

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

**Nº 11–12 2014  
November-December**



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

**Vienna  
2014**

# Austrian Journal of Technical and Natural Sciences

Scientific journal

Nº 11–12 2014 (November-December)

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. Biology

Andruk Natalya Anatolyevna,  
M. Gryshko National Botanical Garden National Academy  
of Sciences of Ukraine, lead engineer, competitor,  
Department floral ornamental plants  
E-mail: natagarden@ukr.net

### Morphological features of plants *Heuchera villosa* Michx. in ontogeny

**Abstract:** The morphological features that characterize the state of plant age *H. villosa* Michx. Specifies the length of the flow phases of ontogeny of this species in culture.

**Keywords:** *H. villosa* Michx., ontogeny, seedling, immature, juvenile, virginal.

Андрух Наталья Анатольевна,  
Национальный ботанический сад им. Н. Гришка  
Национальной академии наук Украины, ведущий инженер,  
соискатель отдела цветочно-декоративных растений  
E-mail: natagarden@ukr.net

### Морфологические признаки растений *Heuchera villosa* Michx. в онтогенезе

**Аннотация:** Выявлены морфологические признаки, характеризующие возрастные состояния растений *H. villosa* Michx. Указывается длительность протекания фаз онтогенеза данного вида в условиях культуры.

**Ключевые слова:** *H. villosa* Michx., онтогенез, проросток, ювенильный, иматурный, виргинильный.

*Heuchera villosa* (гейхера мохнатая, «бархатная») один из видов рода *Heuchera* L. семейства Saxifragaceae Juss. — многолетних растений, произрастающих в умеренной зоне северного полушария. Ареал *H. villosa*, в пределах Северной Америки, ограничивается Северо-Восточной, Центральной и Юго-Восточной частью США. Экологическая приуроченность вида — широколиственные и смешанные леса, ущелья горных рек, каменистые и скалистые склоны предгорья.

Цель наших исследований — изучить морфологические особенности растений *H. villosa* в условиях культуры, выявить признаки которые характеризуют разные возрастные состояния прегенеративного периода. Установить длительность протекания онтогенетических фаз.

*H. villosa* в соответствии с биоморфологической характеристикой — гемикриптофит, мезофит, согласно гелиоморфе — сциогелиофит. Взрослые растения *H. villosa* образуют систему полурозеточных, поликарпических, вегетативно-генеративных, орто-

тропных, полициклических, моноподиально связанных между собой, побегов. Главный побег длительное время не прекращает рост. Боковые побеги второго или следующих порядков, его не перерастают. Генеративные побеги однолетние. По особенностям сезонного ритма развития растения *H. villosa* долго вегетирующие летне-зимне-зеленые. Отмечено, что в ходе нарастания листьев весенней генерации, перезимовавшие постепенно подсыхают и впоследствии отмирают. Значительно растянуты фазы отрастания генеративных побегов и цветения, зачастую одновременно проходят фазы бутонизации, цветения и плодоношения.

В связи с недостаточным изучением онтогенетических состояний растений *H. villosa* нами было проведено исследование его биоморфологии в условиях культуры, в Национальном ботаническом саду им. Н. Н. Гришка НАН Украины. Придерживаясь схемы возрастной периодизации растений

И. П. Игнатъевой [1, 6–48] и И. И. Сикуры [2, 9–21], в онтогенезе *H. villosa* мы выделяем латентный

(*se*), виргинильный (*v*) и прегенеративный ( $g_1$ ) возрастные периоды и соответствующие им возрастные состояния особей.

**Латентный период.** Онтогенетическое состояние — *покоящиеся семена* (*se*). Данный период длится 6–7 месяцев. Семена растений *H. villosa* темно-коричневые, узколанцетовидные, длиной  $0,9 \pm 0,73$  мм, шириной  $0,3 \pm 0,59$  мм. Эпидермальные выросты — конически удлиненные шипики, которые несколько уплощены, с закругленным, в ряде случаев склоненным апикальным концом. В халазальной и микропиллярной части семени шипики расположены плотно, на верхушке пучкообразно. После созревания плодов коробочка растений *H. villosa* растрескивается вдоль комиссуральных швов. Зрелые семена рассеиваются непосредственно возле растения или на незначительном расстоянии от него. В условиях открытого грунта самосев не прорастает. В лабораторных условиях, при температуре  $+15^\circ\text{C} \dots +20^\circ\text{C}$ , при рассеянном освещении, процент проросших семян составляет 92,4%.

**Виргинильный период.** *Проростки* (*p*) (рис. 1). Установлено, что для *H. villosa* характерный надземный тип прорастания семян. При посеве семян

в условиях закрытого грунта (I декада февраля), при температурном диапазоне  $+15^\circ\text{C} \dots +18^\circ\text{C}$  первые всходы появляются через 8–14 дней от момента посева. На второй день роста на гипокотиле появляются очень короткие волоски. На третий день гипокотиль опушенный по всей длине. Корешок конический, с антоциановой окраской. У проростков, семядоли некоторое время остаются заперты в семенной оболочке. Затем они ее сбрасывают. Длина проростков  $0,25 \pm 0,09$  см, длина гипокотилия  $0,5 \pm 0,04$  см. Семядоли сидячие, яйцевидные, голые, длиной  $0,2 \pm 0,03$  см, шириной  $0,3 \pm 0,04$  см, зеленого цвета на коротком черешке длиной  $0,09 \pm 0,08$  см. Главный корень стержневой, конический, длиной  $1,5 \pm 0,03$  см. Продолжительность этапа  $13,3 \pm 0,88$  дней.

**Ювенильные особи** (*j*). Эпикотиль не развит. Листья появляются непосредственно над семядолями. Появление зачатков первого листа приходится на 4–6 день от появления всходов, через 7–10 дней он начинает раскручиваться. Его пластинка округлая, по краю слабо зубчатая с сердцевидным основанием, поодинокими волосками. Лист простой, жилкование пальчато-краебежное. Черешок длиной  $0,5 \pm 0,03$  см, светло зеленого цвета, четко выраженный.

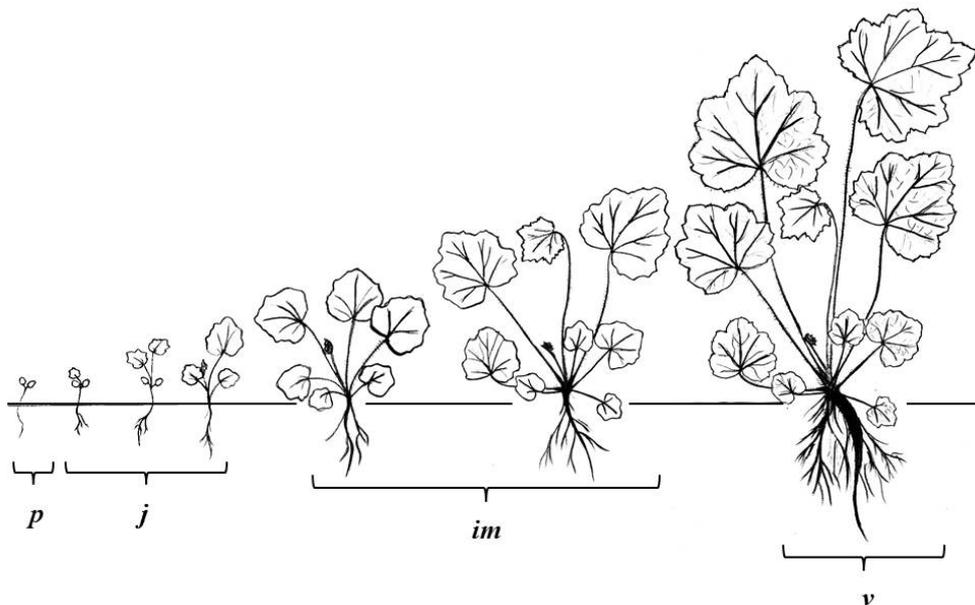


Рис. 1. Онтогенез *Heuchera villosa* (1-й год вегетации): онтогенетическое состояние *p* — проросток, *j* — ювенильное, *im* — имматурное, *v* — виргинильное.

Ширина пластинки второго листа варьирует в пределах  $0,6 \pm 0,03$  см. Гипокотиль едва утолщается и развивается система гипокотильных корней. Появляются третий и четвертый лист, по форме подобные первому и второму, но размеры их пластинки и черешка увеличиваются относительно первого листа в несколько раз (ширина листовой пластинки третье-

го листа —  $1,1 \pm 0,03$  см, четвертого —  $1,5 \pm 0,03$  см). Черешок и листовая пластинка опушенные. На этом этапе побег растения состоит из 4–5 розеточных листьев, сердцевидной формы, длина черешка которых  $3,0 \pm 0,24$  см, число жилок 3–5. Семядольные листья отсутствуют или один сохранился. Главный корень и боковые корни II–III порядков хорошо развиты.

Этот этап длится до III декады мая — I декады июня. Продолжительность этапа  $69,7 \pm 1,45$  дней.

*Имматурные особи (it)*. Образуется пятый лист (то есть первый настоящий), который дифференцируется в пальчатолопастной почковидной формы с сердцевидным основанием. Край листовой пластинки двоякопильчатый, верхушка притупленная. Адаксиальная поверхность листовой пластинки зеленая, абаксиальная светло-зеленая. Листовая пластинка и особенно черешок густо опушены заметными волосками. Диаметр гипокотыля увеличивается до  $0,6 \pm 0,03$  см. Происходит ветвление боковых корней. Длина корневой системы  $6,9 \pm 0,30$  см. Появляются единичные гипокотельные корни. Вследствие контрактильной деятельности боковых корней в этом онтогенетическом состоянии начинает формироваться короткое эпигеогенное корневище. Количество боковых корней на главном корне увеличивается. Корневая система смешанного типа. Разворачивается и развивается шестой и седьмой лист (второй-третий настоящие). В имматурном состоянии, в условиях культуры, растения находятся  $58,0 \pm 1,53$  дня.

*Виргинильные особи (v)*. Проявлением признаков виргинильного состояния исследуемых растений *H. villosa* является увеличение количества листьев

на главном побеге, которые в своем большинстве обрели форму и размеры взрослых особей, наличие 3–6 розеточных побегов второго порядка, развивающихся в пазухах нижних листьев. Главный побег ортотропный. Корневая система смешанного типа, представлена стержневым главным корнем, с наличием боковых и адвентивными, которые отрастают в базальной части побегов второго порядка. Продолжительность этапа  $323,3 \pm 4,41$  дня (начало — III декада июля — II декада августа первого года вегетации, завершение II–III декада июня второго года вегетации).

Изучение онтогенетических состояний растений *H. villosa*, показало, что им присущ быстрый темп развития. Выявлено, что в условиях культуры, в ходе онтогенеза, в I-й год вегетации, особи проходят возрастные состояния проростка, ювенильный, имматурный. У виргинильном состоянии растения завершают вегетационный сезон. В ходе исследований установлены сроки прохождения и продолжительность онтогенетических состояний прегенеративного периода растений *H. villosa*. Растения достигают генеративного состояния ( $g_1$ ) на второй год онтогенеза. Молодые генеративные растения характеризуются началом цветения и плодоношением.

#### Список литературы:

1. Игнатъева И. П. Онтогенетический морфогенез вегетативных органов травянистых растений/Метод.указ. – М.: Изд-во ТСХА, 1983. – 55 с.
2. Рекомендации по изучению интродуцированных растений в ботанических садах СССР/Сост. И. И. Сикура, А. П. Сырица. – Киев, 1990. – 185 с.

*Berbekova Irina Albertovna, Kabardino-Balkarian State Agricultural University, postgraduate student, the Faculty of Commerce and Commodity*  
E-mail: irina\_b\_00@mail.ru

*Yakimov Andrew Vladimirovich, Candidate of Biological Sciences*  
*Shahmurzov Muhamed Muzachirovich, Doctor of Biological Sciences, professor*  
*Lyvov Vladimir Dmitreyvich, postgraduate student*

## The composition and structure of catches anglers from natural reservoirs of the Kabardino-Balkaria

**Abstract:** Special role in the recreation industry takes recreational fishing. According to recent data, in Kabardino-Balkaria has more than 2,500 anglers who supplement their food basket due to catch river fish species. The paper provides information on the composition and structure of the anglers catch from the natural reservoirs of the Kabardino-Balkaria for the 2013–2014.

**Key words:** angler, ichthyofauna KBR, catch, natural reservoirs of the Kabardino-Balkaria, Central Caucasus.

Бербекова Ирина Альбертовна,  
Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет,  
аспирант, факультет коммерции и товарных  
Е-почта: irina\_b\_00@mail.ru

Якимов Андрей Владимирович, кандидат биологических наук  
Шахмурзов Мухамед Музачирович, доктор биологических наук, профессор  
Львов Владимир Дмитриевич, аспирант

## Состав и структура уловов рыбаков из естественных водоемов Кабардино-Балкарии

**Аннотация:** Особую роль в индустрии отдыха и развлечений занимает любительское рыболовство. По последним данным, в Кабардино-Балкарии имеет более чем 2500 рыболовов, которые дополняют их продовольственной корзины за счет поймать видов речной рыбы. Документ содержит сведения о составе и структуре рыболовов поймать из естественных водоемов Кабардино-Балкарии для 2013-2014 гг.

**Ключевые слова:** рыбак, ихтиофауна КБР, поймать, естественные водоемы Кабардино-Балкарии, Центральный Кавказ.

### Введение

«Отдых на реке, да еще с удочкой в руках, — есть дело божественное» (Сабанеев, 1885). Данная фраза классика отечественной ихтиологии актуальна в наши времена. Достаточно отметить, что значительное количество рыболовов-любителей готовы на любые расходы, дабы отдохнуть на водоеме с удочкой в руках.

Следует отметить, что по последним данным только в Кабардино-Балкарии рыбной ловлей занимается более 2,5 тысяч человек. В основном это жители Прохладненского и Майского районов КБР, предпенсионного и пенсионного возраста. Основные места сосредоточения рыболовов-любителей указаны на (рис. 1, 2).

Наша работа посвящена изучению состава и структуры уловов рыболовов-любителей из естественных водоемов Кабардино-Балкарии за последние два года. Всего с января по декабрь 2013 г. было составлено 213 рыболовных карточек, а с января по ноябрь 2014 г. — 230 рыболовных карточек.

### Результаты, их обсуждение и выводы

В водоемах Кабардино-Балкарии, по последним данным (Шахмурзов и др., 2012), обитает 33 вида рыб. Это терский усач (*Varbus ciscaucasicus* Kessler, 1877), усач булат-май (*Luciobarbus capito* (Gueldenstaedt, 1773)), белый амур (*Stenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844)), востробрюшка корейская (*Hemiculter leucisculus* (Basilewsky, 1855) (син. *Culter leucisculus*)), серебряный карась (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)), сазан (каarp) (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758), терский пескарь (*Gobio holurus* (Fowler, 1976)), амурский чебачок (*Pseudorasbora parva* (Temminck et

Schlegel, 1846)), длинноусый пескарь (*Romanogobio ciscaucasicus* (Berg, 1932)), густера (*Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758)), восточная быстрянка (*Alburnoides bipunctatus eichwaldi* Filippi, 1863), уклейка (*Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758)), верховка (*Leucaspius delineatus* (Heckel, 1843)), пестрый толстолобик (*Aristichthys nobilis* (Richardson, 1845)), белый толстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844)), терский подуст (*Chondrostoma oxyrhynchum* Kessler, 1877), плотва (*Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)), красноперка (*Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758)), голавль (*Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758)), линь (*Tinca tinca* (Linnaeus, 1758)), малоротый буффало (*Ictiobus bubalus* (Rafinesque, 1818)), предкавказская щиповка (*Sabanejewia caucasica* (Berg, 1906)), голец Крыницкого (*Barbatula (Oxypomacheilus) merga* (Krynicky, 1840)), сом европейский обыкновенный (*Silurus glanis* Linnaeus, 1758), щука обыкновенная (*Esox lucius* Linnaeus, 1758), радужная форель (*Parasalmo mykiss* (Walbaum, 1792)), ручьевая форель (*Salmo trutta ciscaucasicus morpha fario* Dorofeeva, 1967), гамбузия (*Gambusia holbrooki* Girard, 1859), девятиглая колюшка (*Pungitius platygaster* (Kessler, 1859)), обыкновенный ерш (*Gymnocephalus cernuus* (Linnaeus, 1758)), обыкновенный (речной) окунь (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758), бычок-песочник (*Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814)), бычок-цуцик (*Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814)). Более 2/3 видового состава появились к нам сравнительно недавно — около 40–60 лет назад. К их числу относятся радужная форель, щука, окунь, буффало малоротый, амурский чебачок, серебряный карась, корейская вос-

тробрюшка, колюшка южная девятииглая, бычок-цуцик и бычок песочник, гамбузия, белый и пестрый толстолобики, белый амур, красноперка, плотва, густера и др. (табл. 1). Радужная форель, буффало малоротый, серебряный карась, белый и пестрый толстолобики, белый амур входят в состав аквакультуры. Их появление в естественных водоемах, как правило, случайно.

В состав естественного ихтиокомплекса рек и ручьев Кабардино-Балкарии входят ручьевая форель,

терский усач, терский подуст, терский пескарь, восточная быстрянка, голавль, голец Крыницкого, щиповка предкавказская. В нижнем течении рек к ним следует добавить длинноусого северокавказского пескаря, усача-чанари и сома.

Из указанного видового состава рыб лишь ручьевая форель, терский усач, терский подуст и отчасти голавль и сом относятся к числу объектов любительского рыболовства на территории КБР.

Таблица 1. – Видовой состав ихтиофауны Кабардино-Балкарской Республики

Ихтиофауна 50–60-х годов XX столетия (Парфеник, 1966)	Современная ихтиофауна КБР (обобщенные данные)
1	2
<p>СЕМЕЙСТВО ЛОСОСЕВЫЕ (SALMONIDAE) 1. Ручьевая форель</p> <p>СЕМЕЙСТВО КАРПОВЫЕ (CYPRINIDAE) 2. Уклейка 3. Терский подуст 4. Голавль 5. Плотва 6. Красноперка 7. Терский пескарь 8. Терский усач 9. Сазан (каarp) 10. Линь</p> <p>СЕМЕЙСТВО ВЬЮНОВЫЕ (COBITIDAE) 11. Предкавказская щиповка</p> <p>СЕМЕЙСТВО СОМОВЫЕ (SILURIDAE) 12. Европейский обыкновенный сом</p>	<p>СЕМЕЙСТВО ЛОСОСЕВЫЕ (SALMONIDAE) 1. Радужная форель 2. Ручьевая форель</p> <p>СЕМЕЙСТВО ЩУКОВЫЕ (ESOCIDAE) 1. Щука</p> <p>СЕМЕЙСТВО КАРПОВЫЕ (CYPRINIDAE) 1. Восточная быстрянка 2. Уклейка 3. Пестрый толстолобик 4. Густера 5. Терский подуст 6. Белый толстолобик 7. Верховка 8. Голавль 9. Плотва 10. Красноперка 11. Корейская востробрюшка 12. Терский пескарь 13. Амурский чебачок 14. Длинноусый северокавказский пескарь 15. Усач булат-май 16. Терский усач 17. Белый амур 18. Серебряный карась 19. Сазан (каarp) 20. Линь</p> <p>СЕМЕЙСТВО ЧУКУЧАНОВЫЕ (CATOSTOMIDAE) 1. Малоротый буффало</p> <p>СЕМЕЙСТВО БАЛИТОРОВЫЕ (BALITORIDAE) 1. Гонец Крыницкого</p> <p>СЕМЕЙСТВО ВЬЮНОВЫЕ (COBITIDAE) 1. Предкавказская щиповка</p> <p>СЕМЕЙСТВО СОМОВЫЕ (SILURIDAE) 1. Европейский обыкновенный сом</p> <p>СЕМЕЙСТВО ПЕЦИЛИЕВЫЕ, ИЛИ ГАМБУЗИЕВЫЕ (PESCIIDAE) 1. Хольбрукская гамбузия</p> <p>СЕМЕЙСТВО КОЛЮШКОВЫЕ (GASTEROSTEIDAE) 1. Малая южная колюшка</p>

1	2
	<p>СЕМЕЙСТВО ОКУНЕВЫЕ (PERCIDAE)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Обыкновенный ерш</li> <li>Обыкновенный, или речной, окунь</li> </ol> <p>СЕМЕЙСТВО БЫЧКОВЫЕ (GOBIIDAE)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Бычок-песочник</li> <li>Бычок-цуцик</li> </ol>

Основными орудиями лова служат спиннинг, донки, поплавоочная удочка, подпуски. Основные наживки — дождевой, земляной и навозный черви; опарыш, мотыль, личинки поденок, бокоплав, сыр, жмых, маринованные кукуруза и горошек, мякиш хлеба, перловка и др.

Хищных рыб (сома, щуку и окуня, а также крупных усачей и карпов) ловят на живца, а также искусственные приманки — блесна и твитеры (щука и окунь).

В 2013–2014 гг. основные места скопления рыболовов-любителей приурочены к равнинно-предгорной зонам КБР (рис. 1, 2). Именно здесь сосредоточены основные запасы водных биологических ресурсов. Наиболее посещаемые пункты рыбной ловли следующие:

р. Терек — от плотины Малокабардинской оросительно-обводнительной системы (ниже по течению 100 м) вплоть до с. Хамидие;

р. Урвань — в районе железнодорожного и шоссе-ского мостов (остановка электропоезда «Нальчик-

Пятигорск», 25-й км) до устья (окр. н. п. Октябрьский);

р. Шалушка — от г. Нальчик до слияния с р. Урвань (окр. Н. п. Черная Речка);

р. Урух — от с. Старый Урух до слияния с р. Терек (н. п. Алесандровская);

Карьерные озера — район г. Майский;

Старичные водоемы — пойма р. Терек в районе плотины Малокабардинской оросительно-обводнительной системы;

р. Деменюк — на всем протяжении;

р. Светлянка — на всем протяжении;

р. Кенже — на всем протяжении;

р. Черек — от железнодорожного моста (100 м вниз по течению) до слияния с р. Баксан (окр. Н. п. Майский);

р. Нальчик — от г. Нальчик до слияния с р. Урвань в районе железнодорожного и шоссе-ского мостов (остановка электропоезда «Нальчик-Пятигорск», 25-й км).

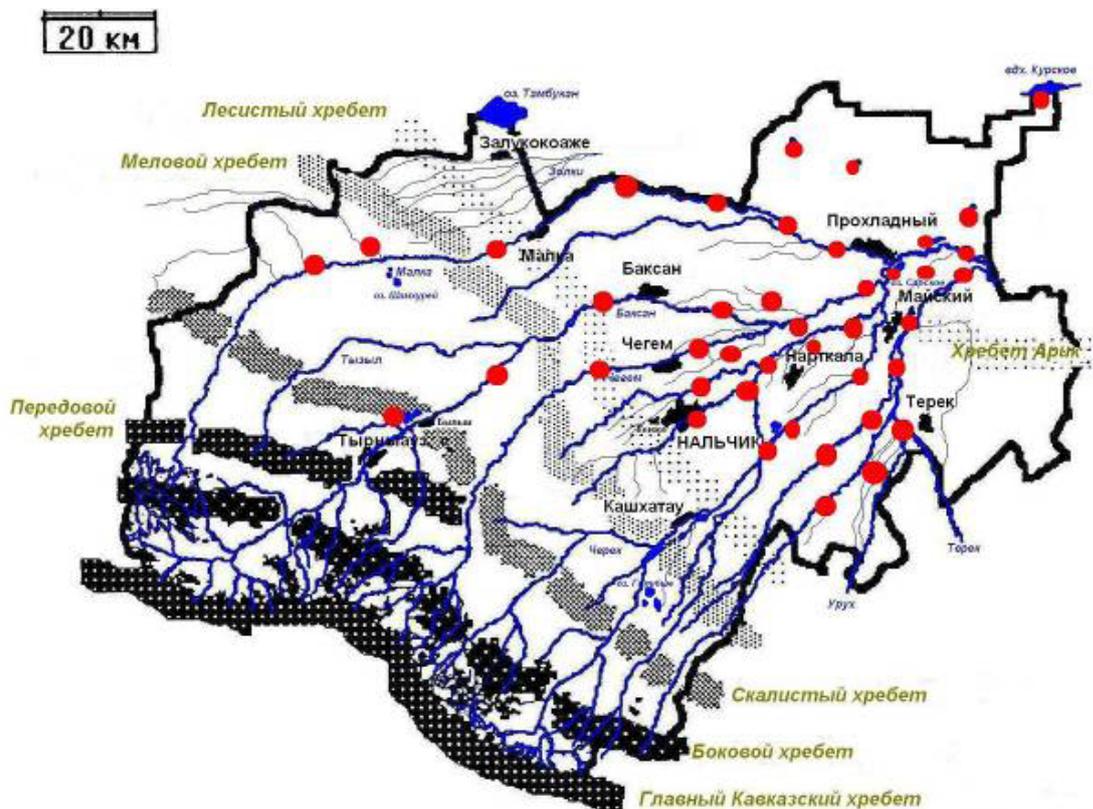


Рис. 1. Основные места сосредоточения рыболовов-любителей в весенне-летние месяцы 2013–2014 г.



1	2	3	4	5
6	Июнь	20–25	2,5–3,5	Окунь речной, щука обыкновенная, терский пескарь, терский усач, терский подуст, голавль
7	Июль	20–25	2,5–3,5	Окунь речной, щука обыкновенная, терский подуст, терский усач, терский пескарь, восточная быстрянка, голавль
8	Август	40–65	2,5–3,5	Окунь речной, щука обыкновенная, голавль, терский пескарь, терский усач, терский подуст, восточная быстрянка
9	Сентябрь	40–65	2,5–3,5	Окунь речной, щука обыкновенная, голавль, терский усач, терский подуст, терский пескарь, восточная быстрянка, сом обыкновенный, карась серебряный, карп (сазан)
10	Октябрь	30–35	2,5–3,5	Окунь речной, щука обыкновенная, терский усач, голавль, терский пескарь, терский подуст, восточная быстрянка
11	Ноябрь	30–35	2,5–3,5	Окунь речной, щука обыкновенная, голавль, восточная быстрянка, терский усач, терский пескарь, терский подуст

### Выводы

1. В 2013 году в составе уловов рыболовов-любителей было отмечено 15 видов рыб. Основное место в уловах занимают такие виды рыб как терский усач, терский подуст, восточная быстрянка, серебряный карась, щука обыкновенная и окунь речной. В 2014 году в составе уловов было отмечено 12 видов рыб, что сви-

детельствует об уменьшении видового состава уловов рыболовов-любителей. Однако основное место в уловах занимают аналогичные виды рыб, что и в 2013 году.

2. Согласно учетным данным, биомасса выловленной рыбы составила 253,5 кг и 266,8 кг отловленной всеми рыболовами-любителями за 2013 и 2014 г., соответственно.

### Список литературы:

1. Шахмурзов М. М., Жеруков Б. Х., Якимов А. В., Кожоков М. К., Шахмурзов А. М., Львов В. Д., Аджиев М. Х. Ихтиофауна Кабардино-Балкарской Республики (состав, структура и перспективы рационального использования). Нальчик: ФГБОУ ВПО «КБГАУ им. В. М. Кокова», 2012.
2. Якимов А. В. Годовой отчет КБРО ФГБУ «Запкаспрыввод» по государственному мониторингу водных биоресурсов и среды их обитания за 2013 г.

