hat den Kurs Physik für Gymnasien.

**Stichworte:** quantum Flüssigkeit Raum, Photon, Elektron, Proton, physikalische Wechselwirkungen.

Усачев Валерий Михайлович,  
 Россия, Республика Татарстан,  
 город Набережные Челны.  
 E-mail: usachevvm1@yandex.ru

## Начала теории пространства как идеальной квантовой жидкости

**Аннотация:** автор этой статьи в сентябре 1967 года предложил ряд основных идей и гипотез о физической сущности пространства, фундаментальных элементарных частиц и физических взаимодействиях, которые необходимы и достаточны для преодоления кризиса в теоретической физике. Ниже приводятся эти идеи, гипотезы и доказательства в очень простой форме для специалистов и тех, кто изучал курс физики для средней школы.

**Ключевые слова:** квантовая жидкость пространства, фотон, электрон, протон, физические взаимодействия.

### 1. Определения

1.1. *Начала теории* — это основополагающие идеи, научные гипотезы и первичные математические доказательства их соответствия достоверно установленным фундаментальным научным теориям и фактам.

1.2. *Идеальная квантовая жидкость* — это жидкость, в которой при стремлении к нулю абсолютной температуры:

а) величина последней полностью определяется удельной плотностью энергии квазичастиц (то есть, поступательно и вращательно движущихся в ней её собственных локализованных гармонических колебаний);

б) внутреннее трение (динамическая вязкость) стремится к нулю;

в) физические свойства не меняются при стремлении её объёма к нулю.

Классическая молекулярно-кинетическая теория, возникшая из атомистических гипотез философов и учёных древнего мира, средневековой науки и "Математических начал натуральной философии" Ньютона, не смогла объяснить ни одного из фундаментальных физических взаимодействий, открытых в новой и новейшей истории науки. Причины воз-

никновения сил гравитации и инерции, электромагнитных и "слабых", а также "сильных" взаимодействий оставались совершенно не понятыми физической наукой вплоть до последней трети прошлого века. До начала XX века такая ситуация возникла потому, что пространство, в котором существует мир взаимодействующих физических тел представлялось между этими телами абсолютно пустым. Поэтому невозможно было выдвинуть никакой не противоречивой гипотезы взаимодействия физических тел на расстоянии.

В двадцатом веке доминировало релятивистское представление о пространстве как **непрерывном** "продолжении" каждой материальной частицы. Совокупность этих "продолжений" во вселенной трактовалась как единый непрерывный пространственно-временной "континуум". Релятивистская парадигма полностью противоречила объективно реальной квантово-механической **дискретной** сущности макро и микромира. К середине 60-х годов прошлого века кризис не адекватности трактовки физических явлений объективной реальности в теоретической физике стал настолько очевиден, что не было ни одного выдающегося учёного с мировым именем, который не признавал этого факта.

Лишь осенью 1967 года автором был предложен ряд основополагающих идей и гипотез о физической сущности пространства, фундаментальных элементарных частиц и физических взаимодействий, которые позволяли ПОЛНОСТЬЮ преодолеть этот кризис, возникший в теоретической физике.

Ниже эти идеи и гипотезы излагаются в предельно простой форме как для восприятия специалистами, так и теми, кто знает физику по курсу средней школы.

## 2. Основополагающие идеи и гипотезы.

2.1. Фундаментальные «элементарные» частицы (фотоны, электроны, протоны, нейтроны) можно (в простейших аналогиях) легко вообразить различными агрегатными состояниями идеальной квантовой жидкости (ИКЖ) пространства, локализуемыми в ней её же поверхностями: электроны и фотоны как «пузырьки пара» в ИКЖ пространства; протон как многослойный шарик жидкокристаллического «льда» в ней; нейтрон как «вспененную смесь» электрона, протона и фотонов, которая, «оседая» за четверть часа, снова распадается на электрон, протон и «нейтрино-фотоны». (Позитрон вписывается в этот ряд представлений как «пузырёк кавитации» в ИКЖ пространства.)

2.2. Из таких представлений электростатическое отталкивание и притяжение между электронами и протонами легко объясняется классической термодинамикой: так как электроны теплее ИКЖ пространства, а протоны холоднее её, то одноимённые частицы стремятся рассредоточиться, а разноимённые сблизиться для выравнивания температуры в физической системе ИКЖ-частицы (соответственно второму закону термодинамики о возрастания энтропии). Действительно, согласно экспериментам российских учёных под руководством академика П. Л. Капицы и теории квантовой гелиевой жидкости (академика Л. Д. Ландау) кванты энергии (квазичастицы) возникают или исчезают в ней с возрастанием или уменьшением температуры жидкости. Значит, в ИКЖ пространства вокруг «горячего пузырька пара» — электрона образуется зона повышенной концентрации квазичастиц, а вокруг холодных протона и позитрона образуются зоны пониженной концентрации квазичастиц. Такие зоны и являются физической сущностью «электрических полей» вокруг «заряженных» частиц (с одинаковыми или противоположными знаками).

2.3. Из этих же представлений следует, что локализуются фундаментальные «элементарные» частицы и кванты в ИКЖ пространства её же поверхностями посредством сил её «поверхностного натяжения».

2.4. Поэтому, все «свободные» электроны, протоны и позитроны, имеющие одинаковую абсолютную величину  $e$  электрических зарядов, должны иметь одинаковые диаметры  $d$  аружной поверхности; так как они могут оставаться стабильными только при условии равенства сил поверхностного натяжения ИКЖ пространства, сжимающих эти частицы снаружи, силам внутреннего давления квазичастиц-квантов (эквивалентного кулоновским силам электростатического отталкивания), стремящимся разорвать их изнутри.

2.5. Поэтому, масса «жидкокристаллического» протона оказывается на три порядка больше массы электрона-пузырька «квази пара» подобно различию на три порядка плотностей молекулярных жидкостей конденсированных из атмосферных газов от плотности этих газов (при нормальных условиях).

2.6. Будучи «пузырьком» в жидкости пространства электрон эластичен и упруго деформируется при столкновениях тем больше, чем выше энергия сталкивающихся с ним частиц и «жёстких» квантов, поэтому его диаметр не удаётся «измерить» экспериментально.

2.7. Исходя из этих основополагающих идей, автор открыл (впервые в августе-сентябре 1967 года) универсальную формулу (систему уравнений), выражающую фундаментальный закон сохранения и превращения энергии-массы в виде:

$$hv = us = mc^2 \quad (1)$$

В левой части формулы (1) стоит выражение энергии Планка  $E = hv$  для фотонов (квантов электромагнитного излучения), где  $h$  постоянная Планка,  $\nu$  частота кванта.

В правой части этой формулы находится выражение полной энергии массы  $E = mc^2$  для частицы с инертной (гравитирующей) массой  $m$  в которую могут превратиться фотоны, полностью израсходовав на это превращение свою энергию  $hv$ . Центральная часть  $us$  формулы (1) выражает потенциальную энергию, абсолютно равную работе сил поверхностного натяжения жидкости пространства при синтезе-аннигиляции частиц и квантов излучения друг в друга. Здесь  $u$  коэффициент поверхностного натяжения жидкости пространства,  $s$  площадь поверхности жидкости пространства, локализующей квант излучения или частицу (и образующей внутреннюю структуру последней).

2.8. Согласно классической электростатике полная энергия кулоновских сил электрона равна удвоенному квадрату величины его заряда делённому на ди-

аметр электрона. Поэтому формула (1) позволяет точно вычислить величины  $u$  и  $d$  исходя из представления об электроне как «пузырьке пара» (лишённом внутренней структуры) в жидкости пространства, так как можно составить систему двух уравнений с этими двумя неизвестными:

$$2.1) 2e^2 / d = us ;$$

$$2.2) 2e^2 / d = mc^2$$

где  $e$  электрический заряд электрона,  $u$  неизвестный коэффициент поверхностного натяжения жидкости пространства;  $d$  неизвестный диаметр электрона;  $s = 3,14d^2$  площадь сферической поверхности пузырька-электрона,  $m$  масса электрона,  $c$  скорость света. Подставив справочные численные значения известных величин, и решив систему уравнений 2.1) и 2.2), получаем расчётную величину диаметра свободных фундаментальных заряженных «элементарных частиц»:

$$d = 0,563 \times 10^{-12} \text{ см}$$

и новую фундаментальную мировую константу

$$u = 0,823 \times 10^{18} \text{ эрг / см}^2 = 0,823 \times 10^{18} \text{ дин / см}$$

**Примечание.** Система уравнений (1) указывает на прямую пропорциональность величины массы фундаментальной частицы величине площади поверхности жидкости пространства, локализирующей эту частицу в ней и образующей внутреннюю структуру частицы. (Экспериментально это подтверждается эквивалентностью «дефекта масс» энергии распада и синтеза ядер, а теоретически — капельно-оболочечной моделью ядер атомов.)

2.9. Изложенные основополагающие идеи и формула (1) дают искомую однозначную взаимосвязь всех фундаментальных физических взаимодействий: электрослабого —  $h\nu$ , сильного —  $us$ , инертногравитационного —  $mc^2$  снимают все «парадоксы» релятивистской и квантовой физики, полностью объясняя последние с позиций классической физики.

2.10. Например, «корпускулярно-волновой дуализм» квантовой физики легко понять, глядя на пузырьки пара, всплывающие со дна сосуда на поверхность воды. Они всплывают не строго вертикально, а по спирально-винтовым траекториям вокруг вертикальной оси. Очевидно, точно так же частицы и кванты излучения (то есть, её «жидкокристаллические образования» и «пузырьки пара») движутся в ИКЖ пространства в свободном состоянии не по прямым траекториям, а по спирально-винтовым (вокруг прямо- или криволинейных «осей» винтовых траекторий движения).

2.11. Таким образом, длины «волн» де Бройля и квантов излучения следует понимать как шаги витков

винтовых траекторий движения частиц и квантов, а их «частоту» легко понять как число таких витков в секунду.

2.12. Винтовое правое или левое направление витков траектории движения частиц и фотонов легко объясняет «поперечность электромагнитных волн» и двойное преломление света (а значит, «спин» фотона или частицы и его знак).

2.13. Понимание физической сущности пространства Вселенной как идеальной квантовой жидкости позволяет легко понять качественную картину тензорной теории гравитации. Так, присмотревшись к пузырькам воздуха на поверхности чая или кофе в стакане, легко заметить, что они ускоренно сближаются друг с другом, образуя островки пены. Это происходит потому, что непрерывно испаряющиеся с поверхности пузырька молекулы замещаются ближайшими молекулами из окружающего пузырька поверхностного слоя жидкости. Таким образом, пузырёк непрерывно натягивает на себя поверхностный слой жидкости, подтягивая к себе другие пузырьки. Очевидно, то же самое происходит и внутри ИКЖ пространства с элементарными частицами и любыми физическими объектами, только вместо молекул там действуют «квазичастицы» (то есть «пузырьки пара» — «кванты энергии») согласно формуле (1).

2.14. Представление о пространстве как жидкости близкой к идеальной даёт совершенно иную теорию наблюдаемого «галактического красного смещения», чем релятивистская космология и прямолинейный «закон Хаббла»  $V = Hr$ , не выполняющийся, как выяснилось, для далёких галактик.

Исходя из законов классической физики, аксиоматизации пространства как ИКЖ и начал её теории, автором были теоретически выведены следующие формулы величин частот, энергий, длин волн и полного времени жизни фотонов (квантов электромагнитного излучения) в зависимости от отрезка времени  $t$  их предшествующего движения в ИКЖ космического пространства:

$$T_0 = (v_0 / K)^{1/2} \quad (2)$$

$$v_t = v_0 - Kt(2T_0 - t) \quad (3)$$

$$E_t = h[v_0 - Kt(2T_0 - t)] \quad (4)$$

$$\lambda_t = c / [v_0 - Kt(2T_0 - t)] \quad (5)$$

В этих формулах здесь (и далее):

$T_0$  — возможное полное время жизни кванта при свободном движении в ИКЖ пространства от момента его излучения с энергией  $E_0 = h\nu_0$  о полного рассеяния в ней им своей энергии ( $E_t = t_0 = 0$ )

$t$  — отрезок времени движения кванта от момента излучения;

$\nu$ , – частота кванта как функция времени  $t$   $E$ , энергия кванта как функция времени  $t$   $\nu_0$ , частота кванта в момент его излучения (при  $t = 0$ )

$K$  – коэффициент смещения (обозначен автором заглавной буквой фамилии гениального физика-экспериментатора академика Капицы П. Л.)

$\lambda$ , – длина шага винтовой траектории (“волны де Бройля”) как функция времени  $t$  свободного движения кванта;

$h$  – постоянная Планка;

$c$  – постоянная скорости света.

**3. Доказательство.** (Математические начала теории пространства как идеальной квантовой жидкости и «фундаментальных элементарных частиц и квантов» в ней как её различных агрегатных состояний, локализуемых её же поверхностным натяжением).

Итак, согласно аксиоматизации и основополагающим идеям теории идеальной квантовой жидкости (ИКЖ) пространства фундаментальный закон сохранения и превращения энергии-массы в ней выражается системой уравнений (1):

$$h\nu = us = mc^2;$$

Теперь, исходя из представлений о пространстве как объективно реальной квантовой жидкости с очень малым коэффициентом внутреннего трения  $\eta$  (но не равным нулю, если её абсолютная температура не равна 0) и о фотоне как пузырьке пара жидкости пространства с площадью сферической поверхности геометрически равной  $s = \pi d^2$  (где  $d$  диаметр пузырька-фотона), найдём формулу полной кинетической энергии фотона согласно принципам классической физики. Для этого, рассмотрим “волну де Бройля” фотона как сложную винтовую траекторию движения шарика-пузырька с шагом винта равным  $\lambda$  и с частотой оборотов равной  $\nu$  вокруг оси траектории. В результате двух простых движений его центра: поступательного (со скоростью света параллельно оси винтовой траектории движения фотона) и вращательного с угловой скоростью  $\omega = 2\pi\nu$  и скоростью  $V = \omega R$  перпендикулярной этой оси (по касательной к окружности радиуса  $R$  цилиндра винтовой линии). Тогда согласно классической механике полная кинетическая энергия  $E$  фотона-пузырька с массой  $m$  и моментом инерции  $I = mR^2$  получится из сложения кинетических энергий поступательного и вращательного движений:

3.1)

$$E = 0,5mc^2 + 0,5I\omega^2 = 0,5mc^2 + 0,5m(R\omega)^2 = \\ = 0,5mc^2 + 0,5mV^2$$

Замечаем, что согласно формуле (1)  $mc^2 = us$ , значит,  $m = us / c^2$  Подставив соответствующие выражения в формулу полной энергии фотона, получаем:

$$3.2) E = 0,5us(1 + V^2 / c^2).$$

Так как, с другой стороны, полная энергия фотона определяется формулой Планка  $E = h\nu$ , то из уравнения  $h\nu = 0,5us(1 + V^2 / c^2)$  находим, что  $V = c$ , так как  $h\nu = us$ . То есть, перпендикулярная (по касательной к окружности радиуса  $R$ ) составляющая скорости фотона относительно оси винтовой траектории его движения равна скорости света так же как и её поступательная составляющая (параллельная оси винта).

**Следствия.** Из полученных равенств 3.1) и  $V = c$  ледует.

1) полная энергия квантов ЭМВ (фотонов)  $E = h\nu$  есть полная кинетическая энергия  $W = 0,5mc^2 + 0,5mV^2 = 0,5mc^2 + 0,5mc^2 = mc^2$  их движения по винтовой траектории (то есть, из классической механики непосредственно следует, что  $W = E = h\nu = mc^2$ ;

2) модуль полной скорости движения квантов по винтовой линии больше константы поступательной скорости распространения света в  $2^{1/2}$ , то есть, равна приблизительно  $\approx 1,414c$ .

По формуле (1), зная частоту  $\nu$  фотона в момент излучения, мы можем определить не только его энергию по формуле  $E = h\nu$  и массу по формуле  $E = mc^2$  на этот момент, но и диаметр  $d$  образующего его «пузырька пара» жидкости пространства и радиус  $R$  винтовой траектории его движения. Например, так как  $s = \pi d^2 = hv / u$ , то диаметр пузырька-фотона находим по формуле

$$3.3) d = (hv / \pi u)^{1/2}$$

Для фотона фиолетового света, частоту которого примем за

$\nu = 0,76 \times 10^{15}$  Гц, находим

$$d = \frac{(6,62 \times 10^{-27} \text{ эрг / сек} \times 0,76 \times 10^{15} \text{ Гц})^{1/2}}{(3,14 \times 0,823 \times 10^{18} \text{ эрг / см}^2)^{1/2}} = \\ = \frac{(6,62 \times 10^{-27} \times 0,76 \times 10^{15})^{1/2}}{(3,14 \times 0,823 \times 10^{18})^{1/2}} \text{ см} = 1,4 \times 10^{-15} \text{ см}$$

Следовательно, диаметр самого крупного, из видимых человеку, «фиолетового» фотона составляет около 0,3% диаметра свободных фундаментальных «элементарных» частиц (электронов и протонов).

Радиус  $R$  его винтовой траектории вокруг оси направления движения находим по формулам  $\omega = 2\pi\nu$  и  $V = \omega R$ . Так как  $V = c$ , то

3.4)  $R = c / (2\pi\nu)$ , значит, для фиолетового света примерно  $R = 6 \times 10^{-6}$  см, то есть, в сотни милли-

онов раз больше диаметра самого фотона  $d = 1,4 \times 10^{-15}$  см.

Таким образом, определив энергию фотона в данный момент, мы можем вычислить для этого момента все его параметры на основе принципов классической физики (подтверждая тем самым пророчество Дирака о статусе “в качестве паллиатива без всякого будущего” общепринятой трактовки квантовой теории).

До сих пор современная теоретическая физика считает фотоны вечно неизменными в свободном движении от источника до приёмника, сколько бы миллиардов лет это движение ни продолжалось. Понимание сущности пространства как идеальной квантовой жидкости требует другого представления о фотонах как непрерывно теряющих свою энергию. Ведь, как бы ни была мала величина вязкости ИКЖ пространства, её температура выше абсолютного нуля, поэтому, на гигантских расстояниях между звёздами галактик фотоны должны терять кинетическую энергию на совершение работы против сил её внутреннего трения. Найдём уравнение зависимости энергии фотона от пройденного пути, учитывающее эту потерю.

Сила трения  $f$  сопротивляющаяся движению шара сквозь жидкость, определяется уравнением Стокса:

$$f = 3\pi\eta dV,$$

где:  $\eta$  – коэффициент вязкости жидкости,  $d$  – диаметр шара,  $V$  – скорость его движения в жидкости. Скорость движения пузырька-фотона по винтовой траектории всегда неизменна. Согласно правилу сложения скоростей в классической физике она равна  $2^{1/2}c \approx 1,414c$ , так как нами установлено, что параллельная (поступательная) и перпендикулярная (по касательной к окружности радиуса  $R$ ) скорости фотона относительно оси винтовой траектории равны скорости света  $c$ . Диаметр фотона, как установлено там же, определяется формулой 3.3)  $d = (hv / \pi u)^{1/2}$ . Значит, уравнение для нахождения абсолютной величины силы трения при движении фотона по винтовой линии согласно формуле Стокса принимает вид:

$$3.5) f = 3\pi\eta(hv / \pi u)^{1/2} \times 2^{1/2}c$$

Составим дифференциальное уравнение бесконечно малой потери энергии  $\Delta E$  фотоном на бесконечно малом отрезке  $\Delta L$  его движения по винтовой линии за бесконечно малый промежуток времени  $\Delta t$ . С одной стороны, величина потери энергии  $\Delta E$  будет равна работе силы трения  $f$  а бесконечно малом отрезке длины винтовой линии  $\Delta L = 2^{1/2}c\Delta t$  То есть,

$$3.6)$$

$$\Delta E = 3\pi\eta(hv / \pi u)^{1/2} \times 2^{1/2}c\Delta L = 6\pi^{1/2}c^2\eta(h / u)^{1/2}v^{1/2}\Delta t$$

С другой стороны, бесконечно малое изменение величины энергии фотона может быть найдено по формуле Планка как

$\Delta E = h\Delta\nu$ , где  $\Delta\nu$  – бесконечно малое изменение частоты фотона за бесконечно малый промежуток времени  $\Delta t$ . Значит, мы можем записать дифференциальное уравнение вида:

$$3.7) h\Delta\nu = 6\pi^{1/2}c^2\eta(h / u)^{1/2}v^{1/2}\Delta t, \text{ то есть}$$

$$3.8) \Delta t / \Delta\nu = v^{-1/2}(hu)^{1/2}(6\pi^{1/2}c^2\eta)^{-1}.$$

В правой части этого дифференциального уравнения переменная величина  $v^{-1/2}$  зависит от изменяющейся частоты фотона. Остальные множители  $(hu)^{1/2}(6\pi^{1/2}c^2\eta)^{-1}$  это постоянные величины, произведение которых тоже есть некоторая постоянная величина  $K_1$  то есть,

$$3.9) K_1 = (hu)^{1/2}(6\pi^{1/2}c^2\eta)^{-1}.$$

Исходя из этого, мы можем написать интегральное уравнение вида

$$3.10) \int_0^T dt = K_1 \int_{v_0}^0 v^{-1/2} dv$$

Взяв определённый интеграл на всём отрезке изменения частот от начальной  $v_0$  (в момент излучения фотона) до равной 0 Гц (в момент окончательного рассеяния им энергии), получаем формулу полного времени  $T_0$  жизни свободно движущегося в космическом пространстве кванта шкалы ЭМИ от момента его излучения до полной диссипации его энергии в ИКЖ пространства:

$$3.11) T_0 = 2K_1v_0^{1/2}$$

Из этой формулы получаем:

$$v_0 = KT_0^2 \quad (2),$$

где постоянная  $K = (1/2K_1)^2$ , то есть,

3.9')  $K = 9\pi\eta^2c^4h^{-1}u^{-1}$  Формула (2) даёт возможность вычисления уменьшения частоты фотона (то есть, “галактического красного смещения”) если известно расстояние между источником и приёмником ЭМВ в космосе и, наоборот, вычисления расстояния между источником и приёмником ЭМВ в космосе, если известны начальная частота  $v_0$  в момент излучения и конечная частота  $v$ , в момент приёма.

Действительно, если за начало отсчёта времени  $t_0 = 0$  принимать момент излучения (рождения) кванта с первоначальной частотой излучения  $v_0$  а полное возможное время жизни этого кванта обозначить символом  $T_0$ ; то в любой последующий (после излучения) момент времени  $t$  (без учёта влияния гравитации и эффекта Доплера) мгновенные значения его частоты  $v$ , можно найти из уравнения

$$3.12) v_0 - v_t = KT_0^2 - K(T_0 - t)^2 = Kt(2T_0 - t)$$

Отсюда (согласно формуле Планка  $E = hv$ ) для



любого кванта ЭМВ находим как строго определённые функции времени  $t$  его свободного движения в ИКЖ пространства:

$$T_0 = (v_0 / K)^{1/2} \quad (2)$$

$$v_t = v_0 - Kt(2T_0 - t) \quad (3)$$

$$Et = h[v_0 - Kt(2T_0 - t)] \quad (4)$$

$$\lambda_t = c / [v_0 - Kt(2T_0 - t)] \quad (5)$$

Формулы (2) — (5) следуют из непрерывности функции времени жизни фотона на всём пути  $L$  свободного (поступательного вдоль оси винтовой траектории) движения в ИКЖ пространства от момента излучения  $t_0 = 0$  до момента  $t = L / c$ . То есть, эти формулы получены из логического допущения, что в момент времени  $t$ , когда частота фотона изменится от  $v_0$  (в момент излучения) до  $v_t$  оставшееся «время жизни»  $T_t$  фотона уменьшится на величину отрезка времени  $t$ . То есть,  $T_t = T_0 - t$ .

Докажем справедливость такого логического допущения математически.

Пусть фотон в момент его излучения ( $t_0 = 0$ ) покинул источник с частотой  $v_0$ . По формуле (2) находим время  $T_0$  его жизни с момента излучения до полной диссипации его энергии в ИКЖ пространства:

$$3.13) T_0 = (v_0 / K)^{1/2}.$$

Пусть через отрезок времени  $t$ , когда частота фотона  $v_t$  станет равной по формуле (3) величине  $v_t = v_0 - Kt(2T_0 - t)$ , в той же точке пространства излучается новый фотон с такой же частотой  $v_t$ . Полное время жизни  $T_t$  этого фотона тоже выразим по формуле (2):

$$3.14) T_t = (v_t / K)^{1/2}.$$

Заменив в этом выражении частоту  $v_t$  равным ей значением

$$v_t = v_0 - Kt(2T_0 - t) \text{ из формулы (3) получим:}$$

$$3.15)$$

$$T_t = [v_0 - Kt(2T_0 - t) / K]^{1/2} = (v_0 / K - 2T_0 t + t^2)^{1/2}.$$

Замечаем, что  $v_0 / K = T_0^2$  согласно формуле (2).