*Mustafayeva Gulzar Aligeydar,  
Kamarli Valida Pasha,  
Aslanova Gulnara Mirzebala.  
Institute of Zoology, Azerbaijan National Academy  
of Sciences, Baku c, Azerbaijan  
E-mail: zoolog88@mail.ru*

## **Armored scales (Homoptera; Coccinea, Lecaniidae) Cuba-Hachmaz area of Azerbaijan, their distribution and trophic communications**

*This article was published with the financial help  
of the Science and Technology Center in Ukraine (STCU).*

**Abstract:** This article provides information about armored scales widespread in Cuba-Hachmaz area of Azerbaijan. Here it was revealed the 11th species of armored scales from which 2 look is for the first time specified for fauna of Azerbaijan, 6 species were for the first time revealed for fauna of this area.

**Keywords:** pests, armored scales, trophic communications, polyphagous, oligofag.

Мустафаева Гюльзар Алигейдар,

Камарли Валида Паша,

Асланова Гюльнара Мирзехала.

Институт зоологии НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан

E-mail: zoolog88@mail.ru

## Ложнощитовки (Homoptera; Coccinea, Lecaniidae) Куба-Хачмазской области Азербайджана, их распространение и трофические связи

Эта статья была опубликована при финансовой помощи  
Научно Технологического Центра Украины (STCU).

**Аннотация:** В статье приводятся данные о распространении и вреде ложнощитовок, распространенных в Куба-Хачмазской области Азербайджана. Здесь было выявлено 11 видов ложнощитовок, из которых 2 вида впервые указывается для фауны Азербайджана, 6 видов впервые было выявлено для фауны этой области.

**Ключевые слова:** вредитель, ложнощитовки, трофические связи, полифаги, олигофаги.

### Актуальность темы.

Ложнощитовки (Homoptera; Coccinea, Lecaniidae) наносят большой вред кустарникам, деревьям. Эти вредители питаются соками растений, живут на стволах, ветках и побегах, иногда даже на листьях. Они загрязняют листья, что способствует развитию грибков, замедляется годовой рост растений, а при сильном заражении приводит к полному высыханию. У сельскохозяйственных культур, заражённых ложнощитовкой заметно снижается количества и сильно теряется качества урожая. Эти вредители ежегодно способствуют огромному уничтожению урожая. Чтобы эффективно вести борьбу против ложнощитовок, нужно изучить их видовой состав, распространение, вредоносность, биоэкологические особенности.

Фауна ложнощитовок Азербайджана очень мало изучена. В исследованиях Э.С. Арутюновой и В.Х. Русановой были даны первые сведения о ложнощитовках [1, 15–20., 9, 18–25]. Бейбутов Р.А. сообщает о паразита мягкой ложнощитовке, который распространён в Азербайджане [2, 661–664., 3, 349–353.] Г.А. Мустафаева в своих работах [5, 1–20., 6, 91–101., 7, 318–320.] пишет о ложнощитовках, как хозяине некоторых видов афелинид. Л.М. Рзаева в своей монографии сообщает о некоторых видах ложнощитовок, распространенных в Азербайджане [8, 231–250].

### Материал и методика.

Энтомологический материал был собран по общепринятой методике с естественных и культурных биоценозов (Тряпицын, Шапиро, Щепетьников, 1982) [10, 70–121]. Вредители были собраны во время индивидуальных и комплексно-фаунистических экспедициях, командировках. Во время исследований преимуще-

ство было оказано сельскохозяйственным культурам. Подготовка и разработка энтомологического материала проходила в лаборатории «Интродукция полезных насекомых и научные основы биологической борьбе» Института зоологии Национальной Академии Наук Азербайджана. Ложнощитовки хранились вместе с отрезанными частями растений. Для того чтобы определить вид растений, наряду с вредителем, приготавливались гербарии из различных видов растений и определялось название растения.

### Выводы и обсуждения.

В результате исследований были определены 11 видов ложнощитовок (Homoptera; Coccinea, Lecaniidae), вредящих сельскохозяйственным и парково-декоративным растениям в Куба-Хачмазской области Азербайджана. Распространения ложнощитовок в мире указываются по Н.С. Борхсениусу [4, 3–30].

Род *Coccus* L, 1758.

1. *Coccus hesperidum* L, 1758. — Мягкая ложнощитовка.

Тело у самок удлинённо овальное, яйцеобразное, иногда ассиметричное. Спина мало хитизирована, усики состоят из 6–8 члеников. Цвет желтоватый, зеленоватый, светло-коричневый, или же коричневатый. Размеры 4,5–5 мм. Обитает на ветках, листьях и стволах субтропических и тропических растений. Сильно вредит. В году имеет 3–4 генерации.

Распространение: В бывший СССР завезённый вид. Широко распространён на побережье Крыма, в Краснодарской области и в Закавказье. Живёт в теплицах и оранжереях по всему миру.

Род *Eulecanium* Skll., 1896.

2. *Eulecanium rufulum*, Skll., 1903 — Дубовая ложнощитовка.

Обитает на дубовых, каштановых и на грабовых деревьях. Взрослые особи самок яйцеобразной формы. Спинная часть выпуклая, имеет 2 выпуклые, не очень заметные круги. Середина спинной части жёлтая, остальная часть светло-коричневая, красного цвета. Длина составляет 3,3 мм. Наносит огромный ущерб.

Распространение: Западная Европа, Крым, Кавказ.

3. *Eulecanium (Rhodococcus) turanicum* (Arch., 1937) — Туранская шаровидная ложнощитовка.

Вредит фруктовым деревьям, живет на стволах и молодых ветках сливе, на яблоне, груши, на вишне, абрикосе, алыче, на черешне, на миндале, на ореховом и на чёрной смородине. Взрослые особи одно тонные, тёмно каштанового цвета, можно сказать чёрного цвета. Длина самок 2,5–4 мм. Дает в году одна генерация.

Распространение: Широко распространён в республиках Средней Азии.

4. *Eulecanium rugulosum* (Arc, 1937) — Морщинистая шаровидная ложнощитовка.

Наносит вред плодовым деревьям и парково-декоративным растениям. Вредит иве, тополю; из фруктовых деревьев яблоне, груше, черешне, абрикосу, персику, сливе, айве. Самки цвета слоновой кости, по бокам желтоватые. Длина 6 мм. После откладки яиц у самок на теле появляются морщинки и оттуда вид назван этим именем. В году одна генерация. В мае месяце откладывает до 1500 яиц. Впервые указывается для фауны Азербайджана.

Распространение: Средне-Азиатские республики.

Род *Parthenolecanium* Bouche, 1844

5. *Parthenolecanium persicae* (F., 1776) — Персиковая ложнощитовка.

Наносит огромный ущерб шелковице, акации и Ленкоранской акации. Живет на стволах и ветках персиковых, сливовых, миндальных, яблоневых деревьях. Взрослые особи самок удлиненно овальные. Не очень выпуклые. На поверхности тела имеется хорошо заметный щиток. Молодые особи тёмно жёлтого цвета. Взрослые особи красновато-коричневого цвета. Длина 5–9 мм. Живёт на молодых толстых ветках, также и на стволах.

Распространение: Европейская часть бывшей СССР, Грузия, Азербайджан, Средне — Азиатские республики, а также можно сказать во всём мире.

6. *Parthenolecanium corni* (Bouche, 1844) — Акациевая ложнощитовка.

Являясь полифагом живёт на стволах и листьях, иногда даже на плодах деревьев. Параллельно с акацией обитает на косточковых и плодовых деревьях.

Встречается на табаке, шиповнике, гранатовом дереве, дубе и на винограде. Наносит огромный ущерб. Особенно вредит винограднику, сливе, и белой акации. Взрослые особи самок имеют овальную, или широко овальную, выпуклую форму. Цвет тёмно жёлтый, или красновато-коричневый, блестящий, имеет тёмно-коричневый или чёрные полосы. Длина достигает от 3,0 до 7 мм. Ширина 2–4 мм. В году имеет одну или 2 генерации. Личинки зимуют на побегах и ветках. Самцы вылетают в мае. Откладка яиц наблюдается в мае-августе месяцев.

Распространение: Северная Америка, Западная Европа, Европейская часть бывшей СССР, Приморская область, Кавказ и в республиках Средней Азии.

Род *Sphaerolecanium* Fons., 1873

7. *Sphaerolecanium prunastri* Fons., 1873 — Сливовая ложнощитовка.

Живет на ветках и побегах сливового, абрикосового, миндалевого, вишнёвого, черешневого деревьев. Иногда вредит яблоне и айве. В году развивается одна генерация, зимуют личинки, вылет самцов происходит в середине мая. Взрослые особи самок круглые, выпуклые в полушарообразной форме. Самки тёмно-каштанового цвета, иногда даже черноватого цвета. Длина 3,0–3,5 мм, ширина 2,7–3,2 мм. Откладка яиц май, июль, самки откладывают до 822 яиц.

Распространение: Европейская, Южная часть бывшей СССР, Грузия, Азербайджан, Западная Европа, Иран, Япония, Северная Америка.

Род *Pulvinaria* Targ, 1869.

8. *Pulvinaria betulae* (L. 1758).

Является полифагом, живёт на тополе, на косточковых, плодовых деревьях, а также на винограднике и на кустах смородина. Взрослые особи самок, имеют сердцевидной формы, сероватого или желтоватого цвета. Вдоль тела находится много морщин. Длина 7 мм, ширина 5 мм. Яйцевой мешок выражено выпуклой формы 8 мм.

Распространение: Европейская часть бывшей СССР, Грузия, Азербайджан, Средняя Азия, Приморский область, Северная Америка, Западная Европа, Иран.

9. *Pulvinaria aurantii* Skll, 1896. — Мягкая пульвинария.

Является вредителем чайных кустов, цитрусовых растений, японской мушмулы и на обычного лаврового дерева. Самки зеленовато-жёлтые или коричневатого цвета. По длине тела имеются коричневые или тёмно-коричневые полосы, по бокам тела находятся широкие желтоватые или ко-

ричневатого цвета полоски. Во время откладки яиц образуется яйцевой мешок, который бывает в длину 7 мм, а в ширину 4 мм. Одна особь откладывает около 2000 яиц. В году имеет 2 генерации в мае-июле и в сентябре-октябре. Впервые указывается для фауны Азербайджана.

Распространение: Широко распространён.

Род *Saissetia* Depl., 1865.

10. *Saissetia hemispaerica* (Targ., 1867) — Полушаровая ложнощитовка.

Особенно встречается во всех теплицах и оранжереях. Широко распространён, вредит *Asparagus*, *Murtus*, *Begonia*. Огромный вред наносит и другим тепличным растениям.

Взрослые особи самок желтовато-коричневатого цвета. Размер в пределах 3,5–5 мм. Во всём мире широко распространён.

Распространение: Австралия, Ново-Зеландия, Центральная, Южная и Северная Африки, Центральная, Южная и Северная Америка, Пакистан, Юго-западная Европа. В бывшую СССР завезённый вид.

Род *Ceroplastes* Gray., 1830.

11. *Ceroplastes yaponicus* Green., 1921 — Японская восковая ложнощитовка.

Наносит вред цитрусовым растениям, олеандру, обычному лавровому кусту, абрикосу, груше, яблони,

сливе и миндаляю. Взрослые самки кругловато выпуклые. Длина 3,5–4,0 мм. Данная ложнощитовка покрыта коричневым восковым щитом. В году одна генерация. Зимуют оплодотворённые взрослые самки. В июне рождаются личинки.

Распространение: Япония, в бывшую СССР привезённый вид.

#### Выводы

1. В результате проведённых исследований в Куба-Хачмазской области Азербайджана был выявлен 11 вид ложнощитовок. Среди них 2 вида (*Eulecanium rugulosum*, *Pulvinaria aurantii*) впервые указывается для фауны Азербайджана, 6 видов (*Eulecanium rugulosum*, *Eulecanium rugulosum*, *Eulecanium rufulum*, *Pulvinaria aurantii*, *Pulvinaria betulae*, *Saissetia hemispaerica*) впервые были отмечены для фауны этой области.

2. В Куба — Хачмаской области Азербайджане отмечено 11 видов ложнощитовок, относящихся к 7 родам. Среди них род *Eulecanium* находится на первом месте. Этот род имеет 3 видов ложнощитовок. Роды *Pulvinaria*, *Parthenolecanium* имеют по 2 вида, виды *Coccus*, *Sphaerolecanium*, *Saissetia* и *Ceroplastes* имеющих по одному виду.

3. Виды ложнощитовок в основном полифаги, олигофаги, среди них монофаги не имеются.

#### Список литературы.

1. Арутюнова Е. С. Обзор фауны кокцид Азербайджана. 1938, Баку.
2. Бейбутов Р. А. Комбинированный метод борьбы с мягкой ложнощитовкой. Доклады АН Азерб. ССР, 1956, № 12 (9).
3. Бейбутов Р. А. Биологический метод борьбы с вредителями многолетних культур в условиях Азербайджана. Сб. Аз.ССР, посвящ. XXI съезду КПСС, Баку, 1960.
4. Борхсениус Н. С. Практический определитель кокцид (Coccoidea) культурных растений и лесных пород СССР, Москва-Ленинград, 1963.
5. Мустафаева Г. А. Афелиниды (Hymenoptera, Aphelinidae) Восточного Азербайджана (Фауна, экология и хозяйственное значение). Автореферат канд. диссертации, 1990.
6. Мустафаева Г. А. Афелиниды (Hymenoptera, Aphelinidae) – паразиты кокцид, тлей и алейродид в Восточном Азербайджане. Известия Академии Наук Азербайджана. Серия биологических наук, Баку, 2004, № 1–2.
7. Мустафаева Г. А. Афелиниды (Hymenoptera, Aphelinidae) – паразиты сосущих вредителей Азербайджана. VI международная научная конференция, Донецк «Промышленная ботаника», 2010.
8. Рзаева Л. М. Хальциды (Hymenoptera, Chalcidoidea) Восточного Закавказья и их хозяйственное значение Баку «Элм», 2002.
9. Русанова В. Н. Материалы к изучению Coccidae (Homoptera) в Азербайджане. Баку. 1941.
10. Тряпицын В. А., Шапиро В. А., Щепетьникова В. А. Паразиты и хищники вредителей с.-х. культур Л.: Колос, 1982.

## Section 2. Biotechnology

Turaliyeva Moldir Alibekovna,  
South Kazakhstan State University  
named after M. Auezov, PhD student, the Faculty of  
Chemistry and Chemical Technology,  
E-mail: nazanovamoldir@mail.ru

Yeshibaev Arystanbek Ashirbayevich,  
Shymkent University, Doctor of Biological Science,  
the Faculty of Biology

Abdullayeva Gulzhan Akilbekovna,  
South Kazakhstan State University named after M. Auezov,  
Master of Biological Sciences

Faizullayeva Lazzat Amankhanovna,  
South Kazakhstan State University named after M. Auezov,  
Candidate of Biology

Abdualiyeva A.A., South Kazakhstan State University  
named after M. Auezov, Master of Biological Sciences.

Altynbekova Madina Kasymkyzy,  
Shymkent University, postgraduate student

### Study of *Bacillus thuringiensis* 4ant strain for warm blood animals

**Abstract:** The change in species composition and abundance of various representatives of the micro biota of the large intestine of warm-blooded animals under the influence of oral and dermal administration of the strain *Bacillus thuringiensis* 4ant at a dose of 100 mg/kg body weight. There is inhibited growth of the normal microflora in the large intestine — bifidobacteria, lactobacilli, bacteria microflora and *Escherichia* with normal enzymatic activity.

**Keywords:** *Bacillus thuringiensis* 4ant, biopreparation, toxin, pathogenicity.

Bacteria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), having effective biopesticidal actions against the entomobjects and phytopathogens, are widely used to control pests of Lepidoptera, Diptera, Coleoptera and various phytopathogenic microorganisms. The widespread use of this species of bacteria in the biological control is based by their frequent occurrence in nature [1, 2]. The apparent advantage of their use is safe for human health, animals and plants. However, the frequency of occurrence of this species in different ecosystems suggests the breadth of intraspecific diversity of options on morphological and biochemical properties. In this connection, it is naturally to assume that strains with different environmental conditions can significantly vary the characteristics of biologically active substances synthesized by them.

From the literature it is known that Cry-proteins of parasporal crystals formed by a plurality of subspecies *B.*

*thuringiensis* entomopathogenic bacteria with high specificity affect certain insects, nematodes, mites, which are plant pests and disease carriers. Therefore, on the basis of crystals and spores *B. thuringiensis* there are produced more than 80% of all of the world's bio-insecticides, including such drugs permitted for use in different countries, as lepidocide, bitoksibatsillin, novodor FC and Foray 48 B.

In addition, there are a number of publications, where there is the adverse effect to human health, based on the use of biopreparations *B. thuringiensis*. For example, in 2009, in a wooded area of a western part of London as well as in the province of Ontario (Canada), after the outbreak of gypsy moth larvae and use it to suppress air spray preparation «Foray 48 B» on the basis of *B. thuringiensis* var. *kurstaki*, from local residents were observed health problems specific to the organism poi-

soning and allergic reactions. Then it was suggested that the drug may have not only local, skin-resorptive action, but also can cause allergies and poisoning [3]. There are also a number of reports from the Society to control the excessive use of pesticides [4] that there are more than 290 incidents of 51 symptoms, including nausea, vomiting, spasms, diarrhea, exacerbation of asthma and cases of severe itching after use biopreparations based on *B. thuringiensis*. Mentioned above facts require a more careful approach to the assessment of the pathogenic strains and Allergenic properties of *B. Thuringiensis* when used as biopesticides.

Evaluation of pathogenic and Allergenic properties of microorganisms based on the manifestation of specific reactions of organisms warm-blooded animals and humans. It is known that the body of warm-blooded animals and humans and its micro biota is a highly, self-regulating system, "which maintain the equilibrium of the components of the internal environment of the organism to the metabolic, cellular, and molecular genetic levels" [5,6]. Balancing of system "host-micro flora" may fail "in excess of the intensity of negative external effects on adaptive thresholds body systems" [7] and shifts in the metabolic activity of the micro flora [8]. Pathogenicity as a determinant of poly genotypic traits controlled gene cluster of microorganisms responsible for the formation of a number of structures of the bacterial cell, enzymes that violate the integrity of the tissue, and toxins. The actions of these formations are specific. They cause typical for this type of agent pathological and pathophysiological changes in specific tissues and organs in the natural way for him to challenge. This is manifested in the respective pathogenetic and clinical type of infection: purulent, respiratory and intestinal [9–11].

The basis for our research was the excessive development of diseases trunks urbanodendroflora representatives of the southern region of Kazakhstan, which is the number of causative agents of phytopathogenic microorganisms from the genera — *Alternaria*, *Fusarium*, *Verticillium*, and strains of bacteria of the genera — *Pectobacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Clavibacter* and others. Our results identified a local strain of the bacterium *B. Thuringiensis*, which has a high antagonistic activity against pathogens of major tree species. In this regard, the purpose of our research was to study the toxicity of the strain *B. Thuringiensis* 4-ant to warm-blooded animals.

### Materials and methods

The objects of study were the bacteria of the genus *Bacillus thuringiensis* 4ant, isolated by us from different

types of soils of southern Kazakhstan. Tribal affiliation of isolated strains was determined by the determinant Bergey. Bacteria antagonists were identified by using the gene sequence analysis of 16S ribosomal RNA (rRNA). Genomic DNA was extracted from 4ant *Bacillus thuringiensis* strain as a template for polymerase chain reaction (PCR) and 16SrRNK gene was amplified by PCR from the National Center for Biotechnology in Astana.

Defining the parameters of toxicity of *Bacillus* strains for warm-blooded animals were performed on white rats in accordance with the methodical instructions. When forming groups of experimental animals were randomly as defining indicators take into account gender, age.

#### *Determination of acute dermal toxicity*

Determination of acute dermal toxicity and irritating to the skin of rats were performed by application wipes impregnated with bacterial culture without dilution, or a 50% aqueous solution (in doses  $0.25 \times 10$  or  $0.125 \times 10$  CFU/kg, respectively) for epilate portion side surface of the trunk skin of rats (6 males and 6 females per dose) in the area of  $4 \times 4$  cm. After 4 hours the cloth was removed and the slurry was washed from the skin with sterile water. Control animals received sterile water was applied in an equivalent amount.

#### *Definition of dysbiotic actions*

Before the start of experiments in experimental animals in all variants were performed to study the background of the intestine according bacteriocenosis. In the acute experiment, the material for analysis were collected before and after drug administration. Feces were removed on the morning of sterile tank seals were weighed. The suspension sowing material was prepared on phosphate-buffered saline pH 7.2–7.4. Crops 10-fold dilutions were performed on a selective medium within 1 hour after collection of the material. For the study of enterobacteria used selective media: Endo, Levine Ploskireva, Olkenitski. Hemolysing and coccal flora detected on MPA supplemented with 5% of donated blood. Anaerobes and microaerophiles isolated in special environments for growing semi bifidobacteria and lactobacilli.

### Research results

#### *Acute oral toxicity*

Study of acute oral toxicity of the strain *Bacillus thuringiensis* 4ant showed no signs of experimental animals intoxication during the observation period after administration. Food and water consumption, as well as physical activity in experimental animals correspond to the index rules specified in the literature. The body

weight of rats in all groups had no significant difference.

The impact of the strain *Bacillus thuringiensis* 4ant led to a change of integral indicators of the body of experimental animals: weight loss, increased frequency of defecation and fecal matter consistency change, significant increase in weight ratios of immune competent organs (spleen and thymus), detoxification of organs (liver) and excretion (kidney), changes in hematological parameters.

*Acute dermal toxicity strain of Bacillus thuringiensis* 4ant

In determining the acute dermal toxicity in terms epicutaneous application does not reveal any irritant effect cell culture *Bacillus thuringiensis* 4ant after the

application of the drug and subsequent 14-day observation period. Irritation of the skin of animals, clinical signs of intoxication and death of rats were detected. The strain *Bacillus thuringiensis* 4ant for acute dermal toxicity relates to pesticides of 4th class of danger; skin-irritating effect does not occur.

Thus, the results of clinical observations of the general condition of the animals, hematological and biochemical analyzes of blood and pathomorphological studies in multiple intragastric administration at a dose of  $1.0 \times 10^9$  CFU/kg/day strain of *Bacillus thuringiensis* 4ant not have toxic effects on the body of warm-blooded animals. Cumulative properties are not expressed.

#### References:

1. Martin P.A. W., Travers R. S. Worldwide abundance and distribution of *Bacillus thuringiensis* isolates//Appl. Environ. Microbiol. 1989. – V.55. – P. 2437–2442.
2. Kaelin P. Isolation of *Bacillus thuringiensis* from stored tobacco and *Lasioderma serricornis* (F)/Morel P., Gadeni F.//Appl. Environ. Microbiol. – 1994. – V. 60. – P.19–25.
3. Richard B. Philp Adverse health consequences following aerial spraying with *Bacillus thuringiensis* (var. *kurstaki*) (Btk) to control the gypsy moth: flaws in government risk assessments and in public health officials attitudes, University of Western Ontario, 2009.
4. Internet: [www.bcn.ca/stop/part4.html](http://www.bcn.ca/stop/part4.html).
5. Damgaard P. H., Larsen H. D., Hansen B. M., Bresciani J., Jørgensen K. Enterotoxin-producing strains of *Bacillus thuringiensis* isolated from food//Letters in Applied Microbiology. – 2008. – Vol. 23 – P. 146–150.
6. Osipova I. G., Mihailova M. I., Sorokulova I. B., Sporovye probiotiki//Microbiologiya. – 2002. – № 3. – p. 113–119.
7. Udina Y. G., Sravnenie antibakterialnoi aktivnosti parasporalnykh vkluchenii razlichnykh bacill. Izvestiya RAN. – 1996. – № 5. – P. 535–541.
8. Udina T. G., et al., Biologicheskaya aktivnost parasporalnykh kristallov *Bacillus thuringiensis*. – Izvestiya RAN. -1988. – № 3. – p. 427–436.
9. Egorov et al., O korrelyacii mezhdru antibioticheskoi aktivnostyami kristallov *Bacillus thuringiensis*.//Microbiologiya. – 1990. – T. 59, 3. – P. 448–452.
10. Udina T. G., et al. Antimikrobnaya aktivnost belkovykh vkluchenii razlichnykh bakterii – 1996. – T. 349, № 2. – P. 283–287.
11. Udina T. G., et al. Deisrviye endotoksinov chetyreh podvidov *Bacillus thuringiensis* na razlichnykh prokariot//Microbiologiya. 1997. – T. 66. – № 1. – P. 25–31.

## Section 3. Mathematics

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

### Consequences of theorem wilson in theory of primes

**Abstract:** Wilson's formula (for generating primes) becomes much simpler and competitive as compared with other methods, or even ahead of them, by using the determinant divisibility.

**Keywords:** a prime number, Wilson's theorem, a generation of large prime numbers.

Wilson's theorem was published in XVII century and is written as [1; 2]

$$n \in \mathbb{N} \{ (n-1)!+1 \} : n \Leftrightarrow n \in \mathbb{P}, \quad (1)$$

and is read as: to  $n$  is prime number, if and only  $\{ (n-1)!+1 \}$  is multiple of  $n$ . Wilson's theorem is a formula of prime number, the formula is in all textbooks on the theory of numbers, and actually almost never used. The fact, that factorial grows on complex exponential function and while modern supercomputers are not able to work with them. Indeed, to prove that  $n = 11 \in \mathbb{P}$ , it is required  $(10!+1) = 3628801$  divided into  $\ll 11 \gg$ , that gives 11.329891.

This article shows that by using of the determinant divisibility (DD), that created by V. V. Druzhinin [2, 3], Wilson's factor  $W = \{ (n-1)!+1 \}$  can be significantly reduced while maintaining the theorem itself.

DD is formulated as: if the dividend  $A = A_1 \beta^k + a_0$  and divider  $B = B_1 \beta + b_0$ , and if  $A : B$ , then  $D(A, B) : B$ . Here  $D(A, B)$  is function of divisibility

$$D(A, B) = \begin{vmatrix} A_1 & a_0 \\ (-1)^{k+1} B_1^k & b_0^k \end{vmatrix} = A_1 \cdot b_0^k + (-1)^k \cdot B_1^k \cdot a_0. \quad (2)$$

Wherein  $D(A, B)$  can be much smaller  $A$  or even zero, because a factor  $\beta$  is completely removed. Leibniz made an attempt [2] to reduce  $W$ . He reduced this number to  $W = \{ (n-2)!-1 \}$ . We have received greater reduction. If  $n = 2m+1$ , then

$$W = \{ (m!)^2 + (-1)^m \}. \quad (3)$$

For example, if  $n = 11$ , then  $(120-1)(120+1) = 11 \cdot 11 \cdot 119$ , i. e. we have reduction of  $W$  by two orders of magnitude.