Поэтому, получаем:

$$3.16) T_t = (T_0^2 - 2T_0 t + t^2)^{1/2} = [(T_0 - t)^2]^{1/2}, \text{ то есть, } T_t = T_0 - t.$$

Что и требовалось доказать.

Теория диссипации (рассеяния) энергии квантов ЭМВ при их движении в ИКЖ пространства приводит к совершенно иному закону (чем прямолинейный закон Хаббла  $V = Hr$  «галактического красного смещения»). А именно, из формулы (6) следует, что рассеяние энергии квантов ЭМВ при свободном движении в космическом пространстве происходит так, что разность между квадратным корнем из частоты  $v_0$  кванта (при излучении источником) и корнем квадратным из его

частоты  $v_t$  (при достижении приёмника) отнесённая к расстоянию  $r$  между источником и приёмником (или ко времени  $t = r / c$ , за которое оно пройдено квантом) есть величина постоянная для всего спектра излучения ЭМВ при данном расстоянии, так как

$$v_0^{1/2} - v_t^{1/2} = K^{1/2} t \quad (6)$$

или

$$v_0^{1/2} - v_t^{1/2} = K^{1/2} r / c \quad (6')$$

Постоянный «коэффициент Капицы»  $K$  «галактического красного смещения» получен в началах теории ИКЖ пространства как одночлен, состоящий из произведения различных степеней фундаментальных мировых констант, фактически являющихся основными физическими параметрами идеальной квантовой жидкости (ИКЖ) пространства:

$$3.9') K = 9\pi\eta^2 c^4 h^{-1} u^{-1}, \text{ где}$$

$K$  – постоянная «красного смещения» (или коэффициент имени академика Капицы П. А.);

$\pi$  – число «пи»;

$\eta$  – коэффициент внутреннего трения ИКЖ пространства (или «постоянная сверхслабого взаимодействия»);

$c$  – постоянная скорости света;

$h$  – постоянная Планка;

$u$  – коэффициент поверхностного натяжения ИКЖ пространства (или постоянная сильного взаимодействия).

Зная величину коэффициента  $K$  можно вычислить неизвестный коэффициент внутреннего трения ИКЖ пространства  $\eta$ , так как все остальные фундаментальные величины, входящие в выражение  $K$ , нам уже известны.

Из нового закона «галактического красного смещения» следует, что астрофизики могут вычислять расстояния  $r$  о галактик и других космических источников излучения тем точнее, чем дальше от нас они находятся, так как погрешность, связанная со смещением спектров из-за доплер-эффекта при относительном движении (с пекулярными скоростями) источника и приёмника излучения, будет уменьшаться до величин высших порядков малости.

Наиболее точно вычислить величину коэффициента  $K$  в настоящее время можно по наблюдаемому красному смещению спектров излучения галактик, расстояния до которых достоверно установлены одинаковыми несколькими различными методами наблюдательной астрономии на протяжении последнего столетия. Это смещение выражается формулой  $z = (v_0 - v_t) / v_t$ , из которой следует, что

$$v_0 - v_t = zv_t v_0 = v_t(z+1).$$

Уже в первой трети прошлого века наблюдательной астрономией было установлено, что в среднем для наблюдаемых ближайших к нам галактик в пересчёте на расстояние в один мегапарсек источники видимого человеческого глазом диапазона света имеют расчётное (относительное) красное смещение эталонных линий спектра приблизительно

$$z = 0,0016706.$$

Расстояние в один мегапарсек свет проходит за время

$$t = 1,0340487 \times 10^{14} \text{ сек.}$$

Исходя из этих данных по формуле (6)

3.17)

$K = (v_0 - 2v_0^{1/2}v_t^{1/2} + v_t) / t^2 = v_t[z + 2 - 2(z+1)^{1/2}] / t^2$  находим, что если мы получаем от неподвижного относительно нас источника видимого света фотон с частотой  $v_t = 0,53060612035 \times 10^{15}$  Гц (середины видимого диапазона), то из этих параметров расчёт  $K$  даёт нам следующую его величину

$$K = 0,34736 \times 10^{-19} \text{ сек}^{-3}$$

Зная эту расчётно-эмпирическую величину коэффициента  $K$  наблюдаемую величину  $z = 11,9$  для самой далёкой из известных в наше время галактики UDFj-9546284, определим время движения света от неё до нас исходя из формулы 3.17)

$$t = [(v_0^{1/2} - v_t^{1/2})^2 / K]^{1/2} = [(v_0 - 2v_0^{1/2}v_t^{1/2} + v_t) / K]^{1/2}$$

Для той же (средней из видимого диапазона частот)  $v_t = 0,53060612035 \times 10^{15}$  Гц по формуле красного смещения  $z = (v_0 - v_t) / v_t$  находим

$$v_0 = v_t(z+1) = v_t(11,9+1) = 12,9v_t$$

Поэтому имеем:

$$t = [v_t(13,9 - 2 \times 12,9^{1/2}) / K]^{1/2}$$

$$t = [0,53060612035 \times 10^{15}(13,9 - 7,1833) / 0,34736 \times 10^{-19}]^{1/2} = 3,203124 \times 10^{17} \text{ (сек)}$$

Это время в секундах, которое свет идёт от галактики UDFj-9546284 до нас.

Таким образом, расстояние  $r$  от нас до галактики UDFj-9546284 составляет:  $r = 3,203124 \times 10^{17} / 3,15576 \times 10^7 = 10,15 \times 10^9$  (световых лет).

То есть, новый закон галактического красного смещения даёт уточнённое (постоянное) расстояние до галактики UDFj-9546284 как равное 10 миллиардам 150 миллионам световых лет.

Зная величину коэффициента «галактического красного смещения» (имени П. Л. Капицы)  $K = 0,34736 \times 10^{-19} \text{ сек}^{-3}$ , можно вычислить ещё одну новую фундаментальную мировую константу  $\eta$  – коэффициент внутреннего трения идеальной квантовой

жидкости (ИКЖ) пространства (или «постоянную сверхслабого взаимодействия»).

Как было показано выше

$$K = \eta^2 9\pi c^4 h^{-1} u^{-1}, \text{ где}$$

$K$  – постоянная «красного смещения» (или коэффициент имени академика Капицы П. Л.);

$\eta$  – коэффициент внутреннего трения ИКЖ пространства (или «постоянная сверхслабого взаимодействия»);

$\pi$  – число «пи»;

$c$  – постоянная скорости света;

$h$  – постоянная Планка;

$u$  – коэффициент поверхностного натяжения ИКЖ пространства (или постоянная сильного взаимодействия).

Таким образом

$$\eta = [K / (9\pi c^4 h^{-1} u^{-1})]^{1/2} \text{ где:}$$

$$K = 0,34736 \times 10^{-19} \text{ сек}^{-3} \quad u = 0,823 \times 10^{18} \text{ эрг / см}^2$$

– это новые физические константы, вычисленные в началах теории ИКЖ пространства. Подставив известные величины и вычислив, получим:

$$\eta = \frac{(0,34736 \times 10^{-19} \times 6,6260755 \times 10^{-27} \times 0,823 \times 10^{18})^{1/2}}{(9 \times 3,14 \times 2,99792458^4 \times 10^{40})^{1/2}}$$

То есть,  $\eta = 2,882 \times 10^{-36}$  Пуаз.

**Примечание.** Зная величину коэффициента «сверхслабого взаимодействия»  $\eta$  и массу любого тела мы можем легко вычислять силу противодействия его движению в ИКЖ пространства в зависимости от абсолютной скорости согласно представлениям и законам классической физики.

**4. Доказательство адекватности принципам классической физики представлений о физической сущности реального пространства («физического вакуума»)** как идеальной квантовой жидкости (ИКЖ), а электронов и квантов электромагнитных волн как пузырьков пара (идеального газа «квазичастиц») в ней.

Свободному электрону как пузырьку пара в ИКЖ бесконечного объёма пространства Вселенной должны в точности соответствовать законы классической молекулярно-кинетической теории (МКТ) для идеальных газов, а именно, полная тепловая энергия  $W$  внутри объёма  $V$  электрона должна определяться уравнением

4.1)  $W = pV \times 3/2$ , где  $p$  давление квазипара внутри электрона.

Согласно третьему закону Ньютона давление пара на поверхность пузырька должно быть равным давлению его поверхности на пар, находящийся внутри пузырька.

Но в бесконечном объёме ИКЖ пространства, свободного (условно) от силовых полей частиц вещества, каждый элемент её объёма находится в равновесии любых сил взаимодействий с соседними элементами (результатирующая этих сил должна равняться нулю). Поэтому, на пар в свободном стабильном пузырьке-электро-не может действовать только давление его сферической поверхности ИКЖ пространства, определяемое по классической формуле Лапласа:

4.2)  $p = 4u / d$ , где  $d$  – диаметр пузырька-электрона,  $u$  – коэффициент поверхностного натяжения ИКЖ пространства.

Согласно классической теории электричества полная энергия  $E$  электрона диаметра  $d$  может быть выражена формулой:

4.3)  $E = 2e^2 / d$ , где  $e$  – постоянная электрического заряда электрона.

В абсолютной системе единиц СГСЭ с точностью до второго знака эта энергия равна  $0,82 \times 10^{-6}$  эрг.

Согласно классическому закону сохранения и превращения энергии величина  $E$  должна быть равна величине полного энергетического эквивалента массы  $m$  электрона:

4.4)  $2e^2 / d = mc^2$  (Что полностью соответствует бесчисленным экспериментальным результатам)

Так как величины  $e, m$  и  $c$  точно определены экспериментально, то подставив в формулу 4.4) их справочные значения (в СГСЭ системе) и вычислив, получим:

$d = 5,64 \times 10^{-13}$  см, что соответствует классическому радиусу электрона). Геометрически площадь поверхности электрона  $s$  вычисляется по формуле

$$4.5) s = 3,14d^2.$$

Подставив это значение в правую часть ( $us = mc^2$ ) «тройной формулы» (1) получим:  $u \times 3,14 \times (5,64 \times 10^{-13})^2 \text{ см}^2 = mc^2$ . Подставляя справочные значения величин  $m$  и  $c$  вычисляя, находим (как показано ранее) величину коэффициента поверхностного натяжения ИКЖ пространства:

$$u = 0,823 \times 10^{18} \text{ эрг / см}^2 = 0,823 \times 10^{18} \text{ дин / см}.$$

Зная величины  $u$  и  $d$  по формуле 4.2) Лапласа вычисляем давление поверхности ИКЖ пространства на пар внутри объёма  $V$  электрона:

$$p = 4 \times 0,823 \times 10^{18} / 5,64 \times 10^{-13} = 0,584 \times 10^{31} \text{ (бар)}.$$

Геометрически объём электрона находим по формуле

$$4.6) V = 3,14d^3 / 6, \text{ то есть,} \\ V = 3,14 \times (5,64 \times 10^{-13})^3 / 6 = 0,94 \times 10^{-37} \text{ (см}^3\text{)}$$

Подставляя найденные значения величин давления  $p$  и объёма  $V$  для электрона в уравнение 1) и вычислив, получаем:

$$4.7) W = pV \times 3/2 = 0,584 \times 10^{31} \times 0,94 \times 10^{-37} \times 3/2 = \\ = 0,82 \times 10^{-6} \text{ эрг}$$

То есть, вычисления подтверждают, что согласно классическим принципам физики и представлениям и законам её МКТ полная тепловая энергия электрона как пузырька пара (идеального газа квазичастиц) внутри ИКЖ пространства равна его полной электростатической энергии (равно как и его энергетическому эквиваленту массы).

Что и требовалось доказать.

*P.s.* Вычислив величину  $u$  из условия существования стабильного электрона, мы можем легко вычислить величины  $d$ ,  $p$  и  $V$  для квантов ЭМВ, исходя из системы уравнений (1) и получить для них аналогичные результаты доказательства их сущности как нестабильных пузырьков пара в ИКЖ пространства.