Reduction of  $W$  occurs so. We single out a multiplier  $(2m)$  in  $(n-1)! = (2m)!$  and write

$W = \{ (2m)(2m-1)!+1 \}$ . Assuming in (2)  $A_1 = (2m-1)!$ ,  $a_0 = 1, k = 1, b_0 = 1, B_1 = 2m$ , we find the result of Leibniz  $W = \{ (2m-1)!-1 \}$ . If  $(2m-1)! = (2m-2)!(2m-1)$ , divider  $n = (2m-1)+2$  and we remove  $(2m-1)$ , then new reduced value  $W = \{ 2(2m-2)!+1 \}$ . The next step of removing  $(2m-2)$  gives  $W = \{ 2 \cdot 3 \cdot (2m-3)!-1 \}$ , so we get to (3). If at once take (it is further used)  $m = 2s+1$  (odd), then

$$W = \{ (2s+1)! \pm 1 \}. \quad (4)$$

If at least for one sign is performed  $W : n$ , then  $n \in \mathbb{P}$ . Thus, for a prime number of the form  $p = 4s+3$ , we drastically reduced the Wilson's factor.

Removing further multipliers  $m, m-1, m-2, \dots, m-t$ , We even more reduce

$$W = \{ (2t-1)! (m-t)! \pm 2^t \}. \quad (5)$$

For example.

For  $p = 19, m = 9, t = 3, W = 3 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \pm 2^3$ . Reduce  $2^3$ , and we get  $W = (1350 \pm 1)$ . When the sign is  $\ll - \gg$  then  $W = 1349 = 19 \cdot 71$ . By (1)  $18! \approx 6,4 \cdot 10^{15}$ , e. i. we have reduced the Wilson's factor by 12 orders. There is another more effective method to reduce  $W = \{ m! \pm 1 \}$ . We use algebraic identity

$$(2s+1)! = \prod_{t=0}^{s-1} ((s+1)(s+2) - t(t+1)). \quad (6)$$

Note that the left side consists of  $(2s+1)$  multipliers, and the right side —  $s$ . When we substitute (6) in (4), you can remove the multiplier at  $t = s-1$ , because it equals to  $(4s+2)$  and comparable with (4) at a modulo  $(4s+3)$ . The new shortened Wilson's factor has the form

$$W = \left\{ \prod_{t=0}^{s-2} ((s+1)(s+2) - t(t+1)) \pm 1 \right\}. \quad (7)$$

For  $p = 19$   $W = (30 \cdot 28 \cdot 24) \pm 1$ . Using the theory of comparisons:

$$((s+1)(s+2) - t(t+1)) \equiv \delta(s, t) \pmod{p}, \quad (8)$$

and taking the deduction  $(-p/2) < \delta(s, t) < (p/2)$ , we write  $W$  in a much reduced form

$$W = \left\{ \prod_{t=0}^{s-2} |\delta(s, t)| \pm 1 \right\}. \quad (9)$$

For  $p = 19$   $W = (8 \cdot 9 \cdot 5) \pm 1 = 360 \pm 1$ , when the sign is  $\ll + \gg$ ,  $W = 361 = 19^2$ . Compared with example (5), we reduced  $W$  about three times.

DD allows you to get to other forms of  $W$ . Use comparison

$$\begin{aligned} (2s-2t)(2s-2t-1) &\equiv \\ &\equiv \left( \left( 4(t+1)^2 - 1 \right) - s \right) \pmod{(4s+3)}, \end{aligned} \quad (10)$$

which also reduces the number of multipliers of  $W$  more than twice.

$$W = \left\{ \prod_{t=0}^{s-2} \left( \left( 4(t+1)^2 - 1 \right) - s \right) \pm 1 \right\}. \quad (11)$$

If  $p = 19$ , then  $W = ((-1) \cdot 11 \cdot 31) \pm 1$  or, going over to deduction in (8),  $W = (8 \cdot 7) \pm 1 = 56 \pm 1$ . When the sign is  $\ll + \gg$ ,  $W = 57 = 3 \cdot 19$ . As compared with last example, reductions of Wilson's factor occurred about ten times.

Practical use of Wilson's theorem will help canonical decomposition of the factorial. Indeed, there is

$m! = 2^{\alpha_2} \cdot m_1$ , where  $m_1$  contains no multipliers  $\ll 2 \gg$ .  $\alpha_2 = [A/2] + [[A/2]/2] + [[A/2]/2]/2 \dots$ . Here brackets denote the most integer, that not exceeding a fraction. We also find other degrees in the canonical decomposition. As  $n = 2m + 1$ , then using DD, we can get this form for

$$W = 2^{\alpha_1 - t} m_1 \pm m^t, \quad (12)$$

where  $t$  — integer,  $0 \leq t \leq \alpha_2$ . For  $p = 19, m = 9, 9! = 2^7 \cdot 2835$ . Taking  $t = 4$ , we have in (12)  $W = 8 \cdot 2835 \pm 9^4$ . Reduce  $W$  by  $9^2$ , we get  $W = 8 \cdot 35 \pm 9^2 = 280 \pm 81$ . When the sign is  $\ll + \gg$   $W = 361 = 19^2$ .

Next, we apply Wilson's theorem on a specific example with the full canonical decomposition of  $m!$ . If  $p = 29 = 2 \cdot 14 + 1$ , then  $m = 14$ .  $14! = 2^{11} \cdot 3^5 \cdot 5^2 \cdot 7^2 \cdot 11 \cdot 13$ . According to the theory of congruences, we find the remains of division by  $\ll 29 \gg$ . They constitute squared formula (3). Write  $W = 5 \cdot 5 \cdot 16 \cdot 23 \cdot 4 + 1 = 36801 = 1269 \cdot 29$ . According to Wilson's theorem (1)  $W \approx 3 \cdot 10^{29}$ .

The proposed method can effectively compete with the existing method based on the division of  $n$  by all primes, that smaller than  $\sqrt{n}$ . When numbers are large, we cannot use the division as such, but DD (2), which provides a qualitative answer, but requires considerably less time. Our calculations confirm this.

### References:

1. Dicson L. (E). History of the Theory of Numbers, v. II, CPC, NewYork, 1971.
2. Serpinski V. What we know about primes, Moskow, 1963, P. 49.
3. Druzhinin V. V. The determinant divisibility, Russia, Sarov, 2012, P. 24.
4. Druzhinin V. V., Lobov L. A., Sirotkina A. G. NTVP, 2012, №. 4, P. 24.

*Fundak Lesya Ihorivna,  
Lviv National University named by Ivan Franko,  
Assistant, the Faculty of Applied Mathematics and Informatics  
Tsegelyk Hryhorij Hryhorovych,  
Lviv National University named by Ivan Franko,  
Professor, Doctor of Physical and Mathematical Sciences,  
the Faculty of Applied Mathematics and Informatics  
E-mail: lfundak@gmail.com*

## Numerical methods of majorant type of solving the Cauchy problem for ordinary differential equations

**Abstract:** With the use of two approaches to the construction of the apparatus non-classical Newton majorant and diagram of functions given in tabular form, developed two numerical interpolation methods of solving the Cauchy problem for ordinary differential equations, which, without regard to the rounding operations are accurate to certain classes of functions.

**Keywords:** non-classical Newton majorant and diagram, numerical method, the Cauchy problem.

Фундак Леся Игоревна,  
Львовский национальный университет им. И. Франко  
ассистент, факультет прикладной математики и информатики

Цегельк Григорий Григорьевич,  
Львовский национальный университет им. И. Франко  
профессор, доктор физико-математических наук,  
факультет прикладной математики и информатики  
E-mail: lfundak@gmail.com

## Численные методы мажорантного типа решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений

**Аннотация:** С использованием двух подходов к построению аппарата неклассических мажорант и диаграмм Ньютона функций, заданных таблично, разработаны два численных метода интерполяционного типа решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений, которые, без учета операций округления, являются точными на определенных классах функций.

**Ключевые слова:** неклассическая мажоранта и диаграмма Ньютона, численные методы, задача Коши.

**Вступление.** Теорию мажорант и диаграмм Ньютона, разработанную для степенных рядов функций одной комплексной переменной, широко использовали в исследованиях Пюизо, Дюма, Адамар, Валирон [1], А. Островский [2] и другие математики. Дальнейшее развитие этой теории принадлежит А. Костовскому и его ученикам [3–11]. Они теорию мажорант и диаграмм Ньютона перенесли на ряды Лорана и Дирихле, обобщенные степенные ряды, на степенные ряды, ряды Лорана и Дирихле функций двух комплексных переменных. Как приложение, для степенных рядов, обобщенных степенных рядов и рядов Дирихле выведены формулы для определения нижних границ их нулей и определены достаточные условия существования “максимальных” областей (в виде колец или полос), в которых эти ряды не принимают нулевых значений; для степенных рядов и рядов Дирихле функций двух комплексных переменных выведено уравнение границ их области абсолютной сходимости на диаграмме Рейнхарта, построены приближенные методы отыскания этих границ, определены достаточные условия существования “максимальных” областей (в виде биколец или биполос), в которых эти ряды не принимают нулевых значений и др.

Идея классического подхода к построению теории мажорант и диаграмм Ньютона рядов в [12, 13] была использована для построения аппарата так называемых неклассических мажорант и диаграмм Ньютона функций действительной переменной, заданных таблично, который нашел широкое применение в численном анализе. В частности, этот аппарат нами

использовано для построения численных методов решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем.

В статье приводятся два подхода к построению аппарата неклассических мажорант и диаграмм Ньютона функций действительной переменной, заданных таблично, и его использование для разработки двух численных методов решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка, которые, без учета операций округления, являются точными на определенных классах функций.

**1. Первый подход к построению аппарата неклассических мажорант и диаграмм Ньютона функций, заданных таблично.** Пусть функция  $y = f(x)$  задана своими значениями в некоторых точках  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ):

$$f(x_i) = y_i \quad (i = 1, 2, \dots, n),$$

$$|y_i| = a_i \leq M \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad a_1 a_n \neq 0,$$

где  $M$  — некоторая постоянная.

Точку  $P_i(x_i, -\ln a_i)$  с координатами  $x = x_i$ ,  $y = -\ln a_i$  в плоскости  $xu$  назовем *точкой представления* значения функции  $y = f(x)$  в точке  $x = x_i$ . Предположим, что все точки представления  $P_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) в плоскости  $xu$  построены. С каждой точки представления  $P_i$  проведём полупрямую в положительном направлении оси ординат, перпендикулярно к оси абсцисс. Множество точек этих полупрямых обозначим через  $S$ , а ее выпуклую оболочку через  $C(S)$ . Для каждого  $x \in [x_1, x_n]$  определим точку  $B_x(x, \chi_x)$ , где  $\chi_x = \inf_{(x,y) \in C(S)} y$ . Множество точек  $B_x(x, \chi_x)$ ,  $x \in [x_1, x_n]$ , образует линию  $\delta_f$ , которая

ограничивает  $C(S)$  снизу. Эта линия является непрерывной, выпуклой ломаной линией и ее уравнение имеет вид  $y = \chi(x)$ ,  $x \in [x_1, x_n]$ , где  $\chi(x) = \chi_x$ . Ломаная линия  $\delta_f$ , определенная на промежутке  $[x_1, x_n]$ ,

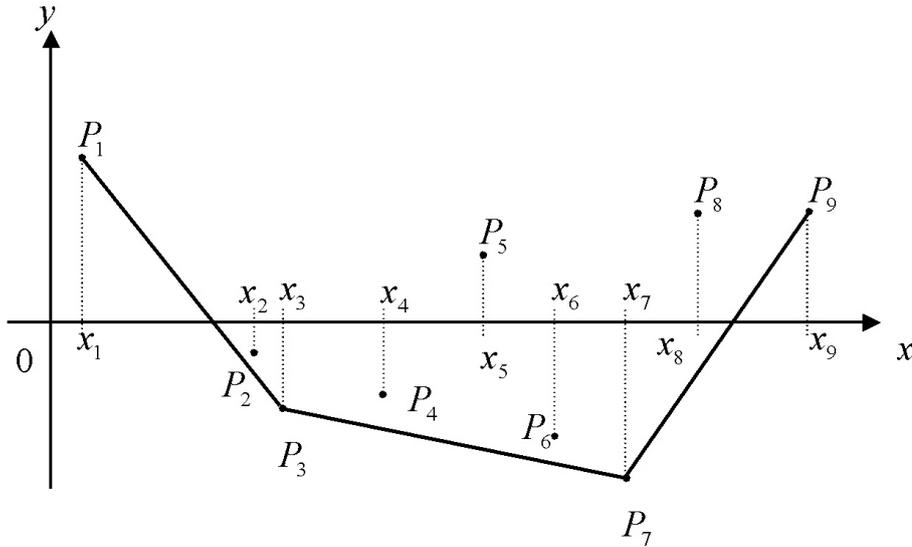


Рис. 1. Неклассическая диаграмма Ньютона  $\delta_f$  для функции, заданной в девяти точках

Обозначим  $M_f(x) = \exp(-\chi(x))$ ,  $x \in [x_1, x_n]$ .

Тогда для каждого  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) выполняется неравенство  $|f(x_i)| = a_i \leq M_f(x_i)$ .

Кроме того,  $M_f(x_1) = |f(x_1)|$ ,  $M_f(x_n) = |f(x_n)|$ .

Функция  $y = M_f(x)$ , определенная на промежутке  $[x_1, x_n]$ , называется *неклассической мажорантой Ньютона* функции  $y = f(x)$  на этом промежутке. Эта функция является непрерывной и логарифмически вогнутой на промежутке  $[x_1, x_n]$ . Если диаграмма Ньютона  $\delta_f$  имеет  $s$  вершинных индексов (индекс  $s$  называется вершинным, если точка представления  $P_s$  находится в вершине  $\delta_f$ ), то мажоранта Ньютона  $M_f(x)$  состоит из  $(s-1)$ -й выпуклых дуг.

Формула неклассической мажоранты Ньютона на промежутке  $[x_p, x_q]$ , где  $p$  и  $q$  — два соседних вершинных индекса:

$$M_f(x) = \left( a_p^{x_q-x} a_q^{x-x_p} \right)^{\frac{1}{x_q-x_p}}.$$

**2. Второй подход к построению аппарата неклассических мажорант и диаграмм Ньютона функций, заданных таблично.** Пусть функция  $y = f(x)$  задана своими значениями в некоторых точках  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ):

$$f(x_i) = y_i, \quad y_i \leq M \quad (i = 1, 2, \dots, n),$$

где  $M$  — некоторая постоянная.

Точку  $N_i(x_i, e^{y_i})$  с координатами  $x = x_i$ ,  $y = e^{y_i}$  в плоскости  $xu$  назовем *точкой представления* значения функции  $y = f(x)$  в точке  $x = x_i$ . Предположим, что все точки представления  $N_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) в плоскости  $xu$

называется *неклассической диаграммой Ньютона* для функции  $y = f(x)$  на этом промежутке. На рис. 1 построена неклассическая диаграмма Ньютона для функции, заданной в девяти точках.

построены. С каждой точки представления  $N_i$  проведём полупрямую в отрицательном направлении оси ординат, перпендикулярно к оси абсцисс. Множество точек этих полупрямых обозначим через  $N$ , а ее выпуклую оболочку через  $C(N)$ . Для каждого  $x \in [x_1, x_n]$  определим точку  $D_x(x, \eta_x)$ , где  $\eta_x = \sup_{(x,y) \in C(N)} y$ . Множество точек  $D_x(x, \eta_x)$ ,  $x \in [x_1, x_n]$ , образует линию  $\tilde{\delta}_f$ , которая ограничивает  $C(N)$  сверху. Эта линия является непрерывной, вогнутой ломаной линией и ее уравнение имеет вид  $y = \eta(x)$ ,  $x \in [x_1, x_n]$ , где  $\eta(x) = \eta_x$ . Ломаная линия  $\tilde{\delta}_f$ , определенная на промежутке  $[x_1, x_n]$ , называется *неклассической диаграммой Ньютона* для функции  $y = f(x)$  на этом промежутке. На рис. 2 построена неклассическая диаграмма Ньютона для функции, заданной в девяти точках.

Обозначим

$$\tilde{M}_f(x) = \ln(\eta(x)), \quad x \in [x_1, x_n].$$

Тогда для каждого  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) выполняется неравенство  $f(x_i) = y_i \leq \tilde{M}_f(x_i)$ .

Кроме того,  $\tilde{M}_f(x_1) = f(x_1)$ ,  $\tilde{M}_f(x_n) = f(x_n)$ .

Функция  $y = \tilde{M}_f(x)$ , определенная на промежутке  $[x_1, x_n]$ , называется *неклассической мажорантой Ньютона* функции  $y = f(x)$  на этом промежутке. Эта функция является непрерывной и вогнутой на промежутке  $[x_1, x_n]$ . Если диаграмма Ньютона  $\tilde{\delta}_f$  имеет  $s$  вершинных индексов, то мажоранта Ньютона  $\tilde{M}_f(x)$  состоит из  $(s-1)$ -й вогнутых дуг.

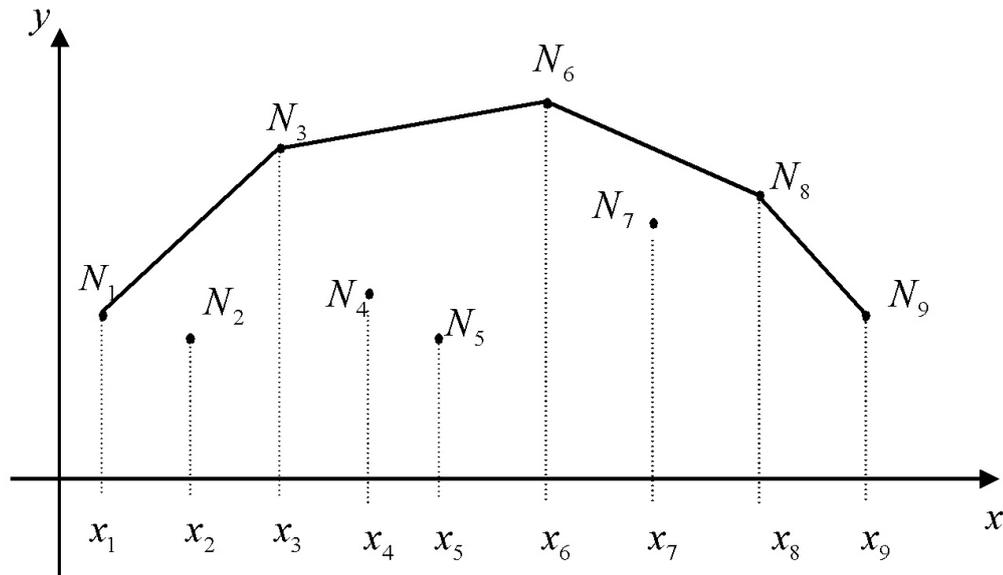


Рис. 2. Неклассическая диаграмма Ньютона  $\tilde{\delta}_f$  для функции, заданной в девяти точках

Формула неклассической мажоранты Ньютона на промежутке  $[x_p, x_q]$ , где  $p$  и  $q$  — два соседних вершинных индекса:

$$\tilde{M}_f(x) = \ln \frac{e^{y_q}(x_q - x) + e^{y_p}(x - x_p)}{x_q - x_p}.$$

**3. Интерполяционные методы мажорантно-го типа решения задачи Коши.** Рассмотрим задачу Коши для обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка

$$y' = f(x, y), \quad y(x_0) = y_0. \quad (1)$$

Предположим, что решение задачи (1) нужно найти на промежутке  $[x_0, x_0 + a]$ , где  $a > 0$ . При этом будем считать, что в области  $D$ , которая содержит прямоугольник  $R = \{x_0 \leq x \leq x_0 + a, |y - y_0| \leq b\}$ , функция  $f(x, y)$  непрерывна и удовлетворяет условию Липшица по  $y$  с постоянной  $L$ .

Выберем на промежутке  $[x_0, x_0 + a]$  систему точек  $x_0, x_1, \dots, x_n$ , где  $x_k = x_0 + kh$  ( $k = 0, 1, \dots, n$ ),  $h = \frac{a}{n}$ , и, используя оба подхода к построению аппарата неклассических мажорант Ньютона функций, заданных таблично, построим два численных метода (интерполяционного типа) решения задачи (1).

Пусть  $y = y(x)$  — искомое решение задачи (1). Если его подставить в уравнение, то получим тождество

$$y'(x) \equiv f(x, y(x)).$$

Проинтегрируем это тождество на каждом из промежутков  $[x_i, x_{i+1}]$  ( $i = 0, 1, \dots, n-1$ ). Получим

$$y(x_{i+1}) = y(x_i) + \int_{x_i}^{x_{i+1}} f(x, y(x)) dx. \quad (2)$$

**3.1. Использование первого подхода к построению аппарата неклассических мажорант и диаграмм Ньютона.** Если в (2) функцию  $f(x, y(x))$  заменить неклассической мажорантой Ньютона  $M_f(x)$ , построенной по двум точкам  $(x_i, f(x_i, y(x_i)))$  и  $(x_{i+1}, f(x_{i+1}, y(x_{i+1})))$  и проинтегрировать, то получим

$$y(x_{i+1}) = y(x_i) + h \frac{f(x_{i+1}, y(x_{i+1})) - f(x_i, y(x_i))}{\ln(f(x_{i+1}, y(x_{i+1}))/f(x_i, y(x_i)))} + R_{i+1},$$

где  $R_{i+1}$  — остаточный член. Таким образом, для отыскания приближенных значений  $y_1, y_2, \dots, y_n$  решения  $y = y(x)$  в точках  $x_1, x_2, \dots, x_n$  получаем формулу

$$y_{i+1} = y_i + h \frac{f(x_{i+1}, y_{i+1}) - f(x_i, y_i)}{\ln(f(x_{i+1}, y_{i+1})/f(x_i, y_i))}, \quad i = 0, 1, \dots, n-1. \quad (3)$$

Полученная формула (3) является фактически уравнением для отыскания  $y_{i+1}$ . Поэтому для вычисления  $y_{i+1}$  построен итерационный процесс

$$y_{i+1}^{(k+1)} = y_i + h \frac{f(x_{i+1}, y_{i+1}^{(k)}) - f(x_i, y_i)}{\ln(f(x_{i+1}, y_{i+1}^{(k)})/f(x_i, y_i))}, \quad k = 0, 1, \dots \quad (4)$$

Для сходимости метода (3) достаточно, чтобы выполнялось неравенство

$$\left| \frac{df}{dx} \right| = \left| \frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial y} f \right| \leq N < \infty.$$

Для сходимости итерационного процесса достаточно, чтобы  $hL < 1$ .

Поскольку мажоранта Ньютона состоит из выпуклых дуг, то этот метод дает более точные результаты, чем известные двухточечные методы, в случае, когда

функция  $f(x, y(x))$  является выпуклой. Кроме того, на классе функции  $Ae^{kx+b}$ , где  $A > 0$ , метод дает точные результаты, если не учитывать погрешностей операций округления.

**3.2. Использование второго подхода к построению аппарата неклассических мажорант и диаграмм Ньютона.** Если в (2) функцию  $f(x, y(x))$  заменить неклассической мажорантой Ньютона  $\tilde{M}_f(x)$ , построенной по двум точкам  $(x_i, f(x_i, y(x_i)))$  и  $(x_{i+1}, f(x_{i+1}, y(x_{i+1})))$  и проинтегрировать, то получим  $y(x_{i+1}) = y(x_i) +$

$$+h \left( f(x_i, y(x_i)) + \frac{f(x_{i+1}, y(x_{i+1})) - f(x_i, y(x_i))}{1 - \exp(f(x_i, y(x_i)) - f(x_{i+1}, y(x_{i+1})))} - 1 \right) + \tilde{R}_{i+1}.$$

Таким образом для отыскания приближенных значений  $y_1, y_2, \dots, y_n$  получаем формулу

$$y_{i+1} = y_i + h \left( f(x_i, y_i) + \frac{f(x_{i+1}, y_{i+1}) - f(x_i, y_i)}{1 - \exp(f(x_i, y_i) - f(x_{i+1}, y_{i+1}))} - 1 \right), \quad (5)$$

$i = 0, 1, \dots, n-1$

и для вычисления  $y_{i+1}$  построен итерационный процесс  $y_{i+1}^{(k+1)} = y_i +$

$$+h \left( f(x_i, y_i) + \frac{f(x_{i+1}, y_{i+1}^{(k)}) - f(x_i, y_i)}{1 - \exp(f(x_i, y_i) - f(x_{i+1}, y_{i+1}^{(k)}))} - 1 \right), \quad (6)$$

$k = 0, 1, \dots,$

Достаточные условия сходимости метода (5) и итерационного процесса (6) аналогичны достаточным условиям сходимости метода (3) и итерационного процесса (4).

Поскольку мажоранта Ньютона состоит из вогнутых дуг, то этот метод дает более точные результаты, чем известные двухточечные методы, в случае, когда функция  $f(x, y(x))$  является вогнутой. Кроме того, на классе функций  $A \ln(kx + b)$ , где  $A > 0$ , метод дает точные результаты, если не учитывать погрешностей операций округления.

Оба метода имеют вычислительную устойчивость.

**4. Пример.** Отыскать численное решение задачи Коши  $y' = -\frac{(1+2xy \ln x)y}{x}$ ,  $y(1) = 0.5$  на промежутке  $[1, 2]$ . Точное решение  $y^* = \frac{1}{x(\ln^2 x + 2)}$ . Результаты решения задачи представлены в таблице.

Точки разбиения	Интерполяционный метод (3)	Интерполяционный метод (5)	Точное решение
1.1	0.452522	0.452501	0.452490
1.2	0.409903	0.409859	0.409855
1.3	0.371872	0.371808	0.371818
1.4	0.338062	0.337980	0.338009
1.5	0.308062	0.307966	0.308014
1.6	0.281459	0.281351	0.281417
1.7	0.257855	0.257739	0.257821
1.8	0.236889	0.236767	0.236861
1.9	0.218231	0.218108	0.218209
2.0	0.201593	0.201466	0.201576

**Выводы.** Приведены два подхода к построению аппарата неклассических мажорант и диаграмм Ньютона функций, заданных таблично. Используя эти подходы, разработаны два численных метода интерполяционного типа решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка.

Рассмотрены вопросы сходимости, точности и вычислительной устойчивости методов. Без учета операций закругления методы являются точными на определенных классах функций.

#### Список литературы:

1. Valiron G. Sur les fonctions entières d'ordre nul et d'ordre fini et en particulière les fonctions á correspondance régulièrè//Ann. sci. Univ. Toulouse sci. math. et sci. phys. – 1914. – Vol.3, № 5. – P. 117–259.
2. Ostrowski A. Recherches sur la Méthode de Graeffe et les zéros des polynomes et des séries de Laurent//Acta math. – 1940. – Vol.72. – P. 99–257.
3. Цегелик Г.Г. Построение теории мажорант и диаграмм Ньютона рядов Дирихле//Изв. вузов. Матем. – 1976. – № 3. – С. 86–94.