**5. Ещё раз в нескольких словах о том, как в теории ИКЖ пространства появляется система уравнений.**

$$h\nu = us = mc^2 \quad (1),$$

где (применительно к фотону-кванту ЭМВ)

$h$  – постоянная Планка,

$\nu$  – частота кванта,

$u$  – коэффициент поверхностного натяжения ИКЖ пространства,

$s$  – площадь поверхности ИКЖ пространства, локализирующей квант излучения,

$m$  – масса кванта,

$c$  – скорость света.

Итак, пространство по его свойствам это идеальная квантовая жидкость состоящая из сверхтекучей компоненты в которой по всему объёму распространяется идеальный газ её квазичастиц (квази пар).

Экспериментально достоверно установлено, что свободному инерциальному движению любых физических микрообъектов в ИКЖ пространства соответствует строго определённый волнообразный процесс с длиной волны определяемой формулой де Бройля:  $L = h / mv$ . Причём, это соотношение имеет место для частиц и квантов вплоть до скорости света  $c$ .

Согласно началам теории ИКЖ пространства  $L$  – это шаг винтовой траектории движения частиц и квантов в ней, обусловленный иерархической капельно-кластерной структурой ИКЖ как и любых жидкостей (по теории Я. И. Френкеля).

**Примечание.** Винтовое (волнообразное) движение макрочастиц в жидкости мы можем наблюдать в стакане обычной жидкости. Там пузырьки пара или газа всплывают вверх всегда по винтообразным траекториям. Зная шаг винтовой траектории  $L = h / mv$ , мы

легко вычисляем период  $t$  обращения частицы или кванта вокруг оси его винтовой траектории:

$t = L/v = h/mv^2$ . Отсюда  $mv^2 = h/t$ . Так как  $1/t$  – это частота  $\nu$  периодического процесса обращения частицы или кванта вокруг оси винтовой траектории движения, то получаем выражение:

$mv^2 = h\nu$ , которое для кванта ЭМВ тождественно обращается в выражение  $h\nu = mc^2$ . Теперь об истинном физическом смысле формулы  $h\nu = mc^2$ . Он может быть легко и просто объяснён исходя из понимания физической сущности пространства как идеальной квантовой жидкости (ИКЖ).

Ведь, для того, чтобы в ней мог возникнуть пузырьёк диаметром  $d$  должна быть совершена работа  $us = 3,14d^2u$  против сил поверхностного натяжения ИКЖ пространства.

Но в идеальной квантовой жидкости пространства свободной от физических тел есть только один «энергоноситель». Это идеальный квантовый газ из её квазичастиц.

Значит, потенциальная энергия натяжения поверхности  $s$  пузырька — кванта в ИКЖ пространства должна быть равна локализованной этой поверхностью полной энергии квазичастиц этого кванта.

Полная энергия кванта теоретически и экспериментально определяется по формуле Планка как  $E = h\nu$ . Значит, для пузырька-кванта можно записать равенство  $us = h\nu$ . С другой стороны мы вывели ранее (из формулы де Бройля) для кванта энергии соотношение  $h\nu = mc^2$ . Сравнивая его с предыдущим соотношением, можем записать систему уравнений для пузырька-кванта энергии в ИКЖ пространства:

$h\nu = us = mc^2$  Так как величины  $h$ ,  $u$ ,  $c$  в этой системе уравнений это фундаментальные константы, то величины  $s$   $m$  являются прямо пропорциональными. Из выше сказанного следует, что полная (по квантовой теории) энергия кванта излучения  $h\nu$  равна, с одной стороны, потенциальной энергии натяжения образуемого им пузырька в ИКЖ пространства, а, с другой стороны, она равна удвоенной кинетической энергии этого пузырька, движущегося по винтовой траектории поступательно вдоль её оси со скоростью света (по законам классической физики).

Из целого ряда различных физических экспериментов следует, что полученное для квантов шкалы ЭМВ соотношение полной энергии  $us=mc^2$  справедливо и для элементарных частиц электронов и позитронов. А из явления дефекта масс и его количественного анализа для распада и синтеза ядер оно справедливо и для ядер водорода и гелия, то есть, для

протонов и нейтронов, входящих в эти ядра. (Но для протонов и нейтронов необходимо суммировать площадь наружной поверхности, локализирующую эти частицы в ИКЖ пространства и площадь её поверхности образующую их внутреннюю структуру).

### 6. Расчёт количества квазичастиц в свободном электроде.

Согласно представлениям классической молекулярно-кинетической теории (МКТ) температура тела  $T$  есть количественная мера энергии хаотического теплового движения его молекул. При этом средняя кинетическая энергия поступательного движения каждой молекулы прямо пропорциональна абсолютной температуре тела  $T$ :

6.1)  $mv^2/2 = 3kT/2$ . Согласно началам теории пространства как идеальной квантовой жидкости (ИКЖ) свободный электрон представляет собой пузырьёк её квазипара (то есть, идеального газа квазичастиц бесконечно малой массы и размера). Исходя из 3-го закона Ньютона (о равенстве действия и противодействия), законов МКТ и закона сохранения и превращения энергии-массы ранее нами было установлено, что полная тепловая энергия  $E = 3pV/2$  электрона должна быть в точности равна потенциальной энергии  $us$  натяжения образующей его поверхности ИКЖ пространства:

$$6.2) us = 3pV/2, \text{ где}$$

$u$  – коэффициент поверхностного натяжения ИКЖ пространства;

$s$  – площадь поверхности пузырька-электрона;

$p$  – давление квазипара внутри пузырька-электрона;

$V$  – объём пузырька-электрона.

Давление  $p$  в идеальном газе может быть выражено основной формулой кинетической теории газов в виде  $p = nkT$ , где  $n$  – удельное число частиц в единице объёма  $V$  (концентрация). Так как  $n = N/V$ , где  $N$  – полное число частиц в данном объёме газа, то произведение  $pV = nkTV$  можно записать в форме:

$$6.3) pV = nkTV.$$

Согласно тройной формуле (1) системы уравнений выражающей закон сохранения и превращения энергии-массы в ИКЖ пространства мы имеем уравнение:

$$6.4) us = mc^2 \text{ где}$$

$m$  – масса электрона;

$c$  – скорость света.

Так как  $us/2 = mc^2/2$ , то половина полной энергии электрона оказывается равной кинетической энергии частицы с массой электрона  $m$  определяющей общую температуру  $T$  объёма газа:

$$6.5) \quad mc^2/2 = (3/2)kT,$$

в котором кинетическая энергия любой частицы будет равна  $(3/2)kT$ , а полная энергия объёма  $(3/2)pV = (3/2)NkT$

### Пояснение 1.

Так как  $us = (3/2)pV$ , то есть, потенциальная энергия натяжения поверхности электрона равна его полной внутренней тепловой энергии, которая равна полному энергетическому эквиваленту массы электрона  $mc^2$ ; то  $mc^2/2$  можно рассматривать как кинетическую энергию поступательного теплового движения свободного электрона как обычной «корпускулы» идеального газа, не принимая во внимание его электрическое внешнее поле (так как одинокий свободный электрон не взаимодействует ни с какими другими зарядами). Но в таком случае, энергия теплового движения самого электрона как частицы идеального газа выражалась бы через абсолютную температуру как

$$mc^2/2 = (3/2)kT.$$

Поверхность электрона это тоже «корпускула» системы газообразного тела (сферическая поверхность + квазичастицы). А согласно МКТ их непрерывное взаимодействие друг с другом должно установить между ними динамическое равновесие выражающееся именно в том, что кинетическая энергия (средне-квадратичная) частицы в этой системе должна быть равной  $(3/2)kT$ . Так как поступательная скорость свободного движения электрона в ИКЖ пространства не может превышать скорость света, то и кинетическая энергия его теплового движения (поступательного) не может превышать величину  $mc^2/2$ . Значит, взаимодействие внутренних квазичастиц с поверхностью электрона должна проявляться как хаотическое дрожание (осцилляция) электрона в ИКЖ пространства со средней скоростью поступательного хаотического движения равной скорости света  $c$ . Отсюда можно записать уравнение  $Nus/2 = us$ , так как  $us = mc^2$ .

### Пояснение 2.

2.1. МКТ не накладывает никаких ограничений на количество, размер и массу атомов-корпускул идеального газа. В пределе они могут стремиться к нулю. (Поэтому, любой начальный объём и любое начальное давление идеального газа могут стремиться к нулю при  $T$  стремящейся к нулю.)

2.2. Из фундаментального уравнения  $mv^2/2 = 3kT/2$  полученного в МКТ следует, что энергия теплового движения частиц любого размера и массы в объёме идеального газа имеющего темпера-

туру  $T$  одинакова для всех частиц и определяется всегда только этой температурой. Поэтому, рассматривая электрон как пузырёк идеального газа температуры  $T$  внутри сверхтекучей (не имеющей вязкости) ИКЖ мы должны принять, что любые частицы в нём любой массы  $m$  должны иметь энергию теплового движения равную  $(3/2)kT$ .

2.3. С точки зрения 3-го закона механики Ньютона не имеет ни малейшего значения, с внутренней или наружной стороны получает одни и те же по модулю импульсы квазичастиц абсолютно упругая сфера поверхности электрона.

Так как температура газообразного тела это есть температура его газа, то температура свободного электрона это есть температура газа его квазичастиц. Сопоставив формулы 6.2) и 6.3) мы получим:

6.6)  $(3/2)NkT = us$  Сопоставив формулы 6.4), 6.5) и 6.6) мы получим формулу:

6.7)  $Nus/2 = us$  с одной неизвестной величиной  $N$ , очевидно, равной 2. Таким образом, нами установлено, что свободный электрон образуют ДВЕ квазичастицы ИКЖ пространства с суммарной тепловой энергией  $mc^2$  поверхность ИКЖ пространства с потенциальной энергией натяжения  $us$ .

*P.s.* Оппонентам начал теории ИКЖ пространства может показаться «не правомерным» применение законов МКТ к столь малому количеству квазичастиц в объёме электрона.

Однако, основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов (уравнение Клаузиуса) в виде  $p = nKT$ , где  $n$  число частиц в единице объёма (концентрация) газа, не накладывает ограничений на число  $n$  расчётное значение которого может оказаться как целым, так и дробным или иррациональным.

## 7. Основной закон идеальной квантовой жидкости пространства.

В 1985 году автору удалось вывести уравнение, которое, очевидно, можно считать основным (фундаментальным) законом конденсированных (жидкостных) квантовых сред.

А именно, что фундаментальная постоянная Планка равна произведению трёх физических величин, определяющих свойство состав и структуру данной конденсированной жидкой квантовой среды:

$$h = mVd \quad (7)$$

где  $h$  постоянная Планка,  $m$  масса «элементарной частицы» данной среды,  $d$  её диаметр,  $V$  скорость распространения элементарного кванта действия  $h$  данной конденсированной квантовой среде.

Фрактально-иерархическая капельно-кластерная структура ИКЖ пространства, само собой, разумеется, имеет на каждом уровне свой средний диаметр капель-кластеров, бесконечно уменьшающийся с «понижением уровня». Поэтому, произведение  $md$  уменьшается от уровня к уровню (в пределе стремясь к нулю). Соответственно  $V = h/md$  стремится (при том же условии) к бесконечности.

Исходя из этих соображений, по формуле основного закона конденсированных квантовых сред можно легко найти порядок скорости распространения фононного звука  $V$  молекулярной квантовой жидкости, если известен порядок величин массы  $m$  диаметра  $d$  её молекулы. (Или найти диаметр  $d$  молекулы, если известны её масса  $m$  скорость  $V$ ).

Давайте проверим адекватность реальности «Основного закона конденсированных квантовых сред»  $h = mVd$  на примере наиболее давно и точно изученной отечественной физикой квантовой жидкости «гелий-II».