4. Цегелик Г.Г. Свойства мажоранты и диаграммы Ньютона функции, аналитической в круге//Укр. матем. журн. – 1977. – Т. 29, № 4. – С. 560–562.
5. Кардаш А.І., Костовський О.М., Чулик І.І. Мажоранти та діаграми Ньютона функцій багатьох змінних//Вісн. Львів. ун-ту. Сер. мех.-мат. – 1967. – Вип. 3. – С. 97–116.
6. Кардаш А.І., Чулик І.І. Властивості мажоранти та діаграми Ньютона цілих функцій двох комплексних змінних//Доп. АН УРСР. Сер. А. – 1969. – №.7. – С. 583–586.
7. Кардаш А.І., Чулик І.І. Про області збіжності степеневого ряду та його мажоранти Ньютона для функцій двох комплексних змінних//Вісн. Львів. ун-ту. Сер. мех.-мат. – 1969. – Вип. 4. – С. 62–65.
8. Кардаш А.І., Чулик І.І. Дослідження границі області збіжності степеневих рядів функцій двох комплексних змінних//Доп. АН УРСР. Сер. А. – 1972. – №.5. – С. 411–414.
9. Кардаш А.І., Чулык И.И. Об области сходимости ряда Дирихле функции двух комплексных переменных и его мажоранты Ньютона//Докл. АН СССР. Сер. А. – 1972. – Т. 206, №.4. – С. 804–807.
10. Кардаш А.І., Чулик І.І. Дослідження граничних властивостей мажоранти і діаграми Ньютона функцій двох комплексних змінних//Доп. АН УРСР. Сер. А. – 1972. – №.4. – С. 316–319.
11. Костовский О.М. Локализация по модулям нулей ряда Лорана и его производных. – Львов. – 1967. – 208 с.
12. Цегелик Г.Г. Теория мажорант и диаграмм Ньютона функций, заданных таблично, и ее приложение//Укр. матем. журн. – 1989. – Т. 41, № 9. – С. 1273–1276.
13. Фундак Л.І., Цегелик Г.Г. Новий підхід до побудови апарату неklasичних мажорант і діаграм Ньютона функцій та його застосування//Волин. матем. вісн. Сер. прикл. матем.– 2005. – Вип. 3 (12). – С. 186–200.

## Section 4. Materials Science

*Shamilov Valeh Mammad,  
SOCAR Department of " Nanotechnology "*

*E-mail: valeh.shamilov@socar.az*

*Gadzhieva Nushaba Mubarak,  
Institute of Radiation Problems, ANAS*

*E-mail: nushaba@mail.ru*

*Babayev Elbay Rasim,  
SOCAR Department of " Nanotechnology "*

*E-mail: elbey.babayev@socar.az*

*Ismayilova Mehpara Kamil,  
SOCAR Department of " Nanotechnology "*

*E-mail: mehpare.ismayilova@socar.az*

### Investigation of the effect of nanoparticles on nanosystems' rheological parameters

**Abstract:** The purpose of this paper is to evaluate nanosystems' structural characteristics by means of IR spectroscopy method and study the effects of metal nanoparticles on the rheological parameters. It was determined that nanostructured composites have been obtained from the waste industrial oils by effect with aluminum (Al) nanoparticles. It has been found that developed nanosystems have both hydrophobic and hydrophilic nature.

Therefore, due to their application in oil industry it is expected gaining future economic benefits in terms of saving in used materials. In conclusion the challenges and future trends of nanotechnology application in oil industry are highlighted.

**Keywords:** waste industrial oil, nanoparticles, rheological parameters, hydrophilic, hydrophobic, structure, IR spectroscopy

#### Introduction

Nanomaterials and their associated manufacturing and processing technologies are the key enablers of nanotechnology industry and encompass a wide range of materials. Nanomaterials are typically in the range of 1 to 100 nanometer (nm). This means the clusters of atoms or grains less than 100 nm in size, fibers less than 100 nm in diameters and films with thickness less than 100 nm. Nanomaterials exhibit properties such as being lightweight, ultrahigh strength, high electrical and heat conductivity and an increased surface area [1,2]. The superior behavior or nanomaterials compared to the parent materials originates from nanoparticles grain boundary, surface area per unit over mass or volume, size, purity and perfection of the particles [3]. Nanotechnology is not new, but its application in the oil and gas industry certainly in its infancy [1].

The development of innovative technologies for increasing the efficiency of oil production is of

great importance. One of the effective methods for solving this problem is the application of nanotechnologies. Recent years, it should be noted that nanosystems which were developed by the Department of Nanotechnology of the State Oil Company of Azerbaijan Republic (SOCAR) have a wide application.

Now it's very important using a nanotechnology as one of the scientific directions of the XXI century in oil recovery processes (EOR), obtainment of various liquid systems in presence of nanoparticles and their application in different areas of oil industry. Therefore, it is important to study the effects of metal nanoparticles in the hydrocarbon environment [4].

At SOCAR's Nanotechnology Department it has been developed the scientifically proved methods and methodology for new nanosystems on the improvement of rheological parameters. Rheological change is related to the structure of nanosystems. In order to discover the

mechanism of their formation the number of research works was investigated.

### Experimental part

IR spectra were taken with FTIR (Fourier Transform Infrared Spectrometer) Varian 640-IR spectrometers in frequency range  $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$  at room temperature. The absorption spectra of the samples were obtained as form of a thin layer on the KBr boards. Two KBr prisms were used to constitute the interferometer cavity.

By varying the amount of aluminum (Al) nanoparticles impacting on waste industrial oils (WIO), it was developed the nanocomposites with new chemical, physicochemical and structural-mechanical properties.

For example, after nanoimpact of metal nanoparticles on waste industrial oils its viscosity decreased by 8–9%.

The Al nanoparticles in different concentrations: 0,001; 0,005; 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1,0% were added to the waste industry oils, and after this there has been investigated the changes in their chemical content and structure.

### Discussion of the results

The IR absorption spectra of these samples are given in the figure 1–5. Figure 1 presents the infrared spectra of the ordinary waste industrial oils, i. e. initial compound (waste industrial oil). In this spectrum, it is possible to identify following frequencies of absorption bands with several maximums:

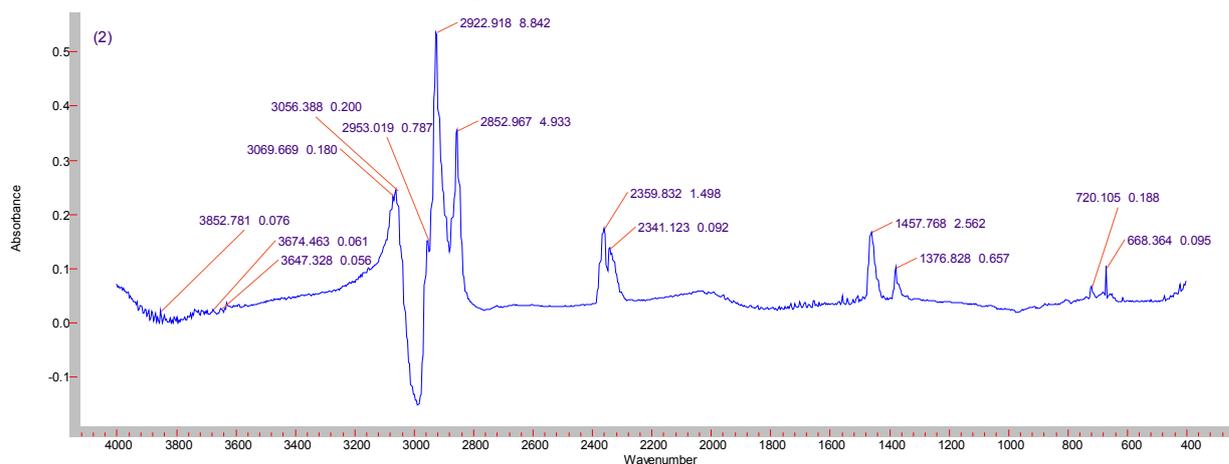


Fig. 1. – Infrared spectrum of waste industrial oil (initial compound)

- $3070\text{ cm}^{-1}$  — stretch vibrations of  $\text{--C}=\text{C}$  alkenes
- $2954\text{ cm}^{-1}$  and  $2923\text{ cm}^{-1}$  — asymmetric and symmetric stretch vibrations of methyl ( $\text{CH}_3$ ) groups
- $1457\text{ cm}^{-1}$  and  $1376\text{ cm}^{-1}$  — asymmetric (as) and symmetric (s) deformation vibrations of methyl ( $\text{CH}_3$ ) groups
- $721\text{ cm}^{-1}$  and  $660\text{ cm}^{-1}$  — pendulum vibrations of  $(\text{CH}_2)_n$

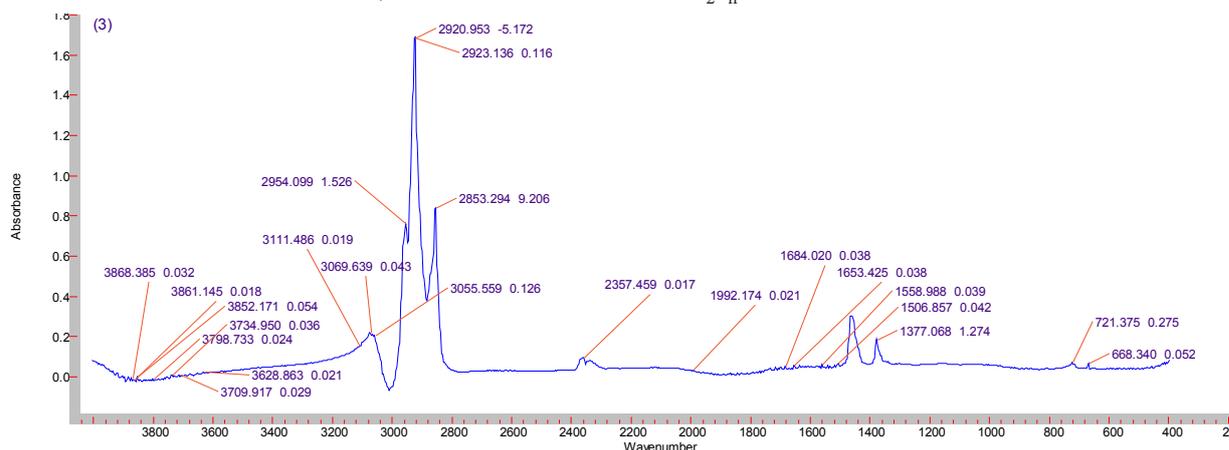


Fig. 2. – Infrared spectrum of waste industrial oil after impact by 0,001 mass.% Al nanoparticles

As seen from Figure 2, in the IR spectra of nanosystem obtained by mixing of waste industrial oil with Al nanoparticles (where concentration of nano Al content is 0,001 mass.%) several changes can be observed. Comparative analysis of the infrared absorption spectra between WIO and NanoWIO (fig.1 and fig.2) allows to say the following:

1. There is no change in the frequency value of maximums in the range  $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$  which corresponds to the absorption frequencies of methyl ( $\text{CH}_3$ ) and methylene ( $\text{CH}_2$ ) groups, that is the functional structure of substances (waste industrial oils and nanocomposites). New absorption bands maximums are not observed.

2. The absorption coefficient ( $A$ ) of nanocomposite (nano-WIO) in range  $4000-400\text{ cm}^{-1}$  is increased several times ( $A/A_0 = 2-3$ ) compared to the absorption coefficient of the initial substance-waste industrial oils ( $A_0$ ). In its turn this change is accompanied by the changing of intensities ( $J$ ) of the absorption bands of methyl ( $\text{CH}_3$ ) and methylene ( $\text{CH}_2$ ) groups.

3. Simultaneously with the increasing of the absorption coefficient of NanoWIO system, change of intensity ratio of methyl and methylene groups takes place. The ratio  $\text{CH}_3 : \text{CH}_2$  was 5:1 in waste oil industry,

but this value after nanoimpact decreases by 2:1. It means the amount of  $\text{CH}_3$  groups in NanoWIO, i.e. after interaction of Al nanoparticles with waste industrial oils, increases by 2,5 times.

The change of intensity ratio of methyl and methylene groups in nanosystems confirms that with entering Al nanoparticles into the waste industrial oils a nanostructuring takes place in the presented sample. It was found that with influence of small amounts of nanoparticles on waste industrial oils re-grouping process took place in a certain part of hydrocarbon in waste industrial oils.

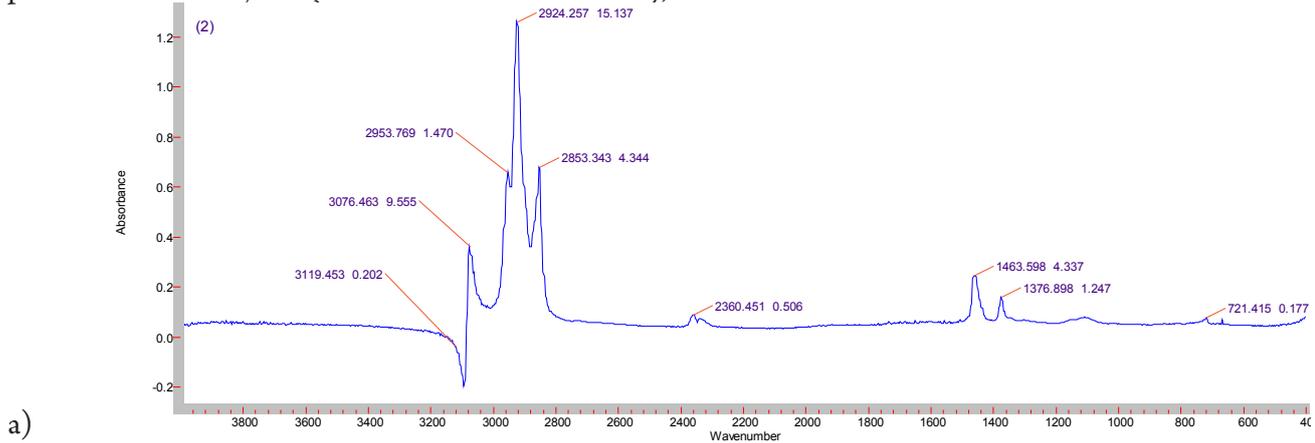


Fig.3. Infrared spectrum of waste industrial oil after impact with 0,05 mass.% Al nanoparticles

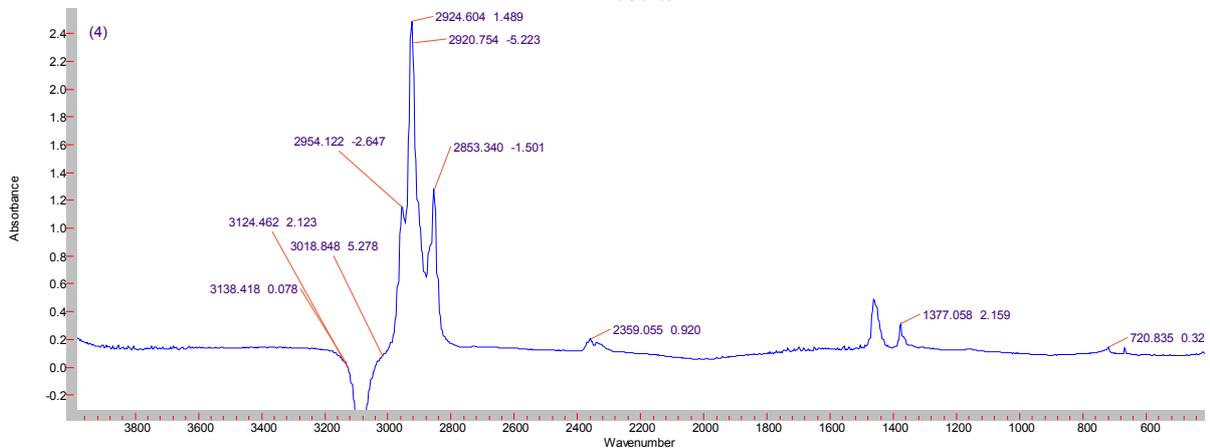
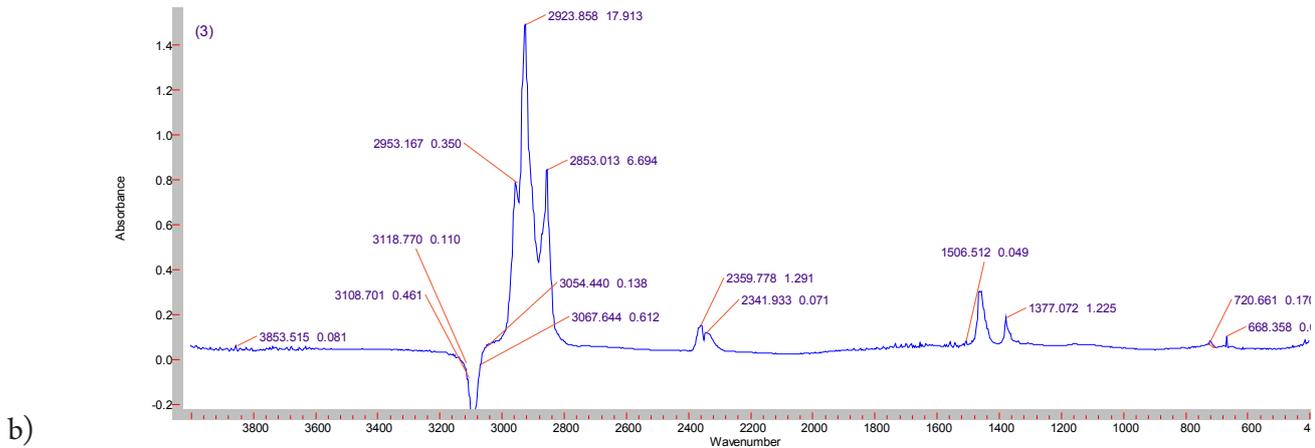


Fig.4. a) Infrared spectra of waste industrial oil after 0,1 mass.% Al nanoparticles impact (left)  
 b) Infrared spectra of waste industrial oil after 1,0 mass.% Al nanoparticles impact (right)

As seen from figure 4, with the increase of the concentration of Al nanoparticles the change of absorption bands' intensities corresponding to  $\text{CH}_2$  and  $\text{CH}_3$  groups are not observed. New characteristic bands were not found in the IR spectrum of the NanoWIO. However, due to the stretch vibrations of the  $-\text{C}=\text{C}-$  alkenes at  $3070\text{ cm}^{-1}$  band which characterizes alkenes, with increase of concentration of Al nanoparticles from 0,001 up to 1,0%, the vibration of the bands disappeared in comparison with the spectrum of initial waste industrial oils.

Based on the results of spectral analysis, we can conclude that when the amount of Al nanoparticles contains more than 0,05%, the destruction process of  $-\text{C}=\text{C}-$  alkenes takes place, and the latter enters into the composition of waste industrial oils.

The correlation between concentration of Al nanoparticles and change of absorption bands of methyl (n in materials it is expected economic benefits from the application of these nanosystems in different branches of oil industry (drilling, enhanced oil recovery and etc.).

№	Rheological parameters	Nanosystems: nano Al (mass.%) + Initial compound (waste industrial oils)			
		0.001	0.05	0.1	1.0
1	Reduction of viscosity as compared with initial compound (%)	8–9	8–9	–	–
2	Reduction of surface tension as compared with initial compound (%)	8–8.5	8–8.5	–	–

### Conclusions

1. It has been obtained the nanosystems with new chemical, physico-chemical and mechanical properties by variation in the amount of Al ( $d=60\text{--}80\text{ nm}$ ) nanoparticles impacting the waste industrial oils.

2. By means of IR spectroscopy method, it was determined that in initial waste industrial oils nanostructuring takes place when concentration of affecting Al nanoparticles is 0,001 mass.%. The ratio of the intensities of methylene ( $\text{CH}_2$ ) and methyl ( $\text{CH}_3$ ) groups are changing, re-group process occurs in the hydrocarbon chain and this is stable up to 0,05 mass.%.

3. When Al nanoparticles concentration is over 0,05 mass.% it causes destruction of the initial compound, i. e. waste industrial oils behaves as a reducing agent in the case of nanoimpact.

4. Changes in the structure after impact of nanoparticles to the waste industrial oils creates different rheological parameters in contradistinction to initial one:

- Viscosity decreased by 8–9%;
- Surface tension decreased by 8,5%.

### References:

1. Mokhatab S., Fresky M. A. and Rafiqul I. Application of Nanotechnology in Oil and Gas, Journal of Petroleum Technology, 58 (4), 2006.
2. Nabhani N., Emami M. and Taghavi M. A. H. Application of Nanotechnology and Nanomaterials in Oil and Gas Industry, 4<sup>th</sup> Nanoscience Symposium, Indonesia, 23–25 Sept., 2011.
3. Amanullah M. and Ashraf M. A. T., Nano-Technology-lts in Smart fluid Development for Oil and Gas Application, Paper SPE 1261102, 2009.
4. Suzdalev I. P. Nanotechnology: Physics and chemistry of nanoclusters, for nanostructures and nanomaterials. – M.: kom Kniga. – 2006. – 592p.

## Section 5. Machinery construction

*Vasenin Valery Ivanovich,  
Perm National Research Polytechnic University,  
associate professor, candidate of technical sciences,  
department "Materials, technologies and design of machinery"  
E-mail: vasseninvaleriy@mail.ru  
Bogomjagkov Alexey Vasilievich, postgraduate student  
Sharov Konstantin Vladimirovich, postgraduate student*

### Investigation into a vertical ringshaped gating system

**Abstract:** The results of theoretical and experimental study of gating system are given. A method of calculating the velocity of and flow rate in each feeder and the entire system based on the number of concurrent feeders, their diameters and their position adjustment form. A good agreement between the calculated and experimental data is presented.

**Key words:** collector, feeder, head, resistance coefficient, expence coefficient, stream speed, concumption 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 вертикальной кольцевой литниковой системы

**Аннотация:** Представлены результаты теоретического и экспериментального исследования литниковой системы. Впервые разработана методика расчета скоростей и расходов жидкости в каждом питателе и во всей системе в зависимости от количества одновременно работающих питателей, их диаметров и их расположения по высоте формы. Получено хорошее соответствие расчетных и опытных данных.

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

#### Введение

Ранее были исследованы  $L$ -образная [1, 2], разветвленная [3, 4], комбинированная [5, 6], крестовинная [7, 8], ярусная [9, 10] и горизонтальная кольцевая [11, 12] литниковые системы (ЛС). Разница между расчетными и опытными значениями скоростей, расходов и напоров составляла несколько процентов. Использовали в расчетах уравнение Бернулли (УБ) для потока с переменным расходом (и массой). Хотя оно выведено для потока жидкости с постоянным расходом [13, 205] — при отсутствии раздачи потока по питателям, то есть при работе только одного питателя. И его применение при расчетах многопитатель-

ных ЛС с изменяющимся от максимального до нуля расходом жидкости в коллекторе (шлакоуловителе) *теоретически не обосновано*. Поэтому представляется целесообразным экспериментально и расчетами исследовать самую сложную ЛС — вертикальную кольцевую. Эта система является седьмой по счету и первой по важности, так как из нее получают все остальные системы (кроме крестовинной).

#### Методика исследований

Литниковая система (рис. 1) состоит из чаши–сто-яка, коллектора (имеющего три горизонтальных участка и два вертикальных) и трех питателей I–III. Горизонтальная плоскость сравнения проходит через

продольную ось 0–0 горизонтальной части коллектора. Диаметр чаши-стояка равен 175 мм. Уровень жидкости  $H$  — расстояние по вертикали от сечения 1–1 в чаше-стояке до плоскости сравнения 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. Время истечения жид-

кости из каждого питателя составляло 50–300 с — в зависимости от количества одновременно работающих питателей, а объем вылившейся из питателя воды — около 9 л. Эти временные и объемные ограничения обеспечили отклонение от среднего значения скорости  $\pm 0,005$  м/с, не более. Расход жидкости из каждого питателя определялся не менее 6 раз.

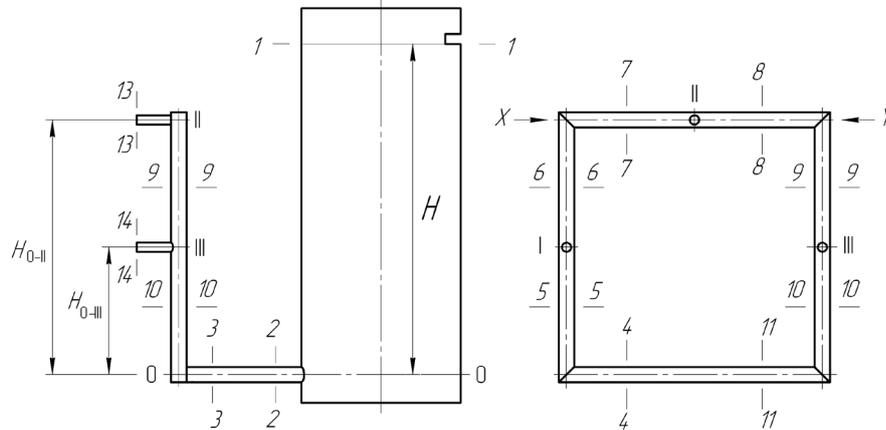


Рис. 1. Вертикальная кольцевая литниковая система

### Изучение разомкнутой кольцевой системы

Сначала подсчитаем характеристики ЛС для случаев, когда гидравлическая система разомкнута в сечении 11–11 (нет кольца). Составим уравнение Бернулли (УБ) для сечений 1–1 и 12–12 ЛС (считаем, что работает только питатель I):

$$H + \frac{p_1}{\gamma} + \alpha \frac{v_1^2}{2g} = H_{0-1} + \frac{p_{12}}{\gamma} + \alpha \frac{v_{12}^2}{2g} + h_{1-12}, \quad (1)$$

где  $p_1$  и  $p_{12}$  — давления в сечениях 1–1 и 12–12, Н/м<sup>2</sup> (равны атмосферному давлению:  $p_1 = p_{12} = p_a$ );  $\alpha$  — коэффициент неравномерности распределения скорости по сечению потока (коэффициент Кориолиса); принимаем  $\alpha = 1,1$  [13, 108];  $g$  — ускорение свободного падения;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $v_1$  и  $v_{12}$  — скорости металла в сечениях 1–1 и 12–12, м/с (вследствие большой разности площадей чаши  $S_1$  в сечении 1–1 и питателя  $S_{12}$  в сечении 12–12 можно принять  $v_1 = 0$ );  $\gamma$  — удельный вес жидкого металла, Н/м<sup>3</sup>;  $H_{0-1}$  — расстояние по вертикали от плоскости сравнения до продольной оси питателя I, м;  $h_{1-12}$  — потери напора при движении жидкости от сечения 1–1 до сечения 12–12, м. Эти потери напора

$$h_{1-12} = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + l_{0-1}}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-4} + \zeta \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{12} + \lambda \frac{l_{12}}{d_{12}} \right) \alpha \frac{v_{12}^2}{2g}, \quad (2)$$

где  $\zeta_{\kappa}$ ,  $\zeta_{3-4}$ ,  $\zeta$  и  $\zeta_{12}$  — коэффициенты местных сопротивлений входа металла из чаши-стояка в коллектор,

поворота из сечения 3–3 в сечение 4–4, поворота в коллекторе на 90°, поворота из коллектора в питатель I;  $v_3$  — скорость жидкости в сечении 3–3, м/с;  $v_2 = v_3 = v_4 = v_5$ ;  $v_6 = 0$ ;  $l_{\kappa}$  — длина коллектора на участке от чаши-стояка до поперечной части коллектора, м;  $l_{0-1}$  — расстояние от точки пересечения линии 0–0 и продольной оси поперечной части коллектора до продольной оси питателя I, м;  $d_{\kappa}$  и  $d_{12}$  — гидравлические диаметры коллектора и питателя I, м;  $\lambda$  — коэффициент потерь на трение;  $l_{12}$  — длина питателя I, м. Расход в ЛС при сливе сверху определяется скоростью металла  $v_{12}$  в выходном сечении 12–12 питателя I и площадью  $S_{12}$  его поперечного сечения:  $Q = v_{12} S_{12}$ .