Масса её одноатомных «элементарных» частиц ( ${}^4_2\text{He}$ ) определена как  $m = 6,65 \times 10^{-24}$  (г) Плотность этой квантовой жидкости в 7 раз меньше чем у воды,

то есть порядка  $0,14$  ( $г/см^3$ ) Поэтому, расчёт диаметра  $d$  атомов сделаем (исходя из плотнейшей упаковки шаров — неподвижных атомов в квантовой жидкости) так:

1) количество  $n$  атомов в одном кубическом сантиметре находим как  $n = 0,14 / (6,65 \times 10^{-24}) = 0,02 \times 10^{24}$  ( $см^{-3}$ )

2) на каждый атом приходится удельный объём жидкости  $v_1 = 1/n = 50 \times 10^{-24}$  ( $см^3$ )

3) умножая на коэффициент упаковки этот удельный объём жидкости получаем объём одного шароатома  $v = 0,74 \times 50 \times 10^{-24} = 37 \times 10^{-24}$  ( $см^3$ )

4) по формуле  $v = 3,14d^3/6$  находим  $d = (6 \times 37 \times 10^{-24} / 3,14)^{1/3} = 70,70^{1/3} \times 10^{-8} = 4,135 \times 10^{-8}$  (см) Теперь, находим теоретическую расчётную поступательную скорость распространения собственных колебаний (квазичастиц) в квантовой жидкости гелий-II по формуле  $V = h/md$ :  $V = 6,626 \times 10^{-27} / (6,65 \times 10^{-24} \times 4,135 \times 10^{-8}) = 0,24 \times 10^5$  ( $см/с$ ). То есть,  $V = 240 м/с$ , что и требовалось доказать.

(Учениками и сотрудниками академика П. Л. Капицы скорость звука в квантовой жидкости гелий-II ещё до 1940 года измерена близкой к 240 м/с.)

#### Список литературы:

1. Капица П. Л. Проблемы жидкого гелия // Доклад на Общем собрании Академии наук СССР, 1940.
2. Кузнецов Б. Г. Принципы классической физики // М., 1958.
3. Фриш и А. В. Тиморева Курс общей физики, т. 1 М., 1956.
4. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Курс физики, т. 3, волновые процессы, оптика, атомная и ядерная физика. М., 1967.
5. Дуков В. М. Электрон, история открытия и изучения свойств М., 1966.
6. Калашников С. Г. Электричество. М., 1977.
7. Первоисточники и популярное изложение трудов великих физиков (от И. Ньютона до наших дней).

## Section 12. Chemistry

## Секция 12. Химия

*Lygin Sergei Aleksandrovisch,  
candidate of chemistry, associate professor Birsk branch  
of the Bashkir State University, Russia Birsk  
E-mail: lygins@mail.ru*

*Polyakova Larisa Rimovna,  
candidate of agricultural sciences, associate Professor Birsk branch  
of the Bashkir State University, Russia Birsk*

*Purina Elena Sergeevna,  
candidate of biological sciences, Senior lecturer, Birsk branch  
of Bashkir State University, Russia, Birsk.*

*Lygina Raisa Ivanovna,  
senior Lecturer, Department of Biology and Chemistry Birsk branch of  
Bashkir State University, Russia, Birsk*

### Chemical analysis of compound feeds

**Abstract:** In this work modern methods of the physical and chemical analysis were used, such as: titrimetric, ionometric, argentometric, photometric, etc. It is established that the lack of calcium leads to osteoporosis, rickets to a curvature of a backbone, edges and a beak.

**Keywords:** compound feed, premixes, osteoporosis, rickets, phosphorus, calcium, natrium.

*Лыгин Сергей Александрович,  
канд. хим. наук, доцент Бирского филиала Башкирского  
государственного университета, РФ, г. Бирск  
E-mail: lygins@mail.ru*

*Полякова Лариса Римовна,  
канд. с.-хоз. наук, доцент Бирского филиала Башкирского  
государственного университета, РФ, г. Бирск*

*Пурина Елена Сергеевна,  
канд. биол. наук, старший преподаватель Бирского филиала Башкирского  
государственного университета, РФ, г. Бирск*

*Лыгина Раиса Ивановна,  
старший преподаватель факультета биологии и химии Бирского  
филиала Башкирского государственного университета, РФ, г. Бирск*

### Химический анализ комбикормов

**Аннотация:** В работе использовались современные методы физико-химического анализа: титриметрический, ионометрический, аргентометрический, фотометрический и др. Установлено, что недостаток кальция приводит к остеопорозу, рахиту искривлению позвоночника, ребер и клюва.

**Ключевые слова:** комбикорм, премиксы, остеопороз, рахит, фосфор, кальций, натрий.

Комбикормами называют однородную смесь измельченных кормовых средств (в основном концентрированных кормов), составленную по научно обоснованным рецептам и предназначенную для определенного

вида животных и птицы. Комбикорма должны обеспечить эффективное использование питательных веществ и высокую продуктивность птицы при наименьшем расходе комбикорма на единицу продукции.

К основным нормируемым в комбикормах для птицы макроэлементам относятся кальций, фосфор и натрий [1].

**Кальций** не только структурный компонент костной, ткани. Основным депо кальция в организме (99% кальция от общей массы) являются кости. В костях около 99% кальция присутствует в малорастворимой форме кристаллов гидроксиапатита  $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2\text{H}_2\text{O}]$ . В виде фосфатных солей в костях нахо-

дится лишь 1% кальция, который может обмениваться и играть роль буфера при изменении концентрации кальция в плазме крови.

В качестве источника кальция используют ракушку, известняк, мел.

**Фосфор** содержится во всех тканях организма и является неперенным компонентом его внутренней среды. Основная часть фосфора в виде фосфорнокислого кальция находится в костяке. Фосфорная кислота входит в состав многих коэнзимов. Дефицит фосфора в рационах приводит к нарушению обмена кальция и развитию рахита у молодняка, а у взрослой особи вызывает остеопороз (рис. 1).



А



Б

Рис. 1. Остеопороз (А) и рахит (Б) у кур породы Бройлер

Применяемые в птицеводстве источники фосфора по уровню его доступности (в%) располагаются в следующем порядке:

- монокальцийфосфат, рыбная мука, костная мука — 96–100%;
- мясо-костная мука и кормовые дрожжи, трикальцийфосфат — 86–90%;
- жмыхи, шроты и травяная мука — 50%;
- зерновые корма — 30% [3].

**Натрий** является основным катионом внеклеточной среды. При недостатке натрия нарушается обмен кальция и фосфора, а это может привести к размягчению костей, снижению продуктивности и качества скорлупы. В связи с уменьшением секреции желудочного сока при недостатке натрия снижается использование питательных веществ корма, что приводит к каннибализму. В организм он поступает в основном в виде поваренной соли — хлорида натрия.

По составу комбикорма существенно различаются. Существуют различные методики определения количественного и качественного состава комбикормов. Для анализа комбикормов на содержание кальция, например, разработаны: комплексонометрический, пламенно-фотометрический, титриметрический, атомно-абсорбционный методы [2].

Для проведения химического анализа на содержание кальция, фосфора, натрия и хлорида натрия были выбраны комбикорма на основе пшеницы с добавлением в качестве премиксов: № 1 — ракушечная крупка, № 2 — рыбная мука, № 3 — травертин, № 4 — поваренная соль, № 5 — сапропель, № 6 — спирулина, № 7 — яичная скорлупа, № 8 — костная мука, № 9 — мел, № 10 — чистая (без добавления премиксов) пшеница.

Во всех взятых образцах комбикормов был проведен анализ на содержание кальция титриметрическим методом.



Титрование проводилось стандартным горячим раствором перманганата калия до появления розо-

вого окрашивания, не исчезающего в течение 58 сек. Результаты представлены на рис. 2.

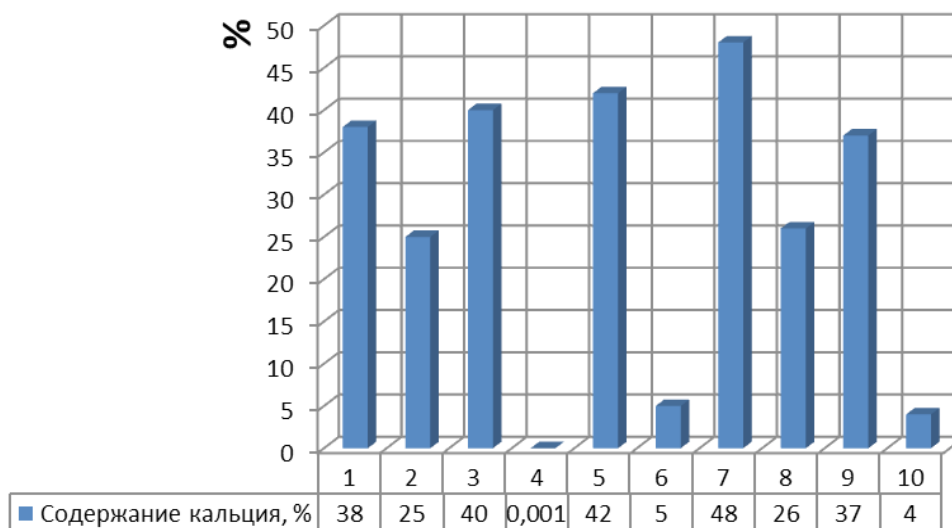


Рис. 2. Содержание кальция в образцах комбикорма

Таким образом, в ходе эксперимента было установлено, что в комбикормах с добавлением в качестве премикса яичной скорлупы содержится наибольшее количество кальция (48%), также богаты кальцием комбикорма с добавками сапропеля (42%), травертина (40%), ракушечной крупки (38%), мела (37%), костной муки (26%), рыбной муки (25%). Очень малое количество кальция обнаружено в чистой пшенице без добавления премиксов (4%), спирулине (5%), поваренной соли (0,001%).

Аналогично были проведены исследования на определение содержания фосфора фотометрическим методом (рис. 3). Через 30 мин. окрашенные

растворы фотометрировали. Фотометрирование проводили в кюветах с толщиной просвечиваемого слоя 5–20 мм, используя синий светофильтр с максимумом светопропускания в области — 440–465 нм.

Содержание хлорида натрия определяли, используя аргенто-метрический метод (рис. 3). **Опыт выполняли в вытяжном шкафу!** Потом оттитровывали избыток нитрата серебра раствором роданида калия (роданида аммония) до появления красновато-коричневой окраски, не исчезающей в течение 30 сек.

Анализ комбикорма на содержание натрия проводили, используя ионометрический метод (рис. 3).

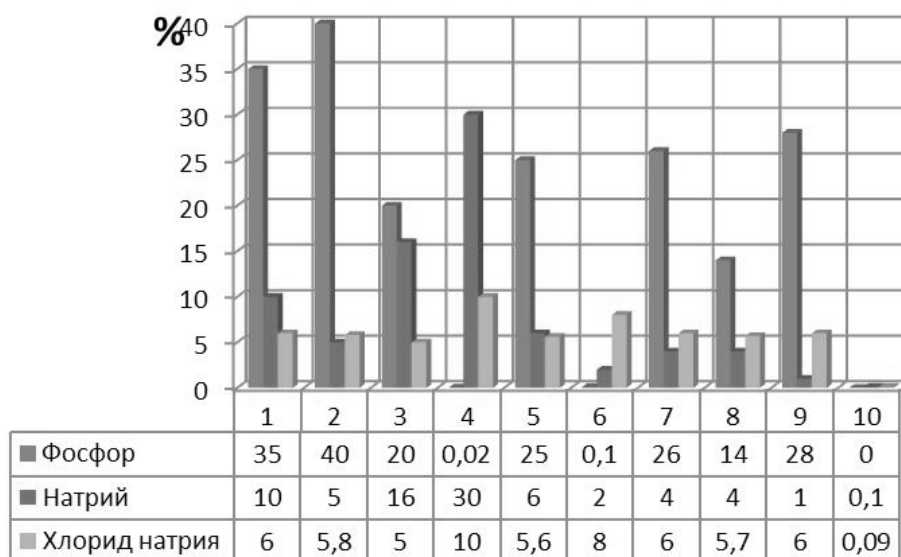


Рис. 3. Содержание фосфора, натрия и хлорида натрия

Сущность метода состоит в экстракции хлорида натрия, содержащегося в пробе, буферным раствором

гидроксида кальция и последующем определении натрия методом добавок с помощью стеклянного натрий

селективного электрода ЭСЛ-51-07. Данный метод позволяет определять содержание натрия в комбикормах и комбикормовом сырье от 0,023 до 2,3% и хлорида натрия — от 0,06 до 5,8%.

По результатам проведенного эксперимента можно сделать вывод:

- наибольшее количество фосфора содержится в комбикорме с добавкой рыбной муки (40%);
- меньшее количество фосфора находится в поваренной соли (0,02%);
- спирулине (0,1%).

Богаты по содержанию натрия комбикорма с добавками:

- поваренной соли (30%);
- меньшее количество натрия находится в чистой пшенице без примесей (0,1%).

Значительное количество хлорида натрия обнаружено в комбикормах с добавкой поваренной соли (10%), спирулины (8%). В остальных образцах содержание хлорида натрия не превышает 6%.

— недостаток кальция приводит к остеопорозу, рахиту искривлению позвоночника, ребер и клюва;

#### Список литературы:

1. Влияние глауконита на продуктивные качества гусят-бройлеров. – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://bestreferat.ru/archives/61/bestref-108261.zip> (дата обращения 21.03.2014).
2. Елисеева А. М., Кашкина Т. А. Биохимическое влияние компонентов питания на живой организм. – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://sibac.info/index.php/2009-07-01-10-21-16/4496-2012-10> ... (дата обращения 01.11.2013).
3. Условия выращивания и содержания ремонтного молодняка на птицефабрике «Боровская». – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://knowledge.allbest.ru/agriculture/2c0a65635a3ad68b5d53> ... (дата обращения 25.09.2013).

## Section 13. Electrical engineering

## Секция 13. Электротехника

*Dubrovin Viktor Stepanovich,  
N. P. Ogaryov Mordovia State University,  
candidate of engineering sciences, associate professor  
of communication networks and relay systems department  
E-mail: vsdubrovin13@mail.ru*

*Zyuzin Alexey Mikhailovich,  
Private educational institution of additional professional education  
«Saransk House of Science and Technology of the Russian Union of  
scientific and engineering associations», Director  
E-mail: dsdnit@mail.ru*

### Methods of controllable of function generators construction

**Abstract:** The article discusses widely used building block diagrams of controllable function generators and reveals their shortcomings. The proposed methods of function generators construction allow to receive the signals of sinusoidal, triangular and rectangular shapes. These signals possess high metrological characteristics (with minimum distortion and stable amplitudes). The solutions used are protected by several patents of the Russian Federation.

**Keywords:** block diagram, base unit, quadrature signals, controllable filter, limiter.

*Дубровин Виктор Степанович,  
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва,  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
инфокоммуникационных технологий и систем связи  
E-mail: vsdubrovin13@mail.ru*

*Зюзин Алексей Михайлович,  
Частное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования  
«Саранский Дом науки и техники Российского Союза  
научных и инженерных общественных объединений», директор  
E-mail: dsdnit@mail.ru*

### Способы построения управляемых функциональных генераторов

**Аннотация.** Рассмотрены широко применяемые структурные схемы построения управляемых функциональных генераторов и выявлены их недостатки. Предлагаемые способы построения функциональных генераторов позволяют получить сигналы синусоидальной, треугольной и прямоугольной формы с высокими метрологическими характеристиками (с минимальными искажениями и стабильными амплитудами). Используемые решения защищены несколькими патентами Российской Федерации.

**Ключевые слова:** структурная схема, базовый блок, квадратурные сигналы, управляемый фильтр, ограничитель.

#### Введение

Управляемый функциональный генератор (УФГ) представляет собой устройство, на выходе которого формируются сигналы различных форм

и в котором сигнал синусоидальной формы обычно получают из сигнала треугольной формы путем специального функционального нелинейного преобразования [1].

Принципы построения управляемых функциональных генераторов рассмотрены в [1–4]. Выбор структурной схемы УФГ зависит, прежде всего, от требований, предъявляемых к форме выходных сигналов, а также от сложности построения отдельных устройств, входящих в состав УФГ, и наличия дополнительных сервисных возможностей создаваемого генератора.

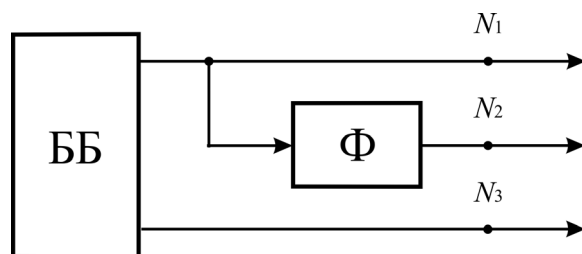


Рис. 1. Структурная схема УФГ

В настоящее время наибольшее распространение получили диодные функциональные преобразователи, а также преобразователи с использованием ВАХ полевых транзисторов, в основе которых лежит принцип кусочно-линейной, либо кусочно-нелинейной аппроксимации напряжения синусоидальной формы [1].

Однако обеспечить весь спектр основных требований (малый коэффициент гармоник, отсутствие постоянной составляющей в сигнале синусоидальной формы, широкий диапазон рабочих частот, ин-

В классической схеме (рис. 1) простейшего УФГ на выходах автоколебательной системы, образующей базовый блок (ББ), формируется сигнал треугольной формы  $N_1(t)$  и биполярный сигнал прямоугольной формы  $N_3(t)$  [1]. Квазигармонический сигнал синусоидальной формы  $N_2(t)$  образуется на выходе специального формирователя  $\Phi$ , построенного на базе нелинейных элементов.

вариантность к изменениям амплитуды сигнала треугольной формы и т. д.) в подобных формирователях достаточно сложно.

В работах [5–10] предлагается способ построения УФГ, основу которого составляет аддитивный формирователь сигнала треугольной формы.

Основу формирователя сигнала треугольной формы составляет источник квадратурных сигналов (ИКС), удвоитель частоты (УДЧ), два вычислителя модуля (ВМ) и суммирующий блок (рис. 1).

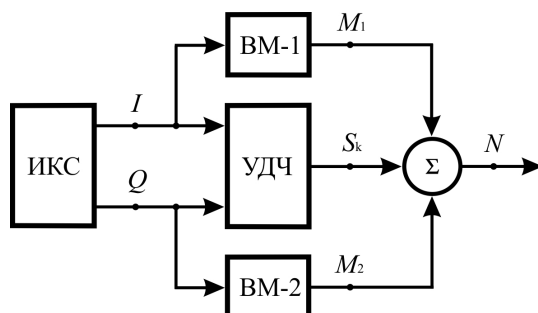


Рис. 2. Блок-схема формирователя линейно изменяющегося сигнала

Схемотехнические решения проектирования управляемых источников квадратурных сигналов с высокими метрологическими характеристиками достаточно хорошо отработаны. Для формирования квадратурных сигналов  $I(t)$  и  $Q(t)$  может использоваться либо генератор квадратурных сигналов (ГКС), либо различные фазовращающие цепи [11–18].

Главное требование, предъявляемое к ГКС, — стабильность амплитуд во всём частотном диапазоне и незначительные нелинейные искажения выходных сигналов. Основное требование к фазовращающим цепям — стабильность фазовых сдвигов во всём диапазоне изменения частоты выходного сигнала.

Однако сигнал, формируемый с помощью только квадратурных составляющих, имеет сравнительно невысокую линейность как на участке нарастающего, так и на участке спадающего напряжений. В работах [6–10, 19, 20] предлагаются различные способы линейзации синтезированного сигнала треугольной формы с помощью корректирующего сигнала  $S_k(t)$ . Подобные формирователи требуют, как правило, применения двухканальных прецизионных стабилизаторов амплитуды [21–23].

#### Основная часть

В [14, 24] предлагается способ построения УФГ, основу которого составляют двусторонний ограничитель и управляемый фильтр нижних частот.

Гармонический сигнал формируется из сигнала треугольной формы (рис. 2) с помощью двустороннего ограничителя (ДО), цепочки из последовательно

соединенных управляемых фильтров нижних частот (ФНЧ), составляющих управляемый фильтр (УФ), и преобразователя «частота-напряжение» (ПЧН).

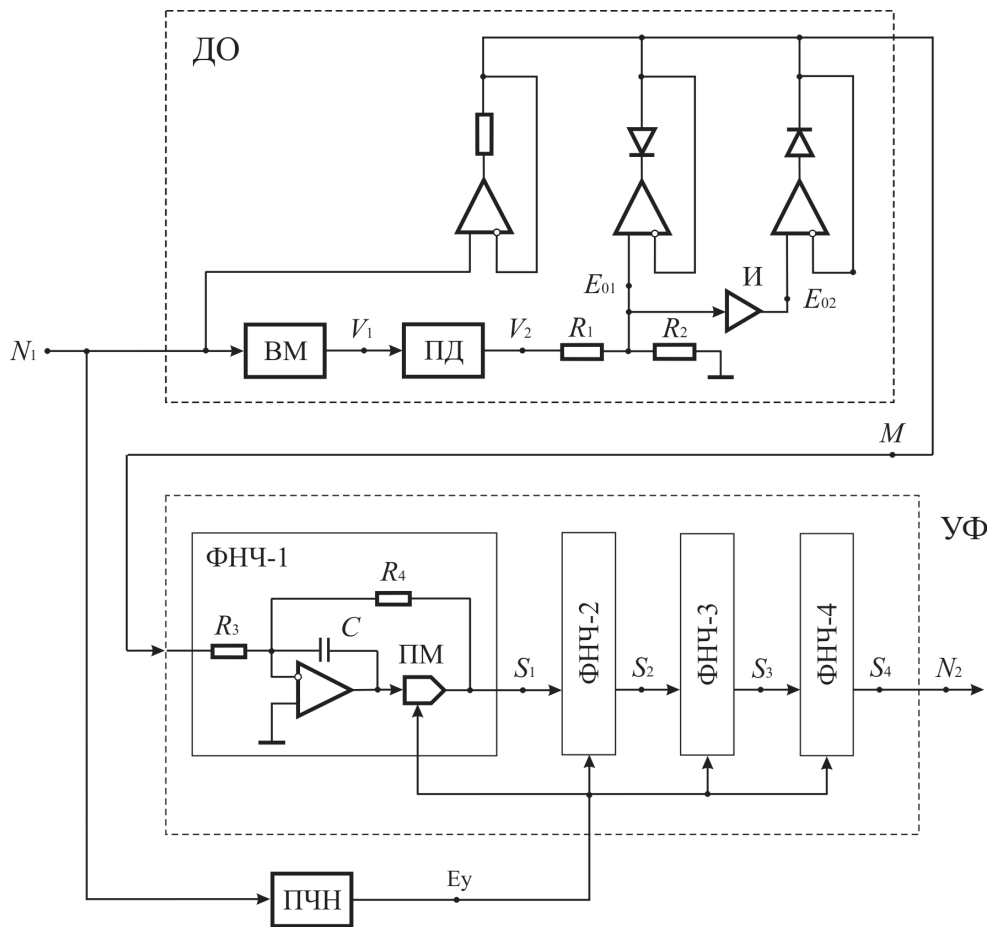


Рис. 3. Структурная схема формирователя гармонического сигнала

**Работа двустороннего ограничителя.** Двусторонний ограничитель содержит вычислитель модуля (ВМ), пиковый детектор (ПД), три операционных усилителя, инвертор (И), три резистора и два диода.

Вычислитель модуля осуществляет двухполупериодное выпрямление сигнала  $N_1(t)$ , а затем с помощью ПД происходит «запоминание» амплитудного значения сигнала  $V_1(t)$ . Коэффициенты передачи ВМ и ПД близки к единице, поэтому на выходе пикового детектора формируется постоянное напряжение  $V_2(t)$ , величина которого в точности равна амплитудному значению  $A$  входного сигнала  $N_1(t)$ .

Резисторы  $R_1$  и  $R_2$  образуют нормирующий делитель, коэффициент передачи которого  $\gamma = R_2 / (R_1 + R_2)$ . Таким образом, на неинвертирующий вход второго операционного усилителя будет подано положительное напряжение ограничения  $E_{01} = \gamma \cdot V_2(t) = \gamma \cdot A$ , а на неинвертирующий вход третьего операционного усилителя — отрицательное напряжение ограничения  $E_{02} = -\gamma \cdot V_2(t) = -\gamma \cdot A$ , поскольку коэффициент передачи инвертора равен минус единице.

На выходе ДО формируется (рис. 4) сигнал трапецеидальной формы  $M(t)$ , амплитудные значения которого определяются напряжениями ограничения  $E_{01} = \gamma \cdot A$  и  $E_{02} = -\gamma \cdot A$ . Таким образом, при изменении амплитуды  $A$  входного сигнала  $N_1(t)$  относительные уровни ограничения трапецеидального сигнала  $M(t)$  остаются постоянными, поскольку с изменением амплитуды  $A$  происходит пропорциональное изменение амплитуды сигнала  $V_2(t)$ , поступающего на вход нормирующего делителя.

Общеизвестно, что при оптимальном значении порога ограничения  $\gamma = \gamma_{\text{opt}}$  нелинейные искажения сигнала  $M(t)$  значительно уменьшаются.