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

$$Q = v_3 S_{\kappa} = v_{12} S_{12}, \quad (3)$$

где  $S_{\kappa}$  — площадь сечения коллектора, м<sup>2</sup>. Выразим все скорости металла в (2) через скорость  $v_{12}$ , используя уравнение неразрывности потока (3):

$$h_{1-12(12)} = \alpha \frac{v_{12}^2}{2g} \times \left[ \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + l_{0-1}}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-4} + \zeta \right) \left( \frac{S_{12}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{12} + \lambda \frac{l_{12}}{d_{12}} \right]. \quad (4)$$

Выражение в квадратных скобках обозначим как  $\zeta_{1-12(12)}$  — это коэффициент сопротивления системы от сечения 1–1 до сечения 12–12, приведенный к скорости жидкости в сечении 12–12:

$$\zeta_{1-12(12)} = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + l_{0-I}}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-4} + \zeta \right) \times$$

$$\times \left( \frac{S_{12}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{12} + \lambda \frac{l_{12}}{d_{12}}.$$

Теперь (1) можно записать так:

$$H - H_{0-I} = \alpha v_{12}^2 (1 + \zeta_{12-12(12)}) / 2g. \quad (6)$$

А коэффициент расхода системы от сечения 1-1 до сечения 12-12, приведенный к скорости  $v_{12}$ ,

$$\mu_{1-12(12)} = (1 + \zeta_{1-12(12)})^{-1/2}. \quad (7)$$

Скорость

$$v_{12} = \mu_{1-12(12)} \sqrt{2g(H - H_{0-I})} / \alpha. \quad (8)$$

Расход  $Q$  находим по выражению (3). Диаметр питателя I  $d_{12} = 0,00903$  м, длина питателя I  $l_{12} = 0,04515$  м. Диаметр коллектора  $d_{\kappa} = 0,01603$  м.  $l_{\kappa} = 0,2255$  м,  $l_{0-I} = 0,246$  м,  $l_{0-II} = 0,494$  м,  $l_{0-III} = 0,732$  м.  $H_{0-I} = H_{0-III} = 0,1240$  м,  $H_{0-II} = 0,2480$  м. Принимаем, как и в работе [14], что коэффициент потерь на трение  $\lambda = 0,03$ . Коэффициент  $\zeta_{\kappa}$  — это коэффициент местного сопротивления входа из сосуда большого диаметра в трубу. При нескругленной входной кромке трубы коэффициент  $\zeta_{\kappa} = 0,3$  [15]. 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)  $\zeta_{3-4} = 0,885$  [16].  $\zeta_{3-4} = \zeta_{3-5} = \zeta$ . Коэффициент местного сопротивления поворота на  $90^\circ$  из коллектора в питатель I (с изменением площадей сечений)  $\zeta_{12} = 0,334$  [16]. Результаты расчетов по соотношениям (5), (7), (8) и (3):  $\zeta_{1-12(12)} = 0,692088$ ,

$$\mu_{1-12(12)} = 0,768756, \quad v_{12} = 1,862257 \text{ м/с}, \quad Q = Q_{12} = 119,262800 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расчеты истечения жидкости из питателей II и III производим аналогично со следующими поправками.  $d_{13} = 0,00803$  м,  $l_{13} = 0,04015$  м,  $\zeta_{13} = 0,309$ .  $d_{14} = 0,00703$  м,  $l_{14} = 0,03515$  м,  $\zeta_{14} = 0,302$ . При работе питателя II в выражении (8) вместо " $H - H_{0-I}$ " должно быть " $H - H_{0-II}$ ". Коэффициенты сопротивлений

$$\zeta_{1-13(13)} = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + l_{0-II}}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-4} + 2\zeta \right) \times$$

$$\times \left( \frac{S_{13}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{13} + \lambda \frac{l_{13}}{d_{13}},$$

$$\zeta_{1-14(14)} = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + l_{0-III}}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-4} + 3\zeta \right) \times$$

$$\times \left( \frac{S_{14}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{14} + \lambda \frac{l_{14}}{d_{14}}.$$

Результаты расчетов и экспериментов (в знаменателе) — в табл. 1. Для каждого питателя приведены его характеристики, когда он работает в системе с разрывом цепи в сечении 11-11 (левый столбик цифр) и когда гидравлическая цепь замкнута (правый столбик).  $Q^* = 100(Q - Q_s) / Q_s, \%$ . При разрыве цепи в сечении 11-11 теоретическое значение расхода для питателя I диаметром 9,03 мм больше опытного на 1,7%, для питателя II диаметром 8,03 мм и для питателя III диаметром 7,03 мм меньше экспериментального на 1,2 и 0,7% соответственно.

Таблица 1. – Характеристики литниковой системы при работе одного питателя

Показатели	Работающие питатели					
	I		II		III	
$d, \text{мм}$	9,03		8,03		7,03	
$\zeta$	0,781	0,753	0,730	0,632	0,660	0,551
$\infty$	0,749	0,755	0,760	0,783	0,776	0,803
$v, \text{м/с}$	<u>1,815</u>	<u>1,830</u>	<u>1,454</u>	<u>1,497</u>	<u>1,880</u>	<u>1,945</u>
	1,784	1,829	1,471	1,526	1,893	1,985
$Q \cdot 10^6, \text{м}^3/\text{с}$	<u>116,24</u>	<u>117,18</u>	<u>73,63</u>	<u>75,80</u>	<u>72,97</u>	<u>75,51</u>
	114,25	117,13	74,49	77,28	73,47	77,05
$Q^*, \%$	1,7	0,04	-1,2	-1,9	-0,7	-2,0

Найдем расход металла в ЛС при работе питателей I и II. Составим УБ для сечений 1-1 и 12-12 питателя I ( $v_2 = v_3 = v_4 = v_5, v_6 = v_7, v_8 = 0$ );

$$H = H_{0-I} + \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + l_{0-I}}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-4} + \zeta \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} +$$

$$+ \left( \zeta_{12}^{oms} + \lambda \frac{l_{12}}{d_{12}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{12}^2}{2g},$$

и для сечений 1-1 и 13-13 питателя II:

$$H = H_{0-II} + \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + l_{0-1}}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-4} + \zeta \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_6 + \lambda \frac{l_{-II}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \alpha \frac{v_6^2}{2g} + \left( \zeta_{13} + \lambda \frac{l_{13}}{d_{13}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{13}^2}{2g}, \quad (10)$$

где  $\zeta_{12}^{oms}$  — коэффициент сопротивления (не местного) на ответвление части потока из коллектора в питатель I;  $\zeta_6$  — коэффициент сопротивления (не местного) на проход металла из сечения 5–5 в сечение 6–6 коллектора при ответвлении части потока в питатель I с выходным сечением 12–12. Коэффициенты сопротивлений, обусловленных отделением потока из коллектора в питатель, будем подсчитывать по формулам для тройников [17, 112–115]. Коэффициент сопротивления на проход в коллекторе при ответвлении части потока в питатель

$$\zeta_{np} = 0,4 \left( 1 - v_{np} / v_{\kappa} \right)^2 / \left( v_{np} / v_{\kappa} \right)^2, \quad (11)$$

а коэффициент сопротивления на ответвление части потока в питатель

$$\zeta_{oms} = \left[ 1 + \tau \left( v_n / v_{\kappa} \right)^2 \right] / \left( v_n / v_{\kappa} \right)^2, \quad (12)$$

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 при  $S_n / S_{\kappa} = 0,317$   $\tau = 0,15$  [18]. 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  $v_{12} / v_5$ . Введем следующие обозначения:  $x = v_{12} / v_{13}$ ,  $y = S_{12} / S_{13}$ . Расход в системе при работе питателей I и II  $Q = v_5 S_{\kappa} = v_{12} S_{12} + v_{13} S_{13} =$

$$= x v_{13} \cdot y S_{13} + v_{13} S_{13} = v_{13} S_{13} (xy + 1) = v_{13} S_{np(13)}. \quad \text{Здесь}$$

$S_{np(13)} = (xy + 1) S_{13}$  — приведенная к скорости  $v_{13}$  и площади  $S_{13}$  площадь питателей. Аналогично находим

$$Q = v_{12} S_{12} + v_{13} S_{13} = v_{12} S_{12} + \frac{v_{12}}{x} \frac{S_{12}}{y} =$$

ДИМ:  $= v_{12} S_{12} (1 + 1/xy) = v_{12} S_{np(12)}$ , где

$S_{np(12)} = (1 + 1/xy) S_{12}$  — приведенная к скорости  $v_{12}$  и площади  $S_{12}$  площадь питателей.  $v_3 = v_5 = v_{12} S_{np(12)} / S_{\kappa} = v_{13} S_{np(13)} / S_{\kappa}$ , а  $v_6 = v_{13} S_{13} / S_{\kappa}$ .

$y = S_{12} / S_{13} = 1,264574$ . Следует задаться величиной  $x$ . Для начала возьмем  $x = 0,5$ . В этом случае  $S_{np(12)} = 2,581560 S_{12}$ ,  $S_{np(13)} = 1,632287 S_{13}$ .

Нужно еще найти отношения  $v_{12} / v_5$  и  $v_6 / v_5$ .

$$\frac{v_{12} S_{12}}{v_5 S_{\kappa}} = \frac{v_{12} S_{12}}{v_{12} S_{np(12)}} = \frac{S_{12}}{(1 + 1/xy) S_{12}} = \frac{1}{1 + 1/xy},$$

$\frac{v_{12}}{v_5} = \frac{1}{1 + 1/xy} \frac{S_{\kappa}}{S_{12}}$  — это и есть отношение  $v_n / v_{\kappa}$  в зависимости (12). Находим, что  $v_{12} / v_5 = 1,220701$ , а  $\zeta_{12}^{oms} = 0,821091$ .

$$\frac{v_6 S_{\kappa}}{v_5 S_{\kappa}} = \frac{v_{13} S_{13}}{v_{13} S_{np(13)}} = \frac{S_{13}}{(xy + 1) S_{13}} = \frac{1}{xy + 1},$$

$\frac{v_6}{v_5} = \frac{1}{xy + 1}$  — это отношение  $v_{np} / v_{\kappa}$  в формуле (11).

Определяем:  $v_6 / v_5 = 0,612637$ ,  $\zeta_6 = 0,159915$ .

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

$$H - H_{0-I} = \alpha \frac{v_{12}^2}{2g} \left[ \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + l_{0-1}}{d_{\kappa}} + 2\zeta \right) \left( \frac{S_{np(12)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{12}^{oms} + \lambda \frac{l_{12}}{d_{12}} + 1 \right],$$

$$H - H_{0-II} = \alpha \frac{v_{13}^2}{2g} \left[ \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + l_{0-1}}{d_{\kappa}} + 2\zeta \right) \left( \frac{S_{np(13)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \left( \zeta_6 + \lambda \frac{l_{-II}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \left( \frac{S_{13}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{13} + \lambda \frac{l_{13}}{d_{13}} + 1 \right]$$

Соотношения в квадратных скобках (за исключением “1”) — это коэффициенты сопротивлений  $\zeta_{1-12(12)}$  и  $\zeta_{1-13(13)}$ . Определяем:  $\zeta_{1-12(12)} = 2,951796$ ,  $\mu_{1-12(12)} = 0,793631$ ,  $\zeta_{1-13(13)} = 1,049200$ ,  $\mu_{1-13(13)} = 0,698567$ . По (8) находим, что  $v_{12} = 1,218579$  м/с (для напора  $H - H_{0-I}$ ),  $v_{13} = 1,335789$  м/с (для  $H - H_{0-II}$ ). Отношение скоростей:  $x = v_{12} / v_{13} = 0,912254$ . А задавались  $x = 0,5$ . Делаем следующее приближение:  $x = 0,912254$ . Повторяем расчет и получаем:  $x = 1,207137$ . Путем подобных приближений при заданном  $x = 1,533485$  находим:  $x = 1,5334853$ . На этом расчет величины  $x$  можно закончить, так как получившееся значение отличается от заданного всего на 0,0000003. Принимаем  $x = 1,533485$ ;  $v_{12} = 1,533485 v_{13}$ . Приведенные площади питателей:  $S_{np(12)} = 1,515675 S_{12}$ ,  $S_{np(13)} = 2,939206 S_{13}$ .  $\zeta_{1-12(12)} = 1,214088$ ,  $\mu_{1-12(12)} = 0,672052$ ,  $\zeta_{1-13(13)} = 2,244233$ ,  $\mu_{1-13(13)} = 0,555193$ . По (8) определяем, что  $v_{12} = 1,627997$  м/с (для случая  $H - H_{0-I}$ ),  $v_{13} = 1,061632$  м/с (для  $H - H_{0-II}$ ).  $Q_{12} = 104,260319 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $Q_{13} = 53,764426 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с. Расход в системе  $Q = Q_{12} + Q_{13} = 158,024745 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с.

Аналогично рассчитываем работу ЛС из питателей I и III, II и III. Используем уравнения (9) и (10) с соответствующими поправками. Теоретические и опытные данные приведены в табл. 2.

Подсчитаем расход в ЛС при работе питателей I, II и III; гидравлическая система разомкнута в сечении 11–11;  $v_2 = v_3 = v_4 = v_5$ ,  $v_6 = v_7$ ,  $v_8 = v_9$ ,  $v_{10} = v_{11} = 0$ .

Составим УБ для сечений 1-1 и 12-12 питателя I:

$$H = H_{0-1} + \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + l_{0-1}}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-4} + \zeta \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{12}^{oms} + \lambda \frac{l_{12}}{d_{12}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{12}^2}{2g}, \quad (13)$$

для сечений 1-1 и 13-13 питателя II:

$$H = H_{0-II} + \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + l_{0-1}}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-4} + \zeta \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_6 + \lambda \frac{l_{I-II}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \alpha \frac{v_6^2}{2g} + \left( \zeta_{13}^{oms} + \lambda \frac{l_{13}}{d_{13}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{13}^2}{2g}, \quad (14)$$

и для сечений 1-1 и 14-14 питателя III:

$$H = H_{0-III} + \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + l_{0-1}}{d_{\kappa}} + \zeta_{3-4} + \zeta \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_6 + \lambda \frac{l_{I-II}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \alpha \frac{v_6^2}{2g} + \left( \zeta_8 + \lambda \frac{l_{II-III}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \alpha \frac{v_8^2}{2g} + \left( \zeta_{14} + \lambda \frac{l_{14}}{d_{14}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{14}^2}{2g}. \quad (15)$$

Введем следующие обозначения:  $x_1 = v_{12} / v_{14}$ ,  $x_2 = v_{13} / v_{14}$ ,  $y_1 = S_{12} / S_{14}$ ,  $y_2 = S_{13} / S_{14}$ . Имеем также:

$$v_{12} = x_1 v_{14} = x_1 \frac{v_{13}}{x_2}, S_{12} = y_1 S_{14} = y_1 \frac{S_{13}}{y_2}.$$

Расход в системе при работе трех питателей

$$Q = v_5 S_{\kappa} = v_{12} S_{12} + v_{13} S_{13} + v_{14} S_{14} = v_{12} S_{12} + \frac{x_2 v_{12}}{x_1} \frac{y_2 S_{12}}{y_1} + \frac{v_{12} S_{12}}{x_1 y_1} = v_{12} S_{12} \frac{x_1 y_1 + x_2 y_2 + 1}{x_1 y_1} = v_{12} S_{np(12)}.$$

Здесь  $S_{np(12)} = \frac{x_1 y_1 + x_2 y_2 + 1}{x_1 y_1} S_{12}$  — приведенная к скорости  $v_{12}$  и площади  $S_{12}$  площадь питателей.

$$Q = v_{12} S_{12} + v_{13} S_{13} + v_{14} S_{14} = \frac{x_1 v_{13}}{x_2} \frac{y_1 S_{13}}{y_2} + v_{13} S_{13} + \frac{v_{13}}{x_2} \frac{S_{13}}{y_2} = \frac{v_{13} S_{13}}{x_2 y_2} \frac{x_1 y_1 + x_2 y_2 + 1}{x_2 y_2} = v_{13} S_{np(13)},$$

где  $S_{np(13)} = \frac{x_1 y_1 + x_2 y_2 + 1}{x_2 y_2} S_{13}$  — приведенная к скорости  $v_{13}$  и площади  $S_{13}$  площадь питателей.

$v_{13}$  и площади  $S_{13}$  площадь питателей.

$$Q = v_{12} S_{12} + v_{13} S_{13} + v_{14} S_{14} = x_1 v_{14} \cdot y_1 S_{14} + x_2 v_{14} \cdot y_2 S_{14} + v_{14} S_{14} = v_{14} S_{14} (x_1 y_1 + x_2 y_2 + 1) = v_{14} S_{np(14)}.$$

Здесь

$S_{np(14)} = (x_1 y_1 + x_2 y_2 + 1) S_{14}$  — приведенная к скорости  $v_{14}$  и площади  $S_{14}$  площадь питателей.

$$v_3 = v_5 = v_{12} S_{np(12)} / S_{\kappa} = v_{13} S_{np(13)} / S_{\kappa} = v_{14} S_{np(14)} / S_{\kappa}.$$

$$y_1 = 1,649927, y_2 = 1,304729. \text{ Принимаем (произвольно): } x_1 = 1, x_2 = 1. \text{ В этом случае } S_{np(12)} = 2,396867 S_{12}, S_{np(13)} = 3,031017 S_{13}, S_{np(14)} = 3,954657 S_{14}.$$

Нужно найти коэффициенты  $\zeta_{12}^{oms}$ ,  $\zeta_{13}^{oms}$ ,  $\zeta_6$  и  $\zeta_8$ .

$$v_6 S_6 = v_7 S_{\kappa} = v_{13} S_{13} + v_{14} S_{14} = v_{13} S_{13} + \frac{v_{13}}{x_2} \frac{S_{13}}{y_2} = v_{13} S_{13} (1 + 1/x_2 y_2).$$

$$v_6 S_6 = v_7 S_{\kappa} = v_{13} S_{13} + v_{14} S_{14} = x_2 v_{14} \cdot y_2 S_{14} + v_{14} S_{14} = v_{14} S_{14} (x_2 y_2 + 1).$$

$$\frac{v_{13} S_{13}}{v_7 S_{\kappa}} = \frac{v_{13} S_{13}}{v_{13} S_{13} (1 + 1/x_2 y_2)} = \frac{1}{1 + 1/x_2 y_2},$$

$$\frac{v_{13}}{v_7} = \frac{S_{\kappa}}{(1 + 1/x_2 y_2) S_{13}} \text{ — это и есть отношение } v_n / v_{\kappa}$$

в зависимости (12). Находим, что  $v_{13} / v_7 = 2,255986$ , а  $\zeta_{13}^{oms} = 0,346484$ .

$$\frac{v_8 S_{\kappa}}{v_7 S_{\kappa}} = \frac{v_{14} S_{14}}{v_{14} S_{14} (x_2 y_2 + 1)} = \frac{1}{x_2 y_2 + 1}, \frac{v_8}{v_7} = \frac{1}{x_2 y_2 + 1}$$

— это отношение  $v_{np} / v_{\kappa}$  в формуле (11). Определяем:  $v_8 / v_7 = 0,433890$ ,  $\zeta_8 = 0,680927$ .

$$\frac{v_{12} S_{12}}{v_5 S_{\kappa}} = \frac{v_{12} S_{12}}{v_{12} S_{np(12)}} = \frac{S_{12}}{S_{12} (x_1 y_1 + x_2 y_2 + 1) / x_1 y_1},$$

$$\frac{v_{12}}{v_5} = \frac{S_{\kappa}}{S_{12} (x_1 y_1 + x_2 y_2 + 1) / x_1 y_1} \text{ — это и есть отношение } v_n / v_{\kappa}$$

в зависимости (12). Находим, что  $v_{12} / v_5 = 1,314763$ , а  $\zeta_{12}^{oms} = 0,728502$ .

$$\frac{v_6 S_{\kappa}}{v_5 S_{\kappa}} = \frac{v_{13} S_{13} (1 + 1/x_2 y_2)}{v_{13} S_{np(13)}} = \frac{S_{13} (1 + 1/x_2 y_2)}{S_{13} (x_1 y_1 + x_2 y_2 + 1) / x_2 y_2},$$

$$\frac{v_6}{v_5} = \frac{x_2 y_2 + 1}{x_1 y_1 + x_2 y_2 + 1} \text{ — это отношение } v_{np} / v_{\kappa} \text{ в формуле (11). Определяем: } v_6 / v_5 = 0,582789, \zeta_6 = 0,204998.$$

Теперь выражения (13)–(15) можно записать так:

$$H - H_{0-1} = \alpha \frac{v_{12}^2}{2g} \times$$

$$\times \left[ \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + l_{0-1}}{d_{\kappa}} + 2\zeta \right) \left( \frac{S_{np(12)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{12}^{oms} + \lambda \frac{l_{12}}{d_{12}} + 1 \right],$$

$$H - H_{0-II} = \alpha \frac{v_{13}^2}{2g} \left[ \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + l_{0-1}}{d_{\kappa}} + 2\zeta \right) \left( \frac{S_{np(13)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \left( \zeta_6 + \lambda \frac{l_{I-II}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \left( \frac{(1 + x_2 y_2) S_{13}}{x_2 y_2 S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{13}^{oms} + \lambda \frac{l_{13}}{d_{13}} + 1 \right],$$

$$H - H_{0-III} = \alpha \frac{v_{14}^2}{2g} \left[ \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa} + h_{0-1}}{d_{\kappa}} + 2\zeta \right) \left( \frac{S_{np(14)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \left( \zeta_6 + \lambda \frac{l_{I-II}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \left( \frac{(1 + x_2 y_2) S_{14}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \left( \zeta_8 + \lambda \frac{l_{II-III}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \left( \frac{S_{14}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{14} + \lambda \frac{l_{14}}{d_{14}} + 1 \right].$$

Соотношения в квадратных скобках (за исключением "1") — это коэффициенты сопротивлений  $\zeta_{1-12(12)}$ ,  $\zeta_{1-13(13)}$  и  $\zeta_{1-14(14)}$ . Определяем:  $\zeta_{1-12(12)} = 2,585934$ ,  $\mu_{1-12(12)} = 0,528079$ ,  $\zeta_{1-13(13)} = 2,509278$ ,  $\mu_{1-13(13)} = 0,533815$ ,  $\zeta_{1-14(14)} = 2,539886$ ,  $\mu_{1-14(14)} = 0,531503$ . По (8) находим, что  $v_{12} = 1,279234$  м/с (для напора  $H - H_{0-I}$ ),  $v_{13} = 1,020754$  м/с (для  $H - H_{0-II}$ ),  $v_{14} = 1,287527$  м/с (для  $H - H_{0-III}$ ). Отношения скоростей:  $x_1 = v_{12} / v_{14} = 0,993559$ ,  $x_2 = v_{13} / v_{14} = 0,792802$ . А задавались  $x_1 = x_2 = 1$ . Делаем следующие приближения:  $x_1 = 0,993559$ ,  $x_2 = 0,792802$ . Повторяем расчет и получаем:  $x_1 = 0,990734$ ,  $x_2 = 0,686557$ . Путем последователь-

ных приближений находим:  $x_1 = 0,993578$ ,  $x_2 = 0,500838$ .  $v_{12} = 0,993578v_{14}$ ,  $v_{13} = 0,500838v_{14}$ . Приведенные площади питателей:  $S_{np(12)} = 2,008617S_{12}$ ,  $S_{np(13)} = 5,039022S_{13}$ ,  $S_{np(14)} = 3,292790S_{14}$ .  $\zeta_{1-12(12)} = 1,905352$ ,  $\mu_{1-12(12)} = 0,586679$ ,  $\zeta_{1-13(13)} = 6,124701$ ,  $\mu_{1-13(13)} = 0,374642$ ,  $\zeta_{1-14(14)} = 1,868155$ ,  $\mu_{1-14(14)} = 0,590471$ . По (8) определяем, что  $v_{12} = 1,421189$  м/с (для случая  $H - H_{0-I}$ ),  $v_{13} = 0,716385$  м/с (для  $H - H_{0-II}$ ),  $v_{14} = 1,430375$  м/с (для  $H - H_{0-III}$ ).  $Q_{12} = 91,015872 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $Q_{13} = 36,280038 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $Q_{14} = 55,520115 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с. Расход в системе  $Q = Q_{12} + Q_{13} + Q_{14} = 182,816024 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с.

Таблица 2. – Характеристики литниковой системы при разрыве цепи в сечении 11–11

Показатели	Работающие питатели			
	I, II	I, III	II, III	I, II, III
$\zeta_{1-12(12)}$	1,214	1,318		1,905
$\mu_{1-12(12)}$	0,672	0,657		0,587
$v_{12}$	1,628	1,591		1,421
	1,543	1,506		1,353
$Q_{12} \cdot 10^6$	104,26	101,90		91,02
	98,84	96,46		86,64
$Q^*$ , %	5,5	5,6		5,1
$\zeta_{1-13(13)}$	2,244		1,814	6,125
$\mu_{1-13(13)}$	0,555		0,596	0,375
$v_{13}$	1,062		1,140	0,716
	1,067		1,090	0,663
$Q_{13} \cdot 10^6$	53,76		57,73	36,28
	54,05		55,18	33,57
$Q^*$ , %	-0,5		4,6	8,1
$\zeta_{1-14(14)}$		1,370	1,079	1,868
$\mu_{1-14(14)}$		0,650	0,694	0,590
$v_{14}$		1,573	1,680	1,430
		1,576	1,682	1,411
$Q_{14} \cdot 10^6$		61,07	65,21	55,52
		61,17	65,27	54,80
$Q^*$ , %		-0,2	-0,1	1,3
$Q \cdot 10^6$	158,02	162,97	122,94	182,82
	152,89	157,64	120,45	175,01
$Q^*$ , %	3,4	3,4	2,1	4,5

**Изучение замкнутой кольцевой системы**

Если питатель I находится в кольце, то потери напора в параллельных трубопроводах 4–5 и 11–10–

9–8–7–6 не суммируются, и они равны друг другу. УБ для сечений 3–3 и 12–12 (по пути через сечения 4–4 и 5–5):

$$H = H_{0-1} + \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-4(4)}^{\partial} + \lambda \frac{l_{0-1}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \alpha \frac{v_4^2}{2g} + \left( \zeta_{12} + \lambda \frac{l_{12}}{d_{12}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{12}^2}{2g}. \quad (16)$$

УБ для сечений 3–3 и 12–12 (через сечения 11–11, 9–9, 6–6)

$$H = H_{0-1} + \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-11(11)}^{\partial} + \lambda \frac{l_{0-1(11-9-6)}}{d_{\kappa}} + 3\zeta \right) \times \alpha \frac{v_{11}^2}{2g} + \left( \zeta_{12} + \lambda \frac{l_{12}}{d_{12}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{12}^2}{2g}, \quad (17)$$

где  $\zeta_{3-4(4)}^{\partial}$  — 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;  $\zeta_{3-11(11)}^{\partial}$  — коэффициент сопротивления (не местного) на деление потока в коллекторе в сечении 3–3 между сечениями 4–4 и 11–11, приведенный к скорости жидкости в сечении 11–11. Эти коэффициенты определяем по следующему соотношению [19, 277]:

$$\zeta^{\partial} = \left[ 1 + \phi \left( v_{\partial} / v \right)^2 \right] / \left( v_{\partial} / v \right)^2, \quad (18)$$

где  $\phi$  — коэффициент, зависящий от скругления кромок места деления потока;  $v$  — скорость жидкости до деления потока, м/с;  $v_{\partial}$  — 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  $\zeta_{3-4(4)}^{\partial}$  и  $\zeta_{3-11(11)}^{\partial}$  зависят от отношений скоростей  $v_4 / v_3$  и  $v_{11} / v_3$ , которые тоже неизвестны.

Левые части выражений (16) и (17) равны. Приравниваем правые части и после преобразований получаем ( $z = v_4 / v_{11}$ ,  $l_{0-1(11-9-6)} = 0,736$  м):

$$z = \sqrt{\frac{\zeta_{3-11(11)}^{\partial} + 4,032417}{\zeta_{3-4(4)}^{\partial} + 1,352873}}. \quad (19)$$

$v_3 S_{\kappa} = v_4 S_{\kappa} + v_{11} S_{\kappa} = z \cdot v_{11} \cdot S_{\kappa} + v_{11} S_{\kappa} = (z+1) v_{11} S_{\kappa}$ ,  $v_3 = (z+1) v_{11}$ . Понятно, что  $v_4 > v_{11}$ , см. формулы (16) и (17). Предположим, что  $z = 1,1$ . Тогда  $v_{11} / v_3 = 1 / (z+1) = 0,476190$ . По (18) находим:  $\zeta_{3-11(11)}^{\partial} = 5,910009$ .

Так как  $v_4 = z v_{11}$ , то  $v_{11} = v_4 / z$ .  $v_3 S_{\kappa} = (v_4 + v_{11}) S_{\kappa} = (v_4 + v_4 / z) S_{\kappa} = (1+1/z) v_4 S_{\kappa}$ ,  $v_3 = (1+1/z) v_4$ ,  $v_4 / v_3 = 1 / (1+1/z) = 0,523810$ . Определяем по (18):  $\zeta_{3-4(4)}^{\partial} = 5,144629$ .

Подставляем найденные значения  $\zeta_{3-4(4)}^{\partial}$  и  $\zeta_{3-11(11)}^{\partial}$  в (19) и получаем:  $z = 1,237009$ . А мы задавались  $z = 1,1$ . Делаем следующее приближение —  $z = 1,237009$  —

и повторяем расчёт. После ряда приближений при заданном  $z = 1,392567$  получаем по расчёту  $z = 1,3925673$ . Принимаем  $z = v_4 / v_{11} = 1,392567$ . При этом  $v_4 / v_3 = 0,582039$ ,  $\zeta_{3-4(4)}^{\partial} = 4,451862$ ,  $v_{11} / v_3 = 0,417961$ ,  $\zeta_{3-11(11)}^{\partial} = 7,224377$ ,  $v_{11} = 0,718098 v_4$ .

$v_3 S_{\kappa} = (1+1/z) v_4 S_{\kappa} = v_{12} S_{12}$ , а  $v_4 = v_{12} S_{12} / (1+1/z) S_{\kappa}$ . Коэффициент сопротивления ЛС от сечения 1–1 до сечения 12–12, приведённый к скорости  $v_{12}$  в питателе I,

$$\zeta_{1-12(12)} = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \left( \frac{S_{12}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \left( \zeta_{3-4(4)}^{\partial} + \lambda \frac{l_{0-1}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \times \left( \frac{S_{12}}{(1+1/z) S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{12} + \lambda \frac{l_{12}}{d_{12}}.$$

Подставив известные величины, имеем:  $\zeta_{1-12(12)} = 0,752744$ ,  $\mu_{1-12(12)} = 0,755337$ ,  $v_{12} = 1,829750$  м/с,  $Q_{12} = 117,181011 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с.

Как видно, замыкание кольца вокруг питателя I привело к уменьшению коэффициента сопротивления  $\zeta_{1-12(12)}$  с 0,781 до 0,753, см. табл. 1. Появление параллельного коллектора привело к падению скоростей жидкости в каждой из линий, к снижению потерь на трение и в местных сопротивлениях, что и вызвало уменьшение  $\zeta_{1-12(12)}$ , рост  $\mu_{1-12(12)}$ ,  $v_{12}$  и  $Q_{12}$  по сравнению со случаем, когда питатель I работал при разрыве кольца в сечении 11–11.

Когда питатель II находится в кольце, то потери напора в параллельных трубопроводах 4–5–6–7 и 11–10–9–8 не суммируются, и они равны друг другу.  $v_4 = v_5 = v_6 = v_7 = v_8 = v_9 = v_{10} = v_{11}$ . УБ для сечений 3–3 и 13–13 можно записать так:

$$H = H_{0-II} + \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-4(4)}^{\partial} + \lambda \frac{l_{0-II}}{d_{\kappa}} + 2\zeta \right) \times \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{13} + \lambda \frac{l_{13}}{d_{13}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{13}^2}{2g}. \quad (20)$$

Или так:

$$H = H_{0-II} + \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-11(11)}^{\partial} + \lambda \frac{l_{0-II}}{d_{\kappa}} + 2\zeta \right) \times \alpha \frac{v_{11}^2}{2g} + \left( \zeta_{13} + \lambda \frac{l_{13}}{d_{13}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{13}^2}{2g}. \quad (21)$$

Чтобы найти отношение  $v_{\partial} / v$ , запишем следующее равенство —  $v_3 S_{\kappa} = v_4 S_{\kappa} + v_{11} S_{\kappa} = 2v_4 S_{\kappa} = 2v_{11} S_{\kappa} = v_{13} S_{13}$ , так как  $v_4 = v_{11}$ . Имеем:  $v_4 / v_3 = S_{\kappa} / 2S_{\kappa} = 0,5$ . Подставив эту величину в (21), получаем:  $\zeta_{3-4(4)}^{\partial} = \zeta_{3-11(11)}^{\partial} = 5,5$ .  $v_3 = v_{13} S_{13} / S_{\kappa}$ ,  $v_4 = v_{13} S_{13} / 2S_{\kappa}$ , и из (20) можно вывести такую формулу:

$$\zeta_{1-13(13)} = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \left( \frac{S_{13}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \left( \zeta_{3-4(4)}^{\partial} + \lambda \frac{l_{cm-II}}{d_{\kappa}} + 2\zeta \right) \times$$

$$\times \left( \frac{S_{13}}{2S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{13} + \lambda \frac{l_{13}}{d_{13}}.$$

$\zeta_{1-13(13)} = 0,632346$ . По (7), (8) и (3) определяем:  $\mu_{1-13(13)} = 0,782697$ ,  $v_{13} = 1,496663$  м/с,  $Q_{13} = 75,795765 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с. Замыкание кольца жидкости около питателя II привело к уменьшению коэффициента сопротивления  $\zeta_{1-13(13)}$  с 0,730 до 0,632. Стало 2 потока жидкости, скорость в коллекторе упала в 2 раза, потери напора в коллекторе на трение и в местных сопротивлениях уменьшились в 4 раза. А скорость жидкости в питателе II увеличилась с 1,454 до 1,497 м/с (см. табл. 1).

Если питатель III находится в кольце, то потери напора в параллельных трубопроводах 4–5–6–7–8–9 и 11–10 не суммируются, и они равны друг другу. УБ для сечений 4–4 и 14–14 (по пути через сечения 5–5, 7–7, 9–9):

$$H = H_{0-III} + \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-4(4)}^{\partial} + \lambda \frac{l_{0-III(4-6-9)}}{d_{\kappa}} + 3\zeta \right) \times$$

$$\times \alpha \frac{v_4^2}{2g} + \left( \zeta_{14} + \lambda \frac{l_{14}}{d_{14}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{14}^2}{2g}. \quad (22)$$

УБ для сечений 3–3 и 14–14 (через сечения 11–11, 10–10):

$$H = H_{0-III} + \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-11(11)}^{\partial} + \lambda \frac{l_{0-III}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \times$$

$$\times \alpha \frac{v_{11}^2}{2g} + \left( \zeta_{14} + \lambda \frac{l_{14}}{d_{14}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{14}^2}{2g}. \quad (23)$$

Левые части выражений (22) и (23) равны. Приравниваем правые части и после преобразований получаем ( $z = v_{11} / v_4$ ,  $l_{cm-III(4-6-9)} = 0,736$  м):

$$z = \sqrt{\frac{\zeta_{3-4(4)}^{\partial} + 4,032417}{\zeta_{3-11(11)}^{\partial} + 1,352873}}. \quad (24)$$

$v_3 S_{\kappa} = v_4 S_{\kappa} + v_{11} S_{\kappa} = v_{11} / z \cdot S_{\kappa} + v_{11} S_{\kappa} = (1/z + 1) v_{11} S_{\kappa}$ ,  $v_3 = (1/z + 1) v_{11}$ . Понятно, что  $v_{11} > v_4$ , см. формулы (22) и (23). Предположим, что  $z = 1,1$ . Тогда  $v_{11} / v_3 = 1 / (1/z + 1) = 0,523810$ . По (21) находим:  $\zeta_{3-11(11)}^{\partial} = 5,144629$ .

Так как  $v_4 = v_{11} / z$ , то  $v_{11} = z v_4$ .  $v_3 S_{\kappa} = (v_4 + v_{11}) S_{\kappa} = (v_4 + z v_4) S_{\kappa} = (1+z) v_4 S_{\kappa}$ ,  $v_3 = (1+z) v_4$ ,  $v_4 / v_3 = 1 / (1+z) = 0,476190$ . Определяем по (21):  $\zeta_{3-4(4)}^{\partial} = 5,910009$ .

Подставляем найденные значения  $\zeta_{3-4(4)}^{\partial}$  и  $\zeta_{3-11(11)}^{\partial}$  в (24) и получаем:  $z = 1,237009$ . А мы задавались  $z = 1,1$ . Делаем следующее приближение —  $z = 1,237009$  —

и повторяем расчёт. После ряда приближений при заданном  $z = 1,392567$  получаем по расчёту  $z = 1,3925673$ . Принимаем  $z = v_4 / v_{11} = 1,392567$ . При этом  $v_4 / v_3 = 0,582039$ ,  $\zeta_{3-4(4)}^{\partial} = 4,451862$ ,  $v_{11} / v_3 = 0,417961$ ,  $\zeta_{3-11(11)}^{\partial} = 7,224377$ ,  $v_{11} = 0,718098 v_4$ .

$v_3 S_{\kappa} = (1/z + 1) v_{11} S_{\kappa} = v_{14} S_{14}$ , а  $v_{11} = v_{14} S_{14} / (1/z + 1) S_{\kappa}$ . Коэффициент сопротивления ЛС от сечения 1–1 до сечения 14–14, приведённый к скорости  $v_{14}$  в питателе III,

$$\zeta_{1-14(14)} = \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \left( \frac{S_{14}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \left( \zeta_{3-11(11)}^{\partial} + \lambda \frac{l_{0-I}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \times$$

$$\times \left( \frac{S_{14}}{(1/z + 1) S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{14} + \lambda \frac{l_{14}}{d_{14}}.$$

Подставив известные величины, имеем:  $\zeta_{1-14(14)} = 0,550721$ ,  $\mu_{1-14(14)} = 0,803033$ ,  $v_{14} = 1,945290$  м/с,  $Q_{14} = 75,506583 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с. Замыкание кольца вокруг питателя III привело к уменьшению коэффициента сопротивления  $\zeta_{1-14(14)}$  с 0,660 до 0,551, см. табл. 1. Появление параллельного коллектора привело к падению скоростей жидкости в каждой из линий, к снижению потерь на трение и в местных сопротивлениях, что и вызвало уменьшение  $\zeta_{1-14(14)}$ , рост  $\mu_{1-14(14)}$ ,  $v_{14}$  и  $Q_{14}$  по сравнению со случаем, когда питатель III работал при разрыве кольца в сечении 11–11.

Подсчитаем характеристики ЛС при работе питателей I и III. Если бы питатели имели одинаковые диаметры, то скорости жидкости в них были бы равными —  $v_{12} = v_{14}$ , а  $v_4 = v_5 = v_{10} = v_{11}$  и  $v_6 = v_7 = v_8 = v_9 = 0$ . Когда площадь сечения питателя I больше площади сечения питателя III, расход жидкости  $Q_{12}$  в сечении 12–12 больше расхода  $Q_{14}$  в сечении 14–14. Имеются два разных потока: один по часовой стрелке — через сечения 4–4 и 5–5, другой — против часовой стрелки, через сечения 11–11 и 10–10. Неизвестно направление движения жидкости в сечениях 6–6, 7–7, 8–8 и 9–9. Предположим, что движение жидкости в сечении 7–7 — слева направо, то есть в питатель III жидкость поступает из сечений 9–9 и 10–10 — из-за того, что задались  $d_{12} > d_{14}$  (и  $Q_{12} > Q_{14}$ ). Поток встречается на входе в питатель III в точке А, которая называется *точкой водораздела или нулевой точкой* [13, 240–241]. Мысленно разрезаем наше кольцо по намеченной линии водораздела и получаем участок сети, изображенный на рис. 2. Далее по обычным формулам подсчитываем потери напора для линии 1–3–10–14'  $h_{1-3-10-14'}$  и для линии 1–3–5–7–9–14''  $h_{1-3-5-7-9-14''}$ . После этого сопоставляем между собой две найденные потери напора. Если  $h_{1-3-10-14'} = h_{1-3-5-7-9-14''}$ , то за-

ключаем, что напоры в точках  $A'$  и  $A''$  будут одинаковыми, что и должно быть, поскольку точки  $A'$  и  $A''$  представляют собой физически одна точку  $A$ . Следовательно, получив указанное равенство, можем утверждать, что мы правильно задались величинами расходов  $Q_4$ ,  $Q_6$  и  $Q_{11}$ . Если указанное равенство

не получается, то приходится изменять величины этих расходов, а иногда и переносить точку водораздела, например, в точку входа жидкости в питатель I. При этом обращаемся ко 2-й, 3-й и последующим попыткам, добиваясь того, чтобы приведенное выше равенство было выдержано с нужной точностью.

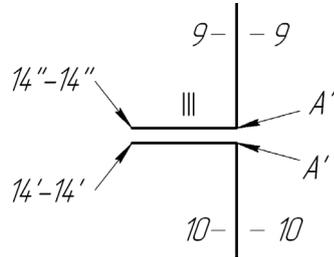


Рис. 2. Схема для расчета литниковой системы с питателями I и III (нулевая точка — в питателе III)

Составим УБ для сечений 1-1 и 12-12 (для пути через сечения 4-4, 5-5):

$$H = H_{0-I} + \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-4(4)}^{\delta} + \lambda \frac{l_{0-I}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \times \alpha \frac{v_4^2}{2g} + \left( \zeta_{12}^{oms} + \lambda \frac{l_{12}}{d_{12}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{12}^2}{2g}, \quad (25)$$

и для сечений 1-1 и 14-14 (для пути через сечения 11-11, 10-10)

$$H = H_{0-III} + \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-11(11)}^{\delta} + \lambda \frac{l_{0-III}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \times \alpha \frac{v_{11}^2}{2g} + \left( \zeta_{14} + \lambda \frac{l_{14}}{d_{14}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{14}^2}{2g}. \quad (26)$$

Запишем очевидные равенства:  $Q_6 = v_6 S_{\kappa} = v_5 S_{\kappa} = v_4 S_{\kappa} = v_3 S_{\kappa} = v_2 S_{\kappa} = v_1 S_{\kappa}$ ,  $Q_{14} = v_{14} S_{14} = Q_9 + Q_{10} = v_9 S_{\kappa} + v_{10} S_{14} = v_{11} S_{14} = v_{12} S_{12} = v_{13} S_{13}$ . Введём следующие обозначения:  $x = v_{12} / v_{14}$ ,  $y = S_{12} / S_{14}$ ,  $z = v_4 / v_{11}$ ,  $w = v_6 / v_5$ ,  $v_4 = v_5$ ,  $v_6 = v_7 = v_8 = v_9$ ,  $v_{10} = v_{11}$ .

Расход жидкости в системе  $Q = v_3 S_{\kappa} = v_{12} S_{12} + v_{14} S_{14} = x v_{14} \cdot y S_{14} + v_{14} S_{14} = v_{14} S_{14} (xy + 1) = v_{14} S_{np(14)} = (1 + xy) S_{14}$  — приведенная к скорости  $v_{14}$  и площади  $S_{14}$  площадь питателей. Аналогично записываем:

$$Q = v_{12} S_{12} + v_{14} S_{14} = \frac{v_{12} S_{12}}{x} + v_{12} S_{12} = v_{12} S_{12} (1/x + 1) = v_{12} S_{np(12)}.$$

Здесь  $S_{np(12)} = (1/x + 1) S_{12}$  — приведенная к скорости  $v_{12}$  и площади  $S_{12}$  площадь питателей. А  $v_3 = v_{12} S_{np(12)} / S_{\kappa} = v_{14} S_{np(14)} / S_{\kappa}$ . Имеем также:

$$Q = v_3 S_{\kappa} = (v_4 + v_{11}) S_{\kappa} = (v_4 + v_4/z) S_{\kappa} = v_4 (1 + 1/z) S_{\kappa},$$

$$\frac{Q_4}{Q} = \frac{v_4 S_{\kappa}}{v_3 S_{\kappa}} = \frac{v_4 S_{\kappa}}{v_4 (1 + 1/z) S_{\kappa}} = \frac{1}{1 + 1/z},$$

$$v_4 = v_5 = \frac{v_3 S_{\kappa}}{(1 + 1/z) S_{\kappa}} = \frac{v_{12} S_{np(12)}}{(1 + 1/z) S_{\kappa}} = v_{12} \frac{z S_{np(12)}}{(1 + z) S_{\kappa}}.$$

Теперь выражение (25) можно записать так:

$$H = \alpha \frac{v_{12}^2}{2g} \left[ \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \left( \frac{S_{np(12)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \left( \zeta_{3-4(4)}^{\delta} + \lambda \frac{l_{0-I}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \times \left( \frac{z S_{np(12)}}{(1 + z) S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{12}^{oms} + \lambda \frac{l_{12}}{d_{12}} + 1 \right].$$

Выражение в квадратных скобках (за исключением "1") — это  $\zeta_{1-12(12)}$ , коэффициент сопротивления системы от сечения 1-1 до сечения 12-12, приведенный к скорости  $v_{12}$  и учитывающий работу обоих питателей (I и III).

Принимаем (произвольно):  $x = 1$ ,  $z = 1,1$ ,  $w = 0,4$ .  $y = S_{12} / S_{14} = 1,649927$ . В этом случае  $S_{np(12)} = 1,606087 S_{13}$ ,  $S_{np(14)} = 2,649927 S_{14}$ .  $v_4 / v_3 = S_{\kappa} / (1 + 1/z) S_{\kappa} = 0,523810$ ,  $\zeta_{3-4(4)}^{\delta} = 5,144628$  — по зависимости (18).

Результаты расчетов:  $\zeta_{1-12(12)} = 1,225226$ ,  $\mu_{1-12(12)} = 0,670367$ ,  $v_{12} = 1,623918$  м/с,  $Q_{12} = 103,999051 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ .

Для питателя III на пути через сечения 11-11, 10-10 очевидны следующие соотношения:  $Q = v_3 S_{\kappa} = (v_4 + v_{11}) S_{\kappa} = (z v_{11} + v_{11}) S_{\kappa} = v_{11} (z + 1) S_{\kappa}$ ,  $v_{11} / v_3 = S_{\kappa} / (1 + z) S_{\kappa} = 0,476190$ . А  $\zeta_{3-11(11)}^{\delta} = 5,910012$  — по уравнению (18).

При  $w = 0,4$ ,  $\zeta_6 = 0,9$  — по формуле (11).

$$\frac{Q_{12}}{Q_5} = \frac{v_{12} S_{12}}{v_5 S_{\kappa}} = \frac{Q_5 - Q_6}{Q_5} = 1 - w = 0,6 \cdot \frac{v_{12}}{v_5} = 0,6 \frac{S_{\kappa}}{S_{12}} = 1,890788.$$

По (12) находим:  $\zeta_{12}^{oms} = 0,429714$ .

$$v_{10} = v_{11} = \frac{v_3 S_{\kappa}}{(z + 1) S_{\kappa}} = \frac{v_{14} S_{np(14)} \cdot Q_{11}}{(z + 1) S_{\kappa} Q} = \frac{v_{11} S_{\kappa}}{v_{11} (z + 1) S_{\kappa}} = \frac{1}{z + 1}.$$

И выражение (26) будет выглядеть так:

$$H = \alpha \frac{v_{14}^2}{2g} \left[ \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \left( \frac{S_{np(14)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \left( \zeta_{3-11(11)}^{\delta} + \lambda \frac{l_{0-III}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \times \left( \frac{S_{np(14)}}{(z + 1) S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{14} + \lambda \frac{l_{14}}{d_{14}} + 1 \right].$$

В квадратных скобках (за исключением “1”) — коэффициент сопротивления  $\zeta_{1-14(14)}$  системы от сечения 1-1 до сечения 14-14, приведенный к скорости  $v_{14}$  и учитывающий работу питателей I и III.

Находим:  $\zeta_{1-14(14)} = 1,062225$ ,  $\mu_{1-14(14)} = 0,696357$ ,  $v_{14} = 1,686876$  м/с,  $Q_{14} = 65,476221 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с.

Расход в системе  $Q = Q_{12} + Q_{14} = 169,475273 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с.  $v_3 = Q / S_k = 0,839749$  м/с.  $Q_4 = Qz / (1+z) = 88,772762 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $v_4 = Q_4 / S_k = 0,439868$  м/с.  $Q_{11} = Q / (1+z) = 80,702511 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $v_{11} = Q_{11} / S_k = 0,399880$  м/с.  $Q_6 = Q_5 - Q_{12} = -15,226890 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $v_6 = Q_6 / S_k = -0,075446$  м/с. Отношение  $w = v_6 / v_5 = -0,171520$ . А мы задавались  $w = 0,4$ .  $x = v_{12} / v_{14} = 0,962678$ , задавались  $x = 1$ .

В системе должно быть следующее равенство:  $p_{10} / \gamma = p_9 / \gamma + H_{9-10}$ , или  $p_{10} = p_9 + \gamma H_{9-10}$ , где  $H_{9-10}$  — расстояние по вертикали между сечениями 9-9 и 10-10, м.  $H_{9-10} = 0,12$  м. Проверим это соотношение. Составим УБ для сечений 1-1 и 9-9 (линия 1-4-6-8):

$$H + \frac{p_a}{\gamma} = H_{0-9} + \left( \zeta_k + \lambda \frac{l_k}{d_k} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-4(4)}^\partial + \lambda \frac{l_{0-1}}{d_k} + \zeta \right) \times \alpha \frac{v_4^2}{2g} + \left( \zeta_6 + \lambda \frac{l_{III} - l_{III-9}}{d_k} + 2\zeta + 1 \right) \alpha \frac{v_9^2}{2g} + \frac{p_9}{\gamma}, \quad (27)$$

где  $l_{III-9}$  — расстояние от оси питателя III до сечения 9-9, м.  $l_{III-9} = 0,06$  м.  $p_9 \uparrow p_a$ ,  $v_6 = v_9$ .

Выражение (27) можно представить в следующем виде:

$$H_9 = \frac{p_9 - p_a}{\gamma} = H - H_{0-9} - \left( \zeta_k + \lambda \frac{l_k}{d_k} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} - \left( \zeta_{3-4(4)}^\partial + \lambda \frac{l_{0-1}}{d_k} + \zeta \right) \alpha \frac{v_4^2}{2g} - \left( \zeta_6 + \lambda \frac{l_{III} - l_{III-9}}{d_k} + 2\zeta + 1 \right) \alpha \frac{v_9^2}{2g}.$$

Все величины здесь известны, и  $H_9 = 0,169316$  м.

Составим УБ для сечений 1-1 и 10-10:

$$H + \frac{p_a}{\gamma} = H_{0-10} + \left( \zeta_k + \lambda \frac{l_k}{d_k} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-11(11)}^\partial + \lambda \frac{l_{0-III} - l_{III-10}}{d_k} + \zeta + 1 \right) \alpha \frac{v_{10}^2}{2g} + \frac{p_{10}}{\gamma}. \quad (28)$$

Здесь  $l_{III-10}$  — расстояние от оси питателя III до сечения 10-10, м.  $l_{III-10} = 0,06$  м. Заметим, что  $p_{10} \uparrow p_a$ ,  $v_{10} = v_{12}$ . Запишем (28) так:

$$H_{10} = \frac{p_{10} - p_a}{\gamma} = H - H_{0-10} - \left( \zeta_k + \lambda \frac{l_k}{d_k} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} - \left( \zeta_{3-11(11)}^\partial + \lambda \frac{l_{0-III} - l_{III-10}}{d_k} + \zeta + 1 \right) \alpha \frac{v_{10}^2}{2g}.$$

Находим, что  $H_{10} = 0,288161$  м.

$H_{10-9} = H_{10} - H_9 - \gamma H_{9-10} = -0,001155$  м. Напор  $H_9$  в сечении 9-9 больше напора  $H_{10}$  в сечении 10-10 на

0,001155 м. Причем скорость  $v_9$  имеет знак “минус”, то есть, направлена в противоположную сторону той, которой мы задавались — слева направо в сечении 7-7.

Задаемся следующими величинами:  $x = 0,962678$ ,  $z = 1,1$ ,  $w = -0,171520$ . Получаем по расчету:  $Q = 174,599437 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $x = 0,999088$ ,  $w = -0,188250$ ,  $H_9 = 0,155640$  м,  $H_{10} = 0,281970$  м,  $H_{10-9} = H_{10} - H_9 - \gamma H_{9-10} = 0,00633$  м.

Для  $x = 0,999088$ ,  $w = -0,188250$ ,  $z = 1,1$   $H_{10-9} = H_{10} - H_9 - \gamma H_{9-10} = 0,005679$  м.

Методом последовательных приближений находим, что при заданных  $x = 1,031643$ ,  $z = 1,002000$  и  $w = -0,258588$  по расчету получаются следующие величины:  $x = 1,0316431$ ,  $w = -0,2585876$ ,  $H_{10-9} = H_{10} - H_9 - \gamma H_{9-10} = 6,4 \cdot 10^{-6}$  м. На этом определение отношений скоростей жидкости и разности напоров можно закончить, так заданные значения  $x$  и  $w$  отличаются от рассчитанных на величину, меньшую  $10^{-6}$ , а  $H_{10-9} = 6,4 \cdot 10^{-6}$  м. Находим, что  $\zeta_{1-12(12)} = 0,976939$ ,  $\mu_{1-12(12)} = 0,711219$ ,  $v_{12} = 1,722878$  м/с,  $Q_{12} = 110,336667 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $\zeta_{1-14(14)} = 1,104031$ ,  $\mu_{1-14(14)} = 0,689404$ ,  $v_{14} = 1,670033$  м/с,  $Q_{14} = 64,822464 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $Q = 175,159131 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с.