Коэффициент нелинейных искажений сигнала (THD — Total harmonic distortion) — величина, равная отношению среднеквадратичного значения всех высших гармоник сигнала к величине первой гармоники, определяется по формуле

$$\text{THD}[\%] = \frac{\sqrt{A_3^2 + A_5^2 + A_7^2 + A_9^2 + A_{11}^2 + \dots}}{A_1} \cdot 100. \quad (1)$$

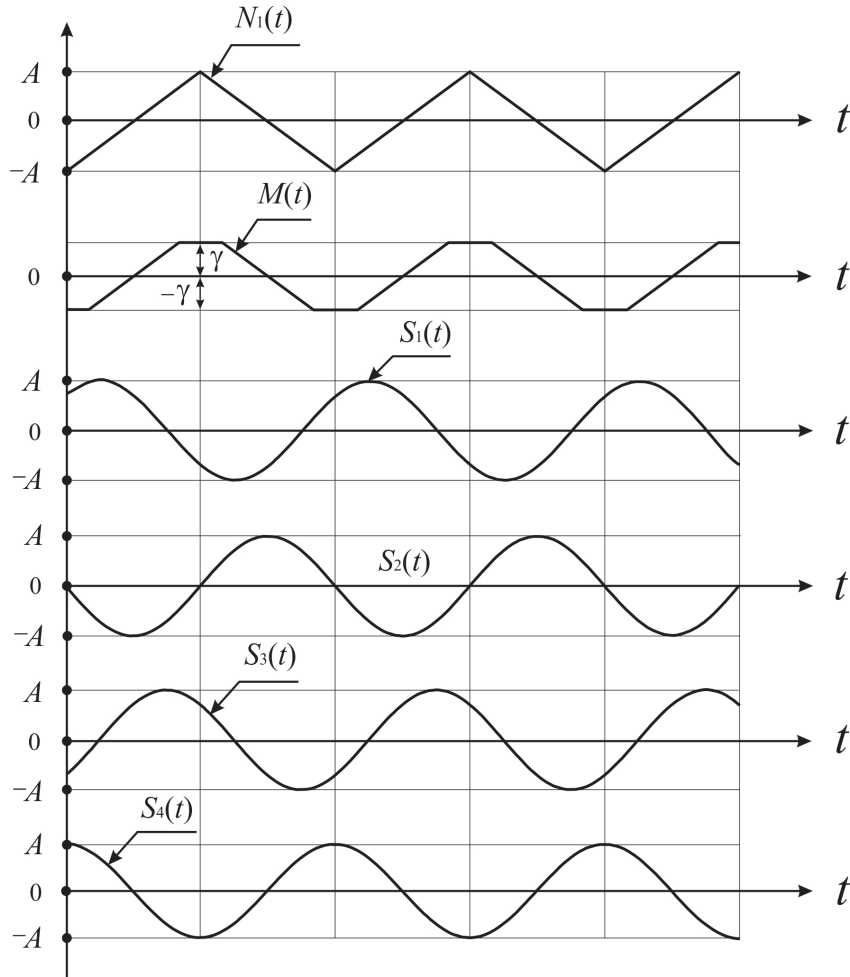


Рис. 4. Временные диаграммы

Амплитудные значения  $A_n$  сигнала треугольной формы  $N_1(t)$  можно определить с помощью формулы:

$$A_n = \frac{8 \cdot A}{\pi^2 n^2} \sin\left(n \frac{\pi}{2}\right), \quad (2)$$

где  $n$  — номер гармоники.

Амплитуда первой гармоники  $A_1 = 8 \cdot A / \pi^2 \approx 0,811 \cdot A$ , амплитуда третьей —  $A_3 = 8 \cdot A / (3\pi)^2 \approx -0,09 \cdot A$ . Из (2) следует, что амплитудные значения высших гармонических убывают обратно пропорционально квадрату номера гармоники, поэтому коэффициент нелинейных искажений будет определяться, в первую очередь, самой сильной третьей гармоникой  $A_3$ , доля которой составляет примерно 11% от основной первой гармоники  $A_1$ .

При учете пяти высших гармоник (с третьей по одиннадцатую) коэффициент нелинейных искажений входного сигнала  $N_1(t)$

$$\text{THD}_{01} = 100 \sqrt{\frac{1}{3^4} + \frac{1}{5^4} + \frac{1}{7^4} + \frac{1}{9^4} + \frac{1}{11^4}} = 12\%.$$

Амплитудные значения  $B_n$  сигнала трапецидальной формы  $M(t)$ , поступающего на вход управляемого фильтра, определяются с помощью формулы

$$B_n = \frac{8 \cdot A}{\pi^2 n^2} \sin\left(n \frac{\pi}{2} \gamma\right). \quad (3)$$

При значении коэффициента  $\gamma = \gamma_{\text{opt}} = 2/3$ , то есть при  $R_2 = 2R_1$ , в сигнале  $M(t)$  будет полностью подавлена третья гармоника  $B_3 = 0$ , а также гармоники, кратные трем. Амплитуда первой гармоники  $B_1 = 4 \cdot A \cdot \sqrt{3} / (\pi)^2 \approx 0,702 \cdot A$ , а амплитудное значение самой сильной (пятой гармоники) в этом случае составит  $B_5 = -4 \cdot A \cdot \sqrt{3} / (5\pi)^2 \approx -0,028 \cdot A$  примерно 4% от основной первой гармоники. В этом случае коэффициент нелинейных искажений будет определяться, в первую очередь, уже пятой гармоникой  $B_5$ , доля которой составляет примерно 4,0% от основной первой гармоники  $B_1$ .

При учете трех высших гармоник (с пятой по одиннадцатую) коэффициент нелинейных искажений сигнала  $M(t)$

$$\text{THD}_{02} = 100 \sqrt{\frac{1}{5^4} + \frac{1}{7^4} + \frac{1}{11^4}} = 4,6\%.$$

Таким образом, нелинейные искажения на выходе двустороннего ограничителя будут уменьшены примерно в 2,6 раза без применения каких-либо фильтров.

Дальнейшее улучшение спектральной чистоты формируемого гармонического сигнала производится с помощью управляемого фильтра (рис.).

**Работа управляемого фильтра.** Управляемый фильтр содержит цепочку однотипных последовательно соединенных фильтров нижних частот (ФНЧ), управляющим элементом которых служит перемножитель (ПМ), а операционный усилитель, конденсатор  $C$  и два резистора  $R_3$  и  $R_4$  образуют двухвходовой интегратор.

Каждая из четырех ячеек управляемого фильтра представляет собой фильтр нижних частот с передаточной функцией

$$H(s) = K / (T_y s + 1), \quad (4)$$

где  $K = R_4 / R_3$  — коэффициент передачи ФНЧ;  $T_y = CR_4 / (mE_y)$  — управляемая постоянная времени;  $m$  — масштабный коэффициент перемножителя;  $E_y$  — управляющее напряжение;  $s$  — комплексная переменная.

Заменив в (4)  $s \rightarrow j\omega$ , запишем выражение для комплексной частотной функции

$$H(j\omega) = K / (j\omega \cdot T_y + 1). \quad (5)$$

Модуль коэффициента передачи

$$H(\omega) = K / \sqrt{(\omega \cdot T_y)^2 + 1}, \quad (6)$$

а аргумент

$$\varphi(\omega) = - \operatorname{arctg}(\omega \cdot T_y). \quad (7)$$

Из (6) и (7) следует, что модуль и фаза не будут изменяться при изменении частоты входного сигнала, если будет выполняться условие

$$\omega \cdot T_y = \operatorname{const}. \quad (8)$$

Условие (8) будет справедливо, если сигнал  $E_y$  на выходе ПЧН будет изменяться пропорционально частоте  $f$  входного сигнала  $N_1(t)$ :

$$E_y = K_f \cdot f, \quad (9)$$

где  $K_f$  — коэффициент пропорциональности, определяемый параметрами ПЧН.

Действительно

$$\begin{aligned} \omega \cdot T_y &= 2\pi \cdot f \cdot \frac{T}{m \cdot E_y} = \\ &= 2\pi \cdot f \cdot \frac{T}{K_f \cdot m \cdot f} = \frac{2\pi \cdot T}{m \cdot K_f} = \operatorname{const} \end{aligned}, \quad (10)$$

поскольку значения  $T$ ,  $m$  и  $K_f$  определяются конструктивными параметрами формирователя гармонического сигнала.

На частоте среза  $\omega_c = 1/T_y$  модуль коэффициента передачи  $H(\omega_c) = K / \sqrt{2}$ , а фазовый сдвиг составит угол  $\varphi(\omega_c) = -\pi/4$ .

Коэффициент усиления 2,015 первого ФНЧ можно рассчитать по формуле

$$K_1 = \frac{\pi^2 \sqrt{2}}{4\sqrt{3}} \approx 2,015. \quad (11)$$

При этом коэффициенты передачи всех последующих ячеек ФНЧ (начиная со второй) будут равны

$$K_2 = K_3 = K_4 = \sqrt{2}. \quad (12)$$

При выполнении условий (11) и (12) амплитудные значения на выходах всех ячеек ФНЧ будут равны, при этом каждая ячейка УФ будет вносить одинаковый фазовый сдвиг  $\varphi = -\pi/4$ .

Таким образом, преобразователь «частота-напряжение» позволяет сохранять постоянные фазовые сдвиги и амплитудные значения сигналов в фильтрах нижних частот, поскольку произведение  $\omega_c \cdot T_y$  остается постоянным при изменении частоты  $f$  входного сигнала  $N_1(t)$  в широких пределах.

Количество необходимых ячеек в управляемом фильтре будет зависеть от требований, предъявляемых к нелинейным искажениям выходных сигналов ФНЧ.

Результаты расчетов коэффициентов нелинейных искажений, выполненных в программе PSIM-9 с помощью блока THD, показали следующие результаты:  $\operatorname{THD}_1 = 1,18\%$  (на выходе первого ФНЧ);  $\operatorname{THD}_2 = 0,32\%$  (на выходе второго ФНЧ);  $\operatorname{THD}_3 = 0,086\%$  (на выходе третьего ФНЧ) и  $\operatorname{THD}_4 = 0,024\%$  (на выходе четвертого ФНЧ, то есть на выходе управляемого фильтра).

Графики формируемых сигналов изображены на рис. 4, поэтому при выборе количества ячеек в УФ следует руководствоваться не только величиной нелинейных искажений формируемых гармонических сигналов, но также учитывать и фазовые сдвиги сигналов на выходе этих ячеек, если это имеет принципиальное значение для некоторых применений.

### Заключение

1. Рассмотрены структурные схемы управляемых функциональных генераторов, отмечены их недостатки.

2. Предложен способ построения УФГ на основе двустороннего ограничителя и управляемого фильтра нижних частот.

3. Получены аналитические выражения для расчета коэффициента нелинейных искажений формируемых сигналов.

4. Результаты расчетов и математического моделирования в программе PSIM-9 показали хорошее совпадение.

5. Предложенный формирователь гармонического сигнала может работать в широком диапазоне частот и при изменении амплитуды входного источника в широких пределах.

6. Функциональный генератор на базе предложенного формирователя гармонических сигналов может найти применение в прецизионных устройствах радиоэлектроники, автоматики, системах связи.