Как видно, разность напоров  $H_{10-9}$  можно привести к любой наперед заданной бесконечно малой величине, хотя скорость  $v_7$  получилась с минусом и направлена, следовательно, справа налево. Напор в сечении 7-7  $H_7 = \alpha v_7^2 / 2g + p_7 / \gamma$ , отрицательная величина  $v_7$  возводится в квадрат и становится положительной, а разность напоров  $H_{10} - H_9 - \gamma H_{9-10}$  стремится к нулю. Поэтому приводимые в учебнике Р.Р. Чугаева [13] рекомендации о равенстве напоров около одного из отверстий (питателей) являются необходимыми, но недостаточными.

Рассмотрим схему потоков жидкости, когда нулевая точка находится в питателе I (рис. 3). Составим УБ для сечений 1-1 и 12-12 (для пути через сечения 4-4, 5-5):

$$H = H_{0-1} + \left( \zeta_k + \lambda \frac{l_k}{d_k} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-4(4)}^\partial + \lambda \frac{l_{0-1}}{d_k} + \zeta \right) \times \alpha \frac{v_4^2}{2g} + \left( \zeta_{12} + \lambda \frac{l_{12}}{d_{12}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{12}^2}{2g}, \quad (29)$$

и для сечений 1-1 и 14-14 (для пути через сечения 11-11, 10-10)

$$H = H_{0-III} + \left( \zeta_k + \lambda \frac{l_k}{d_k} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-11(11)}^\partial + \lambda \frac{l_{0-III}}{d_k} + \zeta \right) \times \alpha \frac{v_{11}^2}{2g} + \left( \zeta_{14}^{oms} + \lambda \frac{l_{14}}{d_{14}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{14}^2}{2g}. \quad (30)$$

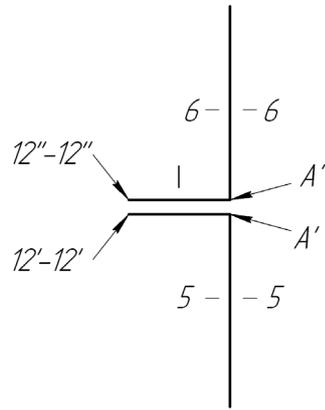


Рис. 3. Схема для расчета литниковой системы с питателями I и III (нулевая точка — в питателе I)

Запишем следующие выражения:  
 $Q_{12} = v_{12}S_{12} = Q_5 + Q_6 = v_5S_k + v_6S_k$ ,  $Q_9 = v_9S_k = Q_{10} - Q_{14} = v_{10}S_k - v_{14}S_{14}$ . Остальные расчеты делаем в соответствии с изложенным выше. Методом последовательных приближений находим, что при заданных  $x = 0,967187$ ,  $z = 0,940020$  и  $w = 0,252628$  по расчету получаются следующие величины:  $x = 0,9671868$ ,  $w = 0,2526277$ ,  $H_{5-6} = H_5 - H_6 - \gamma H_{5-6} = 1,8 \cdot 10^{-6}$  м. Определяем, что  $\zeta_{1-12(12)} = 1,116048$ ,  $\mu_{1-12(12)} = 0,687444$ ,  $v_{12} = 1,665284$  м/с,  $Q_{12} = 106,648233 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $\zeta_{1-14(14)} = 0,979458$ ,  $\mu_{1-14(14)} = 0,710766$ ,  $v_{14} = 1,721781$  м/с,  $Q_{14} = 66,831079 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $Q = 173,479312 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с. Результаты расчетов и экспериментов (в знаменателе) приведены в табл. 3.

Так что же мы имеем? Расходы по обеим схемам расчета различаются на 0,97% —  $175,16 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с и  $173,48 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с. Но по схеме на рис. 2  $v_{12} > v_{14}$ , по схеме на рис. 3  $v_{12} < v_{14}$ , что соответствует экспериментальным данным. Отношение  $w = v_{10} / v_{11} = -0,258588$  по первой схеме близко к  $w = v_7 / v_6 = 0,252628$  по второй схеме и без учета знака “-” разница между ними составляет 2,4%. То есть нужно смотреть не только на разницу напоров  $H_{10-9} = H_{10} - H_9 - \gamma H_{9-10}$  или  $H_{5-6} = H_5 - H_6 - \gamma H_{5-6}$ , но и на знаки перед скоростями и на отношение скоростей  $v_{12} / v_{14}$  — скорость в большем по диаметру питателе должна быть меньше.

И все же остается сомнение в правильности выбора направления скорости в сечении 7-7. Чтобы снять этот вопрос, в коллектор по стрелкам X или Y (см. рис. 1) через отверстия диаметром 5 мм вводилась подкрашенная марганцовкой вода. И подкрашенная вода выходила из питателя I, а не из питателя III.

При работе питателей I и II, когда нулевая точка находится в питателе II с меньшим диаметром,  $w = v_6 / v_5 = -0,208100$ , при ее расположении в питателе I большего диаметра  $w = v_7 / v_8 = 0,260929$  — ана-

логично работе питателей I и III. Для питателей II и III при расположении нулевой точки в меньшем питателе III  $w = v_9 / v_{10} = 0,000606$ . Если нулевая точка находится в большем питателе II, то  $w = v_9 / v_{10} = 0,061105$ , а подкрашенная марганцовкой вода движется от меньшего питателя III к большему питателю II. Нулевые точки располагаются в питателях большего диаметра, хотя кажется, что они должны находиться в питателях меньшего диаметра.

При работе питателей I, II и III в кольце в питатель I поступает жидкость из сечения 5-5 (не вся), в питатель III — из сечения 10-10 (не вся), в питатель II — из сечений 7-7 и 8-8.  $v_4 = v_5$ ,  $v_6 = v_7$ ,  $v_8 = v_9$ ,  $v_{10} = v_{11}$ . Составим УБ для сечений 1-1 и 12-12 (для пути через сечения 3-3, 4-4, 5-5):

$$H = H_{0-I} + \left( \zeta_k + \lambda \frac{l_k}{d_k} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{3-4(4)}^\delta + \lambda \frac{l_{0-I}}{d_k} + \zeta \right) \times \alpha \frac{v_4^2}{2g} + \left( \zeta_{12}^{oms} + \lambda \frac{l_{12}}{d_{12}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{12}^2}{2g}, \quad (30)$$

для сечений 1-1 и 14-14 (для пути через сечения 3-3, 11-11, 10-10):

$$H = H_{0-III} + \left( \zeta_k + \lambda \frac{l_k}{d_k} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{4-11(11)}^\delta + \lambda \frac{l_{0-III}}{d_k} + \zeta \right) \times \alpha \frac{v_{11}^2}{2g} + \left( \zeta_{14}^{oms} + \lambda \frac{l_{14}}{d_{14}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{14}^2}{2g}, \quad (31)$$

и для сечений 1-1 и 13-13 (для пути через сечения 3-3, 4-4, 5-5, 6-6, 7-7):

$$H = H_{0-II} + \left( \zeta_k + \lambda \frac{l_k}{d_k} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{4-5(5)}^\delta + \lambda \frac{l_{0-I}}{d_k} + \zeta \right) \times \alpha \frac{v_4^2}{2g} + \left( \zeta_6 + \lambda \frac{l_{II}}{d_k} + \zeta \right) \alpha \frac{v_6^2}{2g} + \left( \zeta_{13} + \lambda \frac{l_{13}}{d_{13}} + 1 \right) \alpha \frac{v_{13}^2}{2g}. \quad (32)$$

Введем следующие обозначения:  $x_1 = v_{12} / v_{13}$ ,  $x_2 = v_{14} / v_{13}$ ,  $y_1 = S_{12} / S_{13}$ ,  $y_2 = S_{14} / S_{13}$ ,  $z = Q_4 / Q_{11} = v_4 / v_{11}$ ,  $w_1 = Q_6 / Q_5 = v_6 / v_5$ ,  $w_2 = Q_9 / Q_{10} = v_9 / v_{10}$ . Имеем

$$\text{также: } v_{14} = x_2 v_{13} = x_2 \frac{v_{12}}{x_1}, \quad v_{12} = x_1 v_{13} = x_1 \frac{v_{14}}{x_2},$$

$$S_{14} = y_2 S_{13} = y_2 \frac{S_{12}}{y_1}, \quad S_{12} = y_1 S_{13} = y_1 \frac{S_{14}}{y_2}.$$

Таблица 3. – Характеристики литниковой системы при замкнутой гидравлической цепи

Показатели	Работающие питатели			
	I, II	I, III	II, III	I, II, III
$\zeta_{1-12(12)}$	1,079	1,116		1,434
$\mu_{1-12(12)}$	0,694	0,687		0,641
$v_{12}$	$\frac{1,680}{1,649}$	$\frac{1,665}{1,582}$		$\frac{1,553}{1,474}$
	$\frac{107,59}{105,61}$	$\frac{106,65}{101,30}$		$\frac{99,43}{94,40}$
$Q^*, \%$	1,9	5,3		5,3
$\zeta_{1-13(13)}$	1,770		1,158	3,920
$\mu_{1-13(13)}$	0,601		0,681	0,451
$v_{13}$	$\frac{1,149}{1,120}$		$\frac{1,302}{1,289}$	$\frac{0,862}{0,867}$
	$\frac{58,19}{56,73}$		$\frac{65,91}{65,28}$	$\frac{43,66}{43,91}$
$Q^*, \%$	2,6		1,0	-0,6
$\zeta_{1-14(14)}$		0,979	0,692	1,406
$\mu_{1-14(14)}$		0,711	0,769	0,645
$v_{14}$		$\frac{1,722}{1,749}$	$\frac{1,862}{1,832}$	$\frac{1,562}{1,535}$
		$\frac{66,83}{67,89}$	$\frac{72,29}{71,10}$	$\frac{60,62}{59,58}$
$Q^*, \%$		-1,5	2,4	1,7
$Q \cdot 10^6$	$\frac{165,78}{162,34}$	$\frac{173,48}{169,18}$	$\frac{138,20}{136,39}$	$\frac{203,71}{197,89}$
	$Q^*, \%$	2,1	2,5	1,3

## Расход в системе при работе трех питателей

$$Q = v_3 S_{\kappa} = v_4 S_{\kappa} + v_{11} S_{\kappa} = v_{12} S_{12} + v_{13} S_{13} + v_{14} S_{14} =$$

$$= v_{12} S_{12} + \frac{v_{12}}{x_1} y_2 \frac{S_{12}}{y_1} + x_2 \frac{v_{12}}{x_1} y_2 \frac{S_{12}}{y_1} = v_{12} S_{12} \frac{x_1 y_1 + 1 + x_2 y_2}{x_1 y_1} = v_{12} S_{np(12)}.$$

Здесь  $S_{np(12)} = \frac{x_1 y_1 + 1 + x_2 y_2}{x_1 y_1} S_{12}$  — приведенная к скорости  $v_{12}$  и площади  $S_{12}$  площадь питателей.

Найдем приведенную к скорости  $v_{13}$  площадь питателей  $S_{np(13)}$ :

$$Q = v_{12} S_{12} + v_{13} S_{13} + v_{14} S_{14} = x_1 v_{13} \cdot y_1 S_{13} + v_{13} S_{13} +$$

$$+ x_2 v_{13} \cdot y_2 S_{13} = v_{13} S_{13} (x_1 y_1 + 1 + x_2 y_2) = v_{13} S_{np(13)}, \quad \text{где}$$

$S_{np(13)} = (x_1 y_1 + 1 + x_2 y_2) S_{13}$  — приведенная к скорости  $v_{13}$  и площади  $S_{13}$  площадь питателей.

$$Q = v_{12} S_{12} + v_{13} S_{13} + v_{14} S_{14} = x_1 \frac{v_{14}}{x_2} y_1 \frac{S_{14}}{y_2} + \frac{v_{14}}{x_2} y_2 \frac{S_{14}}{y_2} + v_{14} S_{14} =$$

$$= v_{14} S_{14} \frac{x_1 y_1 + 1 + x_2 y_2}{x_2 y_2} = v_{14} S_{np(14)}.$$

Здесь

$$S_{np(14)} = \frac{x_1 y_1 + 1 + x_2 y_2}{x_2 y_2} S_{14} \text{ — приведенная к скорости } v_{14}$$

и площади  $S_{14}$  площадь питателей.

$$v_3 = v_{12} S_{np(12)} / S_{\kappa} = v_{13} S_{np(13)} / S_{\kappa} = v_{14} S_{np(14)} / S_{\kappa}.$$

Запишем очевидные равенства:

$$Q_6 = v_6 S_{\kappa} = Q_5 - Q_{12} = v_5 S_{\kappa} - v_{12} S_{12}, \quad Q_{13} = v_{13} S_{13} = Q_7 + Q_8 =$$

$$= v_7 S_{\kappa} + v_8 S_{\kappa}, \quad Q_9 = v_9 S_{\kappa} = Q_{10} - Q_{14} = v_{10} S_{\kappa} - v_{14} S_{14}. \quad Q =$$

$$= v_3 S_{\kappa} = (v_4 + v_{11}) S_{\kappa} = (v_4 + v_4 / z) S_{\kappa} = v_4 (1 + 1/z) S_{\kappa}, \quad \frac{Q_4}{Q} =$$

$$= \frac{v_4 S_{\kappa}}{v_3 S_{\kappa}} = \frac{v_4 S_{\kappa}}{v_4 (1 + 1/z) S_{\kappa}} = \frac{1}{1 + 1/z},$$

$$v_4 = \frac{v_3 S_{\kappa}}{(1 + 1/z) S_{\kappa}} = \frac{v_{12} S_{np(12)}}{(1 + 1/z) S_{\kappa}} = v_{12} \frac{z S_{np(12)}}{(1 + z) S_{\kappa}} = v_{13} \frac{z S_{np(13)}}{(1 + z) S_{\kappa}} =$$

$$= v_{14} \frac{z S_{np(14)}}{(1 + z) S_{\kappa}}.$$

Теперь уравнение (29) можно представить в следующем виде:

$$H - H_{0-I} = \alpha \frac{v_{12}^2}{2g} \left[ \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \left( \frac{S_{np(12)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \left( \zeta_{3-4(4)}^{\partial} + \lambda \frac{l_{0-I}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \times \right. \\ \left. \times \left( \frac{z S_{np(12)}}{(1+z)S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{12}^{oms} + \lambda \frac{l_{12}}{d_{12}} + 1 \right].$$

Выражение в квадратных скобках (за исключением “1”) — это  $\zeta_{1-12(12)}$ , коэффициент сопротивления системы от сечения 1-1 до сечения 12-12, приведенный к скорости  $v_{12}$  и учитывающий работу всех трех питателей.

$y_1 = 1,264574$ ,  $y_2 = 0,766442$ . Принимаем (произвольно):  $x_1 = 1$ ,  $x_2 = 1$ ,  $z = 1,1$ ,  $w_1 = 0,4$ ,  $w_2 = 0,4$ . В этом случае  $S_{np(12)} = 2,396867 S_{12}$ ,  $S_{np(13)} = 3,031017 S_{13}$ ,  $S_{np(14)} = 3,954657 S_{14}$ . При  $w_1 = 0,4$ ,  $\zeta_6 = 0,9$  — по формуле (11).  $\frac{Q_{12}}{Q_5} = \frac{v_{12} S_{12}}{v_5 S_{\kappa}} = \frac{Q_5 - Q_6}{Q_5} = 1 - w_1 = 0,6$ . А

$$\frac{v_{12}}{v_5} = 0,6 \frac{S_{\kappa}}{S_{12}} = 1,890788. \quad \text{По (12) находим:}$$

$$\zeta_{12}^{oms} = 0,429714. \quad v_4 / v_3 = S_{\kappa} / (1 + 1/z) S_{\kappa} = 0,523810, \\ \zeta_{3-4(4)}^{\partial} = 5,144619 \text{ — по зависимости (21).}$$

Результаты расчетов:  $\zeta_{1-12(12)} = 2,017368$ ,  $\mu_{1-12(12)} = 0,575686$ ,  $v_{12} = 1,394559$  м/с,  $Q_{12} = 89,310471 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с.

Для питателя III на пути через сечения 3-3, 11-11, 10-10 действуют следующие соотношения:  $Q = v_3 S_{\kappa} = (v_4 + v_{11}) S_{\kappa} = (z v_{11} + v_{11}) S_{\kappa} = v_{11} (z + 1) S_{\kappa}$ ,  $v_{11} / v_3 = S_{\kappa} / (z + 1) S_{\kappa} = 0,476190$ . А  $\zeta_{4-11(11)}^{\partial} = 5,910012$  — по уравнению (21). При  $w_2 = 0,4$ ,  $\zeta_9 = 0,9$  — по формуле (11).  $\frac{Q_{14}}{Q_{10}} = \frac{v_{14} S_{14}}{v_{10} S_{\kappa}} = \frac{Q_{10} - Q_9}{Q_{10}} = 1 - w_2 = 0,6$ .

$$\frac{v_{14}}{v_{10}} = 0,6 \frac{S_{\kappa}}{S_{14}} = 3,119663. \quad \text{По (12) находим:}$$

$$\zeta_{14}^{oms} = 0,252751. \quad v_{11} = v_{10} = \frac{v_3 S_{\kappa}}{(1+z) S_{\kappa}} = \frac{v_{14} S_{np(14)}}{(1+z) S_{\kappa}},$$

$$\frac{Q_{11}}{Q} = \frac{v_{11} S_{\kappa}}{v_3 S_{\kappa}} = \frac{v_{11} S_{\kappa}}{v_{11} (1+z) S_{\kappa}} = \frac{1}{1+z}.$$

И зависимость (30) будет выглядеть так:

$$H - H_{0-III} = \alpha \frac{v_{14}^2}{2g} \left[ \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \left( \frac{S_{np(14)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \left( \zeta_{4-11(11)}^{\partial} + \lambda \frac{l_{0-III}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \times \right. \\ \left. \times \left( \frac{S_{np(14)}}{(1+z)S_{\kappa}} \right)^2 + \zeta_{14}^{oms} + \lambda \frac{l_{14}}{d_{14}} + 1 \right].$$

В квадратных скобках (за исключением “1”) — коэффициент сопротивления  $\zeta_{1-14(14)}$  системы от сечения 1-1 до сечения 14-14, приведенный к скорости  $v_{14}$ . Находим:  $\zeta_{1-14(14)} = 1,761814$ ,  $\mu_{1-14(14)} = 0,601732$ ,  $v_{14} = 1,457652$  м/с,  $Q_{14} = 56,578891 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с.

А соотношение (31) запишется следующим образом:

$$H - H_{0-II} = \alpha \frac{v_{13}^2}{2g} \left[ \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \left( \frac{S_{np(13)}}{S_{\kappa}} \right)^2 + \left( \zeta_{3-4(4)}^{\partial} + \lambda \frac{l_{0-I}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \times \right. \\ \left. \times \left( \frac{z S_{np(13)}}{(1+z)S_{\kappa}} \right)^2 + \left( \zeta_6 + \lambda \frac{l_{II}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \left( w_1 \frac{z S_{np(13)}}{(1+z)S_{\kappa}} \right)^2 + \right. \\ \left. + \zeta_{13} + \lambda \frac{l_{13}}{d_{13}} + 1 \right].$$

Выражение в квадратных скобках (за исключением “1”) — коэффициент сопротивления  $\zeta_{1-13(13)}$  системы от сечения 1-1 до сечения 13-13, приведенный к скорости  $v_{13}$ . Находим:  $\zeta_{1-13(13)} = 1,953773$ ,  $\mu_{1-13(13)} = 0,581851$ ,  $v_{13} = 1,112606$  м/с,  $Q_{13} = 56,345922 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с. Расход в системе  $Q = Q_{12} + Q_{13} + Q_{14} = 202,235284 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $v_3 = Q / S_{\kappa} = 1,002074$  м/с.  $Q_4 = Q_5 = Qz / (1 + z) = 105,932768 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $v_4 = v_5 = Q_4 / S_{\kappa} = 0,524896$  м/с.  $Q_6 = Q_7 = Q_5 - Q_{12} = 16,62230 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $v_6 = v_7 = Q_6 / S_{\kappa} = 0,082363$  м/с.  $Q_9 = Q_8 = Q_{10} - Q_{14} = 39,723626 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $v_9 = v_8 = Q_9 / S_{\kappa} = 0,196830$  м/с.  $Q_{11} = Q_{10} = Q / (1 + z) = 96,302516 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $v_{11} = v_{10} = Q_{11} / S_{\kappa} = 0,477178$  м/с.

Отношения скоростей:  $x_1 = v_{12} / v_{13} = 1,253417$ ,  $x_2 = v_{14} / v_{13} = 1,310124$ ,  $w_1 = v_6 / v_5 = 0,156914$ ,  $w_2 = v_9 / v_{10} = 0,412488$ . А мы задавались  $x_1 = 1$ ,  $x_2 = 1$ ,  $w_1 = 0,4$ ,  $w_2 = 0,4$ .

В системе должно быть следующее равенство:  $p_7 = p_8$ . Проверим это соотношение. Составим УБ для сечений 1-1 и 7-7:

$$H + \frac{p_a}{\gamma} = H_{0-II} + \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{4-5(5)}^{\partial} + \lambda \frac{l_{0-I}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \\ + \left( \zeta_6 + \lambda \frac{l_{II} - l_{II-8}}{d_{\kappa}} + \zeta + 1 \right) \alpha \frac{v_7^2}{2g} + \frac{p_7}{\gamma}. \quad (32)$$

Здесь  $l_{II-7}$  — расстояние от оси питателя II до сечения 7-7, м.  $l_{II-7} = 0,06$  м. Заметим, что  $p_7 \uparrow p_a$ . Запишем (32) так:

$$H_7 = \frac{p_7 - p_a}{\gamma} = H - H_{0-II} - \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} - \\ - \left( \zeta_{4-5(5)}^{\partial} + \lambda \frac{l_{0-I}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} - \left( \zeta_6 + \lambda \frac{l_{II} - l_{II-8}}{d_{\kappa}} + \zeta + 1 \right) \alpha \frac{v_7^2}{2g}.$$

Находим, что  $H_7 = 0,063899$  м.

Составим УБ для сечений 1-1 и 8-8 (линия 1-3-11-10-9-8):

$$H + \frac{p_a}{\gamma} = H_{0-II} + \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{4-11(11)}^{\partial} + \lambda \frac{l_{0-III}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \alpha \frac{v_{11}^2}{2g} + \\ + \left( \zeta_9 + \lambda \frac{l_{III} - l_{III-8}}{d_{\kappa}} + \zeta + 1 \right) \alpha \frac{v_8^2}{2g} + \frac{p_8}{\gamma}. \quad (33)$$

Здесь  $l_{II-8}$  — расстояние от оси питателя II до сечения 8-8, м.  $l_{II-8} = 0,06$  м.  $p_8 \uparrow p_a$ . Представим (33) в следующем виде:

$$H_8 = \frac{p_8 - p_a}{\gamma} = H - H_{0-II} - \left( \zeta_{\kappa} + \lambda \frac{l_{\kappa}}{d_{\kappa}} \right) \alpha \frac{v_3^2}{2g} - \left( \zeta_{4-11(11)} + \lambda \frac{l_{0-III}}{d_{\kappa}} + \zeta \right) \alpha \frac{v_{11}^2}{2g} - \left( \zeta_9 + \lambda \frac{l_{II-III} - l_{II-9}}{d_{\kappa}} + \zeta + 1 \right) \alpha \frac{v_8^2}{g}.$$

Определяем:  $H_8 = 0,065926$  м.

$$H_{8-7} = H_8 - H_7 = 0,002028 \text{ м.}$$

Напор  $H_7$  в сечении 7–7 больше напора  $H_6$  в сечении 6–6 на 0,002028 м. Методом последовательных приближений находим, что при заданных  $x_1 = 1,801116$ ,  $x_2 = 1,811645$ ,  $w_1 = 0,032816$ ,  $w_2 = 0,399231$  и  $z = 1,018900$  по расчету  $x_1 = 1,8011158$ ,  $x_2 = 1,81164501$ ,  $w_1 = 0,0328161$ ,  $w_2 = 0,3992314$ ,  $H_8 - H_9 = 1,5 \cdot 10^{-5}$  м. На этом определение отношений скоростей жидкости можно закончить, так заданные значения  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $w_1$  и  $w_2$  отличаются от рассчитанных на величину, меньшую  $10^{-6}$ . Находим:

$$\zeta_{1-12(12)} = 1,434228, \quad \mu_{1-12(12)} = 0,640943, \quad \nu_{12} = 1,552639 \text{ м/с}, \quad Q_{12} = 99,434213 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с},$$

$$\zeta_{1-13(13)} = 3,920424, \quad \mu_{1-13(13)} = 0,450815, \quad \nu_{13} = 0,862043 \text{ м/с},$$

$$Q_{13} = 43,656588 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}, \quad \zeta_{1-14(14)} = 1,406015, \quad \mu_{1-14(14)} = 0,644690, \quad \nu_{14} = 1,561716 \text{ м/с},$$

$$Q_{14} = 60,618112 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}.$$

$Q = Q_{12} + Q_{13} + Q_{14} = 203,708920 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ . Расход в системе из питателей I, II и III, находящихся в кольце, на 11,4% больше по сравнению с системой из этих же питателей с разрывом гидравлической цепи в сечении 11–11 — из-за работы параллельного коллектора (см. табл. 2 и 3).

### Результаты исследования и их обсуждение

Опытные данные отличаются от расчетных на величину от  $-1,9\%$  до  $+5,6\%$ , см. табл. 1–3. И только в 1-м случае из 32-х разница составляет 8,1%. Отличия небольшие, и какие-то выводы о величинах расхождений и их знаках сделать невозможно. 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 вертикальной кольцевой литниковой системе с разным количеством питателей различных диаметров, расположенных на разных уровнях, причем в один из питателей жидкость подходит с двух сторон.

Отличие экспериментальных данных от теоретических невелико и даже ставит под сомнение результаты работы. Хотя это отмечалось и при исследованиях L-образной, разветвленной, комбинированной, крестовиной, ярусной и горизонтальной кольцевой литниковых систем. Но ошибок ни в расчетах, ни в постановке экспериментов, ни в обработке опытных данных найдено не было.

О методике расчета. УБ “перемальывает” все таким образом, что разность давлений справа и слева от нулевой точки в одном из питателей стремится к нулю только при определенных значениях других величин. Попытки сделать его равным 0 только за счет какого-то одного фактора предпринимались, однако остальные факторы — заданные в начале и получившиеся в результате расчета — становились неприемлемо разными. Нужно менять все влияющие на работу ЛС факторы.

Здесь потребовалось рассчитывать приведенные площади всех питателей, например,  $S_{np(12)}$ ,  $S_{np(13)}$  и  $S_{np(14)}$  при работе питателей I–III. В L-образной, разветвленной, комбинированной и крестовиной ЛС можно было находить приведенную площадь питателей только для скорости жидкости в одном из питателей, удобно это делать для дальнего от стояка питателя.