#### Список литературы:

1. Ноткин А. Р. Функциональные генераторы и их применение / А. Р. Ноткин. – М.: Радио и связь, 1983. – 184 с.
2. Пат. 101291 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 В 27/00. Функциональный генератор / Дубровин В. С., Зюзин А. М.; заявитель и патентообладатель Негосударственное научно-образовательное учреждение «Саранский Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных организаций» (ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО»). – № 2010137125/09; заявл. 06.09.10; опубл. 10.01.11, Бюл. № 1. – 7 с.: 2 ил.
3. Пат. 104402 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 В 27/00. Функциональный генератор / Дубровин В. С., Зюзин А. М.; заявитель и патентообладатель Негосударственное научно-образовательное учреждение «Саранский Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных организаций» (ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО»). – № 2011100735/09; заявл. 12.01.11; опубл. 10.05.11, Бюл. № 13. – 8 с.: 2 ил.
4. Дубровин В. С. Способ построения управляемых функциональных генераторов / В. С. Дубровин, В. В. Никулин // Т-сomm: Телекоммуникации и транспорт. – 2013. – Т. 7, № 6. – С. 22–27.
5. Пат. 81859 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 К 4/06. Аналого-цифровой аддитивный формирователь сигнала треугольной формы / Дубровин В. С., Зюзин А. М.; заявитель и патентообладатель Негосударственное научно-образовательное учреждение «Саранский Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных организаций» (ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО»). – № 2008146321/22; заявл. 24.11.08; опубл. 27.03.09, Бюл. № 9. – 12 с.: 2 ил.
6. Пат. 81860 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 К 4/06. Аддитивный формирователь сигнала треугольной формы / Дубровин В. С., Зюзин А. М.; заявитель и патентообладатель Негосударственное научно-образовательное учреждение «Саранский Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных организаций» (ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО»). – № 2008146300/22; заявл. 24.11.08; опубл. 27.03.09, Бюл. № 9. – 6 с.: 2 ил.
7. Пат. 83669 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 К 4/06. Аддитивный формирователь сигнала треугольной формы / Дубровин В. С., Зюзин А. М.; заявитель и патентообладатель Негосударственное научно-образовательное учреждение «Саранский Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных организаций» (ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО»). – № 2009103327/22; заявл. 02.02.09; опубл. 10.06.09, Бюл. № 16. – 8 с.: 5 ил.
8. Пат. 83670 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 К 4/06. Аддитивный формирователь сигнала треугольной формы / Дубровин В. С., Зюзин А. М.; заявитель и патентообладатель Негосударственное научно-образовательное учреждение «Саранский Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных организаций» (ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО»). – № 2009103333/22; заявл. 02.02.09; опубл. 10.06.09, Бюл. № 16. – 3 с.: 8 ил.
9. Дубровин В. С. Формирователь линейно изменяющегося сигнала / В. С. Дубровин // Южно-сибирский научный вестник. – Бийск, 2014. – № 1 (5). – С. 70–73.
10. Дубровин В. С. Особенности применения аддитивных формирователей сигналов в функциональных генераторах / В. С. Дубровин // Южно-сибирский научный вестник. – Бийск, 2013. – № 2 (4). – С. 41–45.
11. Пат. 2506692 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 В 27/00. Управляемый генератор / Дубровин В. С.; заявитель и патентообладатель Дубровин Виктор Степанович. – № 2012137334/08; заявл. 31.08.12; опубл. 10.02.14, Бюл. № 4. – 15 с.: 11 ил.
12. Дубровин В. С. Многоконтурная система стабилизации управляемого генератора / В. С. Дубровин, В. В. Никулин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2013. – № 1. – С. 74–82.
13. Дубровин В. С. Безынерционная система управления формирователя квадратурных гармонических сигналов / В. С. Дубровин, В. В. Никулин, А. В. Никулин // Измерительная и вычислительная техника в технологических процессах = Виміррювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2013. – № 2. – С. 98–101.



14. Пат. 108248 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 В 28/00. Формирователь гармонического сигнала/Дубровин В. С., Зюзин А. М.; заявитель и патентообладатель Негосударственное научно-образовательное учреждение «Саранский Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных организаций» (ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО») – № 2011119055/08; заявл. 12.05.11; опубл. 10.09.11, Бюл. № 25. – 2 с.: 1 ил.
15. Пат. 127554 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 В 27/00. Формирователь квадратурных сигналов/Дубровин В. С., Зюзин А. М.; заявитель и патентообладатель Негосударственное научно-образовательное учреждение «Саранский Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных организаций» (ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО»). – № 2012138489/08; заявл. 07.09.12; опубл. 27.04.13, Бюл. № 12. – 1 с.: 2 ил.
16. Дубровин В. С. Формирователь квадратурных сигналов/В. С. Дубровин//Южно-сибирский научный вестник. – Бийск, 2012. – Вып. 2 (2). – С. 35–38.
17. Дубровин В. С. Управляемый формирователь квадратурных гармонических сигналов/В. С. Дубровин, В. В. Никулин//Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – Йошкар-Ола, 2013. – № 1 (17). – С. 5–11.
18. Дубровин В. С. Управляемые фазовращатели/В. С. Дубровин//Южно-сибирский научный вестник. – Бийск, 2012. – С. 38–41.
19. Дубровин В. С. Определение погрешности линеаризации синтезированного линейно-изменяющегося сигнала в среде LabView/В. С. Дубровин, М. В. Ильин//Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments: сб. тр. восьмой Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 20–21 нояб. 2009 г. – М., 2009. – С. 226–228.
20. Дубровин В. С. Модель для оптимизации параметров синтезированного сигнала/В. С. Дубровин, Е. А. Сайгина//Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – Ростов н/Д., 2011. – С. 234–236.
21. Пат. 101219 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 В 27/00. Двухканальный стабилизатор амплитуды/Дубровин В. С., Зюзин А. М.; заявитель и патентообладатель Негосударственное научно-образовательное учреждение «Саранский Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных организаций» (ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО»). – № 2010136499/08; заявл. 30.08.10; опубл. 10.01.11, Бюл. № 1. – 1 с.: 1 ил.
22. Дубровин В. С. Двухканальный стабилизатор гармонических сигналов/В. С. Дубровин//Журнал научных и прикладных исследований. – Уфа, 2014. – № 7. – С. 43–45.
23. Дубровин В. С. Стабилизатор квадратурных гармонических сигналов/В. С. Дубровин//Технические науки в мире: От теории к практике: сб. науч. тр. по итогам Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д., 2014. – С. 13–15.
24. Пат. 108247 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 В 27/00. Функциональный генератор/Дубровин В. С., Зюзин А. М.; заявитель и патентообладатель Негосударственное научно-образовательное учреждение «Саранский Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных организаций» (ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО») – № 2011119660/08; заявл. 16.05.11; опубл. 10.09.11, Бюл. № 25. – 2 с.: 1 ил.
25. Пат. 2520409 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 К 7/06. Преобразователь периодического сигнала в частоту и период/Дубровин В. С., Зюзин А. М.; заявитель и патентообладатель Негосударственное научно-образовательное учреждение «Саранский Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных организаций» (ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО»). – № 2012140981/08; заявл. 25.09.12; опубл. 27.03.14, Бюл. № 9. – 10 с.: 2 ил.
26. Пат. 130161 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 02 М 9/06. Преобразователь частоты в напряжение/Дубровин В. С., Зюзин А. М.; заявитель и патентообладатель Негосударственное научно-образовательное учреждение «Саранский Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных организаций» (ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО»). – № 2012138490/07; заявл. 07.09.12; опубл. 10.07.13, Бюл. № 19. – 1 с.: 2 ил.

# Contents

<b>Section 1. Architecture</b> .....	<b>3</b>
<i>Tarasyuk Ivan Ivanovich</i> Historical-architectural formation of village's country estates Volyn XII century — beginning of the XX century .....	3
<b>Section 2. Biology</b> .....	<b>9</b>
<i>Malafeeva Evgenia Fedotovna</i> Seasonal avifauna Arzamas areas with different degree of anthropogenic load .....	9
<b>Section 3. Biotechnology</b> .....	<b>14</b>
<i>Smirnov Kirill Dmitrievich</i> Cyanobacterial supra-cell structures as a basic component of primitive analogue neural networks .....	14
<b>Section 4. Mathematics</b> .....	<b>18</b>
<i>Drushinin Victor Vladimirovich</i> The proof for hypothesis of Legendre — existence of a prime between two squares .....	18
<i>Shirokov Lev Vasilievich</i> On radial spaces .....	19
<b>Section 5. Materials Science</b> .....	<b>22</b>
<i>Pitukhin Alexander Vasilyevich, Vasilyev Sergey Borisovich, Panov Nikolai Gennadiyevich, Kolesnikov Gennady Nikolayevich</i> Nanostructure of glue and strength of wood particle board .....	22
<b>Section 6. Machinery construction</b> .....	<b>25</b>
<i>Vasenin Valery Ivanovitch, Bogomjagkov Aleksey Vasilievitch</i> Investigation into a storey-shaped gating system with feeders of variable crosssection .....	25
<i>Frolov Kostiantyn Jurijovytsch, Davydenko Jurij Aleksandrovitsch, Tscherednikow Wladimir Nikolajewitsch</i> Wellenoptimierung durch die Teilinversion einer ihrer Stufen .....	37
<b>Section 7. Medical science</b> .....	<b>42</b>
<i>Ibragimova Nargiza Sayfutdinovna, Sadykov Abdushukur Abdujamilevich, Imamov Otabek Sunnatovich</i> Somatoform pruritus in elderly age and senility .....	42
<i>Lygin Sergei Aleksandrovisch, Mystafina Yulya Fanisovna</i> Survey analysis of features of vegetarianism .....	44
<i>Nikolayenko-Kamyshova Tatiana Petrovna</i> As for relationship of structural changes of fibronectin gene mutation of JAK2 in vascular complications in patients with polycythemia vera .....	47
<i>Pasiyeshvili Nana Merabovna</i> The optimization of perinatal outcomes in pregnant women at high risk .....	51
<i>Pligovka Viktoriia Nikolaevna, Shaposhnikova Yulia Nikolaevna, Nemtsova Valeriya Danilovna</i> Structural and functional features of the heart in patients with hypertension and obesity in conjunction with hypothyroidism in the outcome of autoimmune thyroiditis .....	56
<i>Sokolova Maria Georgievna</i> Bestimmung von Neurotrophen im Blutserum bei Kindern, die an der infantilen Zerebralparese erkrankt sind .....	62
<i>Yuldasheva Suraya Zaripovna</i> To the mechanism of early development of placental insufficiency .....	65

<i>Frolova Tatyana Vladimirovna, Lazurenko Viktoriya Valentinovna, Murizina Irina Yurievna, Schedrov Andrey Alexandrovich, Kuricheva Natalia Yurievna</i>	
The clinical-pathogenetic approaches to treatment of pregnancy complications after IVF .....	68
<b>Section 8. Food and Beverage .....</b>	<b>72</b>
<i>Bayramov Eldaniz Enverovich</i>	
An analysis of efficiency work and the basic criteria for choice kneading machines .....	72
<i>Nesterenko Anton Alekseevich</i>	
The impact of starter cultures on functional and technological properties of model minced meat .....	77
<i>Hasanova Svetlana Dzhenishevna, Skobelskaya Sinaida Grigoryevna</i>	
Studying the mechanisms of binding moisture in sugar fondant in storage .....	80
<b>Section 9. Agricultural sciences .....</b>	<b>84</b>
<i>Kozaeva Marina Ilinichna</i>	
Adaptive capacity of different species of <i>Crataegus</i> and <i>Amelanchier</i> under abiotic and biotic stresses .....	84
<i>Tulush Valentina Pavlovna</i>	
Improvement of technology of cultivation of sudan grass in arid zones of the Republic Tyva .....	85
<i>Manabaev Nurlibay Tagaybekovich, Aubakirova Farida Habievna, Sultanbekova Parida Sinabaevna, Estauova Akmaral Asilovna</i>	
The new technology of furrow irrigation on the slopes area .....	89
<i>Cherenkova Tatiana Aleksandrovna, Savelyeva Natalia Nikolaevna</i>	
Biochemical composition of scab immune apple varieties under the circumstances of Black Soilzone of Russia .....	93
<b>Section 10. Technical sciences .....</b>	<b>96</b>
<i>Artuschenko Vladimir Mikhailovich, Kucherov Boris Alekseyevich</i>	
Modeling transmission rate of ground stations when working as part of a meshed network .....	96
<i>Klyuchnikova Natalya Valentinovna</i>	
New building materials on the basis of various components .....	100
<i>Temirkhanova Raushan Galimzhanovna</i>	
Counting uranium reserves by geological units (in projection onto a horizontal plane) .....	104
<i>Shemetova Elena Grigorievna</i>	
The measurement of the light jobs classrooms SibUPK .....	107
<b>Section 11. Physics .....</b>	<b>111</b>
<i>Gadzhieva Nushaba Nubarak</i>	
An IR-spectroscopy study of radiation-stimulated adsorption of n-hexane on the silicon surface .....	111
<i>Usachev Valery Mikhailovich</i>	
Anfang der Theorie des Raumes als ideale Quanten-Flüssigkeit (IQF) .....	116
<b>Section 12. Chemistry .....</b>	<b>127</b>
<i>Lygin Sergei Aleksandrovisch, Polyakova Larisa Rimovna, Purina Elena Sergeevna, Lygina Raisa Ivanovna</i>	
Chemical analysis of compound feeds .....	127
<b>Section 13. Electrical engineering .....</b>	<b>131</b>
<i>Dubrovin Viktor Stepanovych, Zyuzin Alexey Mikhailovich</i>	
Methods of controllable of function generators construction .....	131