Из-за малых отличий экспериментальных данных от теоретических возникает мысль о порочном круге, когда в расчетах используются данные, полученные в своих же опытах. Действительно, коэффициенты сопротивлений на поворот в коллекторе на  $90^\circ$  и из коллектора в питатель и изменение площадей сечений потока до и после поворота находились 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. И — главное — коэффициенты сопротивлений в гидравлике расчету не поддаются, а определяются экспериментально. Только сопротивление резкого расширения потока, а также — с некоторыми допущениями — 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 — находятся только опытным путем. Как и коэффициент потерь на трение  $\lambda$ . Коэффициенты сопротивлений на деление потока, подсчитываемые по (18), и на проход и на ответвление части потока, определяемые по (11) и (12), тоже получены путем обработки результатов опытов. Раз гидравлика — расчетно-экспериментальная наука, то, как бы этого ни хотелось, придется использовать в теоретических исследованиях опытные данные.

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 допущение. 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), (12) и (18). 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 расчетах обнаружено появление отрицательных скоростей движения жидкости в отдельных частях коллектора. Это значит, что в этой части коллектора неверно выбрано направление движения жидкости.

Установлено, что течение жидкости в коллекторе происходит от питателя с меньшим диаметром к питателю с большим диаметром, хотя кажется, что должно

быть наоборот. Но расчеты и опыты подтверждают это явление.

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). Причем экспериментально процесс истечения жидкости устанавливается очень быстро, за 3–5 с, даже при резком “перекосе” в системе, когда работают, например, питатели I и II.

Таким образом, впервые теоретически и экспериментально исследована вертикальная кольцевая литниковая система с определением скоростей и расходов жидкости в каждом питателе и во всей системе, причем питатели имеют разные площади поперечных сечений, расположены на разных уровнях, а в один из питателей жидкость поступает с двух сторон. При расчёте такой гидравлической системы с изменяющимся расходом жидкости использовали уравнение Бернулли, хотя оно получено в теории и проверено на практике для потока жидкости с постоянным расходом, т. е. для ЛС с одним питателем. Расчет основывается на получении заданной разницы давлений около нулевой точки в одном из питателей методом последовательных приближений. Получено хорошее соответствие опытных и расчетных данных. Повидимому, можно считать доказанной возможность использования уравнения Бернулли для сечений потока с разными расходами, по крайней мере, для литниковых систем.

#### 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 L-образной и комбинированной литниковых систем // Вестник ПГТУ. Машиностроение, материаловедение. – 2011. – Том 13. – № 2. – С. 85–102.
6. Васенин В. И., Богомягков А. В., Шаров К. В. Исследование комбинированной литниковой системы // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – Т. 14. – № 3. – С. 77–81.
7. 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. 184–194.
8. 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.
9. Vasenin V. I., Bogomyagkov A. V., Sharov K. V. Step gate investigation // Science and Education: materials of the III international research and practice conference, vol. I. – Munich: Vela Verlag, 2013. – P. 194–205.

10. Vasenin V. I., Bogomyagkov A. V., Sharov K. V. Investigation into a storey-shaped gating system with feeders of variable cross-section // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2014. – № 7–8. – P. 25–36.
11. Васенин В. И., Богомягков А. В., Шаров К. В. Исследование кольцевой литниковой системы // Литейное производство. – 2013. – № 4. – С. 12–15.
12. Vasenin V. I., Bogomyagkov A. V., Sharov K. V. Investigation into a ring-shaped gating system with feeders of variable cross-section // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2014. – № 9–10. – P. 42–56.
13. Чугаев Р. Р. Гидравлика. – М.: изд-во “Бастет”, 2008. – 672 с.
14. 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.
15. Васенин В. И., Богомягков А. В., Шаров К. В. Исследование влияния относительной длины питателя на характеристики литниковой системы // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. – 2013. – Т. 15. – № 2. – С. 48–52.
16. Васенин В. И., Васенин Д. В., Богомягков А. В., Шаров К. В. Исследование местных сопротивлений литниковой системы // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – Т. 14. – № 2. – С. 46–53.
17. Меерович И. Г., Мучник Г. Ф. Гидродинамика коллекторных систем. – М.: Наука, 1986. – 144 с.
18. Васенин В. И., Богомягков А. В., Шаров К. В. Исследования L-образных литниковых систем // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – Т. 14. – № 4. – С. 108–122.
19. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.

*Simonyan Misha Mamikon, D. T.Sc.*

*Balayan Vladimir Alexander, Ph.D.*

*Ghazaryan Nvard Edik, engineer*

*State Engineering University of Armenia,*

*Vanadzor Branch, Armenia*

*Faculty of Technology and Industrial Economics*

*E-mail: seuabal@yandex.ru, N. Ghazaryan@list.ru*

## **On methodology of experimental research of thermal, adhesive, and percussive phenomena with interrupted cutting**

**Abstract:** The article presents new methodologies of researching the thermal, adhesive, and percussive phenomena in order to identify their impact on the performance of the cutting wedge with interrupted cutting. The necessity of considering the requirements for transforming, recording and measuring equipment is also marked.

**Keywords:** interrupted cutting, temperature, adhesion, percussion, methodology

*Симонян Миша Мамиконович, д. т. н.*

*Балаян Владимир Александрович, к. т. н.*

*Казарян Нвард Эдиковна, инж.*

*Государственный инженерный университет Армении,*

*Ванадзорский филиал, Армения,*

*факультет технологии и отраслевой экономики,*

*E-mail: seuabal@yandex.ru, N. Ghazaryan@list.ru*

## **О методике экспериментального исследования температурных, адгезионных и ударных явлений при прерывистом резании**

**Аннотация:** В статье приведены новые методики исследования тепловых, адгезионных и ударных явлений с целью выявления их влияния на работоспособность режущего клина при прерывистом резании. Отмечена

необходимость учета требований, предъявляемых к преобразующей, регистрирующей и измерительной аппаратуре.

**Ключевые слова:** прерывистое резание, температура, адгезия, удар, методика.

В свете непрерывного роста объемов труднообрабатываемых материалов, станков с ЧПУ и лезвийной обработки в машиностроении, внедрения в производство новых инструментальных материалов, в том числе с различными износостойкими покрытиями, комплексное исследование основных факторов, влияющих на работоспособность инструмента: силы и температуры резания, адгезии, ударных явлений, и разработка научно-обоснованных рекомендаций по повышению стойкости инструмента, является актуальной задачей развития машиностроения. В настоящее время в литературе нет единого мнения о влиянии каждого из отмеченных факторов на работоспособность твердосплавного режущего клина при прерывистом резании, что, на наш взгляд, является следствием различных подходов и методик постановок экспериментальных исследований.

Важнейшими условиями получения достоверных результатов исследований работоспособности режущего твердосплавного инструмента в прерывистом резании являются четкая постановка задачи, выбор методики проведения исследований и рабочих характеристик преобразующей, регистрирующей и измерительной аппаратуры

Для измерения температуры режущего клина инструмента при прерывистом резании как в период рабочего, так и холостого ходов нами сконструирован

и изготовлен специальный составной резец, позволяющий в процессе резания обеспечить надежность контакта за счет большой жесткости конструкции [1, 5]. В качестве инструментальных материалов (термопар) были выбраны: для высоких скоростей (температур) резания — ВК8 и Т15К6; для низких и средних — ВК8 и Р18.

Точением, по схеме свободного резания, обеспечивалась полная идентификация условий работ двух режущих материалов. Для достоверной регистрации значений температур, изменяющихся в режиме реального времени, на различных этапах прерывистого резания, применена разработанная нами измерительная система, основанная на принципе работы и функционирования 16-разрядного однокристалльного микроконтроллера MSP430F149 с двумя УСАПП, АЦП и МПУ производства Texas Instruments. Блок-схема измерения температуры и измерительная аппаратура приведены в [2, 68]. При измерении и регистрации температуры каждый опыт состоял из 400 опросов и пяти циклов с длительностью каждого цикла в 0,6 с и одного опроса — 0,0075 с.

На рис. 1 приведены характеры изменения температуры во времени при резании и холостом ходе инструмента, записанные с применением составного резца.

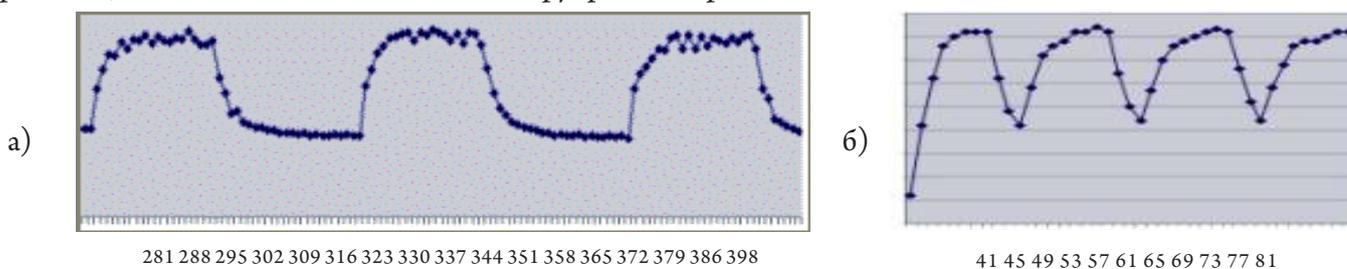


Рис. 1. Фрагменты изменения температуры во времени при прерывистом резании (нагревания во время рабочего хода и охлаждения во время холостого хода)

а)  $t_{\text{раб}}=0.15$  с,  $t_{\text{хол}}=0.18$  с; б)  $t_{\text{раб}}=0.0525$  с,  $t_{\text{хол}}=0.0225$  с.

Обрабатываемые материалы и инструмент: а) сталь 45 — ВК8; б) 12Х18 Н9 Т — ВК8.

Проведенные нами исследования тепловых и адгезионных явлений при прерывистой обработке материалов резанием показывает, что при обработке вязких материалов, тепловые процессы, протекающие на контактных площадках клина, оказывают сильное влияние на возникновение и развитие адгезионных явлений, и можно предположить, что как колебание температуры на этих площадках при холостых и рабочих ходах инструмента, так и их длитель-

ности окажут значительное влияние на адгезионный износ клина.

Известные данные по прерывистой обработке пластичных материалов подтверждают, что влияние адгезионных явлений связано в основном с выходом клина из контакта с приварившейся стружкой, однако сведения о наличии и влиянии адгезионных (застойных) явлений на работоспособность инструмента при его выходе из зоны резания с нулевой толщиной среза

недостаточны. В существующих литературных источниках отсутствуют также данные о влиянии адгезионных явлений на стойкость режущего твердосплавного клина в зависимости от продолжительностей рабочих и холостых ходов и их соотношений. Оценка роли адгезионного фактора (на фоне тепловых явлений)

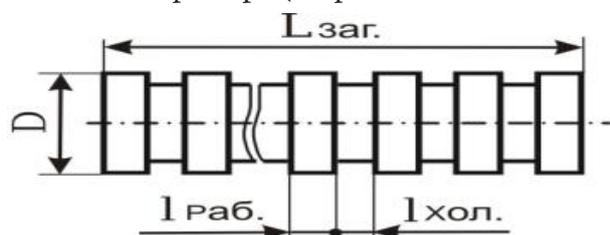


Рис. 2. Заготовка с кольцевыми канавками.

Формы заготовок, приведенные на рис. 2 и 3, позволяют исключить влияние условий входа и выхода инструмента из зоны резания (рис. 2), а также имитировать процессы врезания и выхода клина из контакта с заготовкой при попутном и встречном фрезеровании (рис. 3 — прерывистое точение рабочих шеек с прямым и обратным конусностями).

Варьирование длин путей резания, холостых ходов и их длительностей осуществляется изменением размеров кольцевых канавок и рабочих шеек обрабатываемых заготовок, а также подачи и частоты вращения

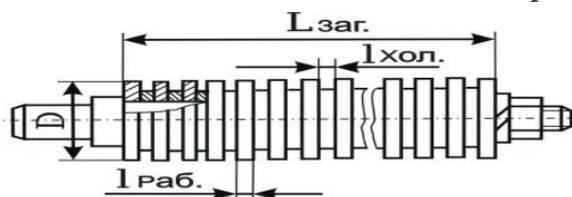
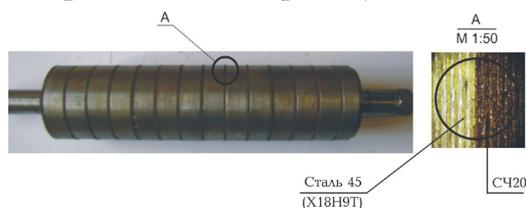


Рис. 4. Составная заготовка из тонких отшлифованных колец, собранные на оправке.

Для сравнения и оценки работоспособностей инструментов, работающих с одинаковыми режимами резания в условиях непрерывного и прерывистого точения, в экспериментах суммарная длина рабочих шеек стальных заготовок с кольцевыми канавками равняется рабочей длине целой балванки. В первой серии экспериментов сравниваются стойкости инструментов при постоянстве прочих условий.



Вопрос о наличии и влиянии ударных явлений на стойкость режущего клина в момент его началь-

но контакта с заготовкой, до последних лет, остается дискуссионным. Основная трудность эксперимен-



Рис. 3. Заготовки с кольцевыми канавками (с цилиндрическими или коническими рабочими шейками)

та шпинделя токарного станка. Методика допускает возможность исследования влияния длительностей рабочих и холостых ходов на стойкость режущего клина начиная от  $t_{\text{раб}} = 0,04$  с,  $t_{\text{хол}} = 0,01$  с до десятков секунд, в зависимости от конструктивных размеров обрабатываемых заготовок (рис. 4, 5).

Малые значения  $t_{\text{раб}}$  и  $t_{\text{хол}}$  обеспечивается обработкой отшлифованных тонких колец, собранных на оправке (рис. 5 и продольным строганием последовательно расположенных заготовок с различными интервалами между ними.



Рис. 5. Отшлифованные по выступам торца шеек пластины, собранные на оправке.

Во второй серии прерывистое точение производится обработкой составных заготовок из стали со вставками из серого чугуна СЧ20 на концах рабочих (обрабатываемых) шеек заготовки с обеспечением постоянства длительностей рабочих и холостых ходов, как и при обработке в первой серии. Толщина вставляемых промежуточных чугунных колец-очистителей составляет 0,6 ... 1,5 мм (рис. 6).

Рис. 6. Составная заготовка для непрерывной и прерывистой обработки.

го контакта с заготовкой, до последних лет, остается дискуссионным. Основная трудность эксперимен-

тального изучение явления удара состоит в том, что вследствие кратковременности протекания процесса удара к частотным характеристикам аппаратуры для регистрации этих процессов предъявляются жесткие требования [5, 73].

Применение динамометра при измерении сил позволяет повысить достоверность результатов исследований. Основным условием применения динамометра при исследовании динамической силы в момент первоначального контакта клина с заготовкой является условие превышения его собственной частоты колебаний ( $\nu_0$ ) над измеряемой частотой ( $\nu$ ):  $\nu_0/\nu \geq 5$  [6, 54].

При низких скоростях резания, при строгании и точении в качестве преобразователя механических параметров удара нами применен универсальный трехкомпонентный динамометр ВНИИ УДМ-1200, собственная частота которого  $\nu_0 \approx 1000$  Гц, а собственная частота динамометра 2 КДФ1, используемого при фрезеровании,  $\nu_0 \approx 700$  Гц. При этом было соблюдено условие превосходства собственной частоты колебаний динамометров над измеряемой частотой. При высоких скоростях резания (например при торцевом фрезеровании) частота изменения динамической силы в момент врезания клина резко увеличивается и для ее определения разработана специальная методика с применением высокочастотного датчика ускорения и динамометра [6, 54].

Для достаточной чувствительности записи сигналов от тензорезисторов в измерительный тракт вводят усилители и регистрирующие устройства, требования к которым зависят от частотной характеристики измеряемого процесса. Измерительная аппаратура представляет собой полосовой фильтр с нижней ( $f_H$ ) и верхней ( $f_B$ ) границами частот и запись сигнала бывает удовлетворительной при усло-

вии  $f_H < 1/T < f_B$ , где  $T$  — длительность удара [7, 386]. Максимальная и минимальная частоты, пропускаемые прибором с 5%-ным ослаблением определяются выражениями [7, 387]:

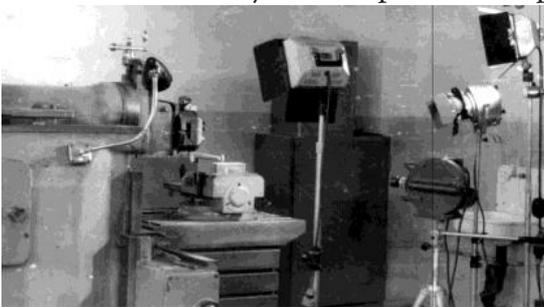
$$f_{5\%} > 5/T, f_{5\%} < 1/40T \quad (1)$$

Если сигнал с выхода усилителя непосредственно подается на пластины катодного осциллографа, то осциллограф не вносит дополнительные искажения. Время врезания инструмента в заготовку при прерывистом резании  $t_{ep} = 10^{-4} \dots 1$  с. [8, 152], поэтому для регистрации и измерения динамической силы надо применять измерительную аппаратуру с полосой пропускания 0,25...50 кГц (зависимости 1). Для определения силы удара, скорости, ускорения и перемещений ударяемого тела наиболее рекомендованным является высокочастотный пьезодатчик ускорения. Собственная частота акселерометра должна удовлетворять условию [9, 234]:

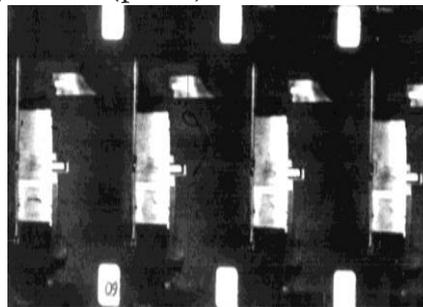
$$f_0 \geq \pi/4\eta \cdot \tau, \quad (2)$$

где  $\eta$  — относительная погрешность акселерометра. Удовлетворительная точность записи ускорений достигается при  $\eta = 0,5 \dots 0,9$  [9, 234].  $\tau$  — передний фронт, т.е. время достижения максимального ускорения, которое по значению равно  $\tau = t_{ep} = 10^{-4} \dots 1$  с., т.е. имеем  $f_0 \approx 8 \dots 15$  кГц. Исходя из вышеизложенного для переходного процесса в исследуемом диапазоне скоростей использованы акселерометры ИПА-10В с  $f_0 \geq 5,5$  кГц и ИС-312 с  $f_0 \leq 20$  кГц.

Определение падения скорости резания в переходном процессе врезания режущего клина в заготовку, осуществлено скоростной фоторегистративной камерой СКС-1М с частотой съемки 4000...8000 кадр/с. Оценка изменения скорости врезания проведена обработкой кинограмм с помощью ММИ-2 (рис. 7).



а)



б)

Рис. 7. Аппаратура скоростной кино съемки (а) и фрагмент кинограммы (б)

В качестве регистрирующего прибора нами использован двухлучевой запоминающий осциллограф типа С8-2, отвечающий всем требованиям, предъявляемым к аппаратуре для измерения быстропротекающих процессов.

На рис. 8 приведены некоторые характерные осциллограммы изменения сил резания и ускорений, полученные в результате проведенных нами экспериментальных исследований процесса прерывистой обработки материалов резанием.

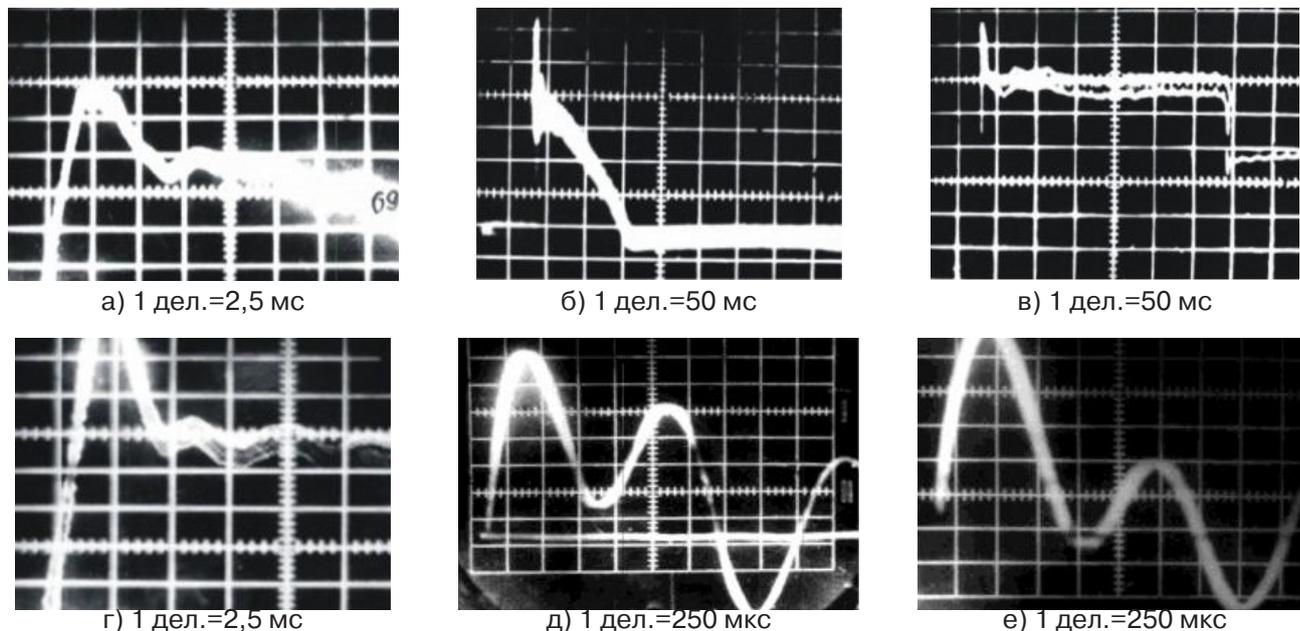


Рис. 8. Характерные осциллограммы изменения сил резания (а — г) и ускорений (д, е) при фрезеровании (а, б, д, е) и строгании (в, г)

Разработанная методика позволяет определять и исследовать отдельно друг от друга влияние тепловых, адгезионных и ударных явлений на износ

и разрушение режущего твердосплавного клина при прерывистом резании.

#### Список литературы:

1. Симонян М. М., Кочарян К. С. Составной резец. Промышленная собственность. Официальный бюллетень. Ереван 2009, – № 3 (59), стр. 96 (Патент РА, № 2253А).
2. Симонян М. М., Балаян В. А., Навоян М. О., Казарян Н. Э. Исследование тепловых явлений при прерывистом резании. MATERIAŁY X MIĘD ZYNARODOWEJ NAUKOWI-PRAKTYCZNEJ KONFERENCJI. STRATEGICZNE PYTANIA ŚWIATOWEJ NAUKI – 2014 07–15 lutego 2014 roku. Volume 35. Techniczne nauki. Przemysł. Nauka i studia 2014. стр. 66–69.
3. Симонян М. М., Кочарян К. С. Образец для исследования процесса прерывистого резания. Промышленная собственность. Официальный бюллетень. Ереван 2009, – № 3 (59), стр. 96 (Патент РА, № 2254А).
4. Симонян М. М., Балаян В. А., Кочарян К. С. Влияние адгезии на работоспособность твердосплавного инструмента при выходе из зоны резания с нулевой толщиной среза. //Вестник машиностроения.- М.- 2010.- № 9. – С. 62–65.
5. Коротких М. Т. Измерение ударных нагрузок на лезвие инструмента при прерывистом резании//Металлообработка.- Санкт-Петербург. 2001. № 1.–С. 72–74.
6. Симонян М. М. Исследование динамики силового и теплового воздействий на твердосплавный инструмент при прерывистом резании//Вестник машиностроения. – М.- 2004. № 12. –С. 54–56.
7. Пономарев С. Д., Бидерман В. Л. и др. Расчеты на прочность в машиностроении.- М.: Машгиз, 1956. Т. 1, – 886 с.
8. Подураев В. Н. Резание труднообрабатываемых материалов. – М.: Высшая школа, 1974. –590 с.
9. Батуев Г. С., Голубков Ю. В. и др. Инженерные методы исследования ударных процессов. – М.: Машиностроение, 1977. – 240 с.

*Kuklina Irina Gennadyevna*  
*cand. aquellos. Ciencias, Profesor Asociado Universidad Técnica*  
*de Nizhny Novgorod Estado. R. E. Alexeyev, la Federación de Rusia, Nizhny Novgorod*  
*E-mail: istkuklina@rambler.ru*

## La Dinámica de terreno Máquinas

### Resumen

Máquina de tornillo rotativo, desarrollado en Rusia como un medio de transporte con cruz alta en las zonas nevadas y pantanosas.

Sin embargo, esta técnica es indispensable en las regiones áridas del mundo. Si la hélice hecha de un material refractario, se requiere la máquina para los estudios de comportamiento de volcanes activos.

La singularidad de los procesos de asentamiento de máquinas con hélices, rotores geoméricamente la dependencia lineal de la suspensión trasera frente de activación y.

Palabras clave: dinámica de máquinas, máquina de tornillo rotativo, suspensión visco-elástica.

El propósito de esta investigación es desarrollar una metodología para calcular las fluctuaciones espaciales de máquinas con rotores.

Suspensión viscoelástica reduce significativamente las máquinas de ruido y vibraciones.

Suspensión Visco-elástica convierte las cargas

dinámicas para el movimiento interior del entorno de trabajo y muelle del amortiguador hidráulico.



Fig. 1. Capacidades de la máquina en el estudio de la lava volcánica.

A principios de atornillador rotatorio realiza con sistema de suspensión rígida.

Como parte de la investigación [3, 4], ha propuesto la construcción de la máquina de tornillo rotativo con la suspensión viscoelástico original [5, 6].

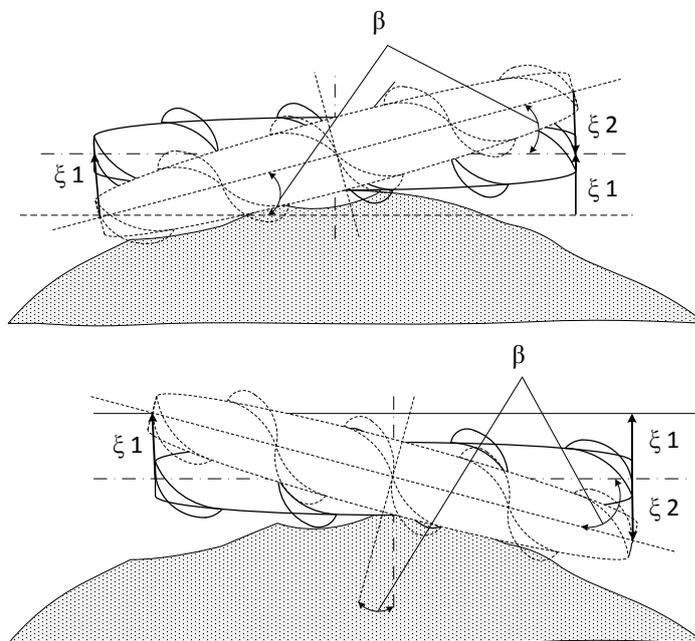


Fig.2. La dependencia de los parámetros geométricos de los rotores.

Establece el patrón de interacción con el entorno exterior de la máquina, teniendo en cuenta la dependencia lineal de la activación de la máquina suspensiones delanteras y traseras.

Este efecto es única sólo para máquinas con hélices, rotores.

La linealidad de la superficie de apoyo de contacto y los rotores mostrados en la fig. 1.

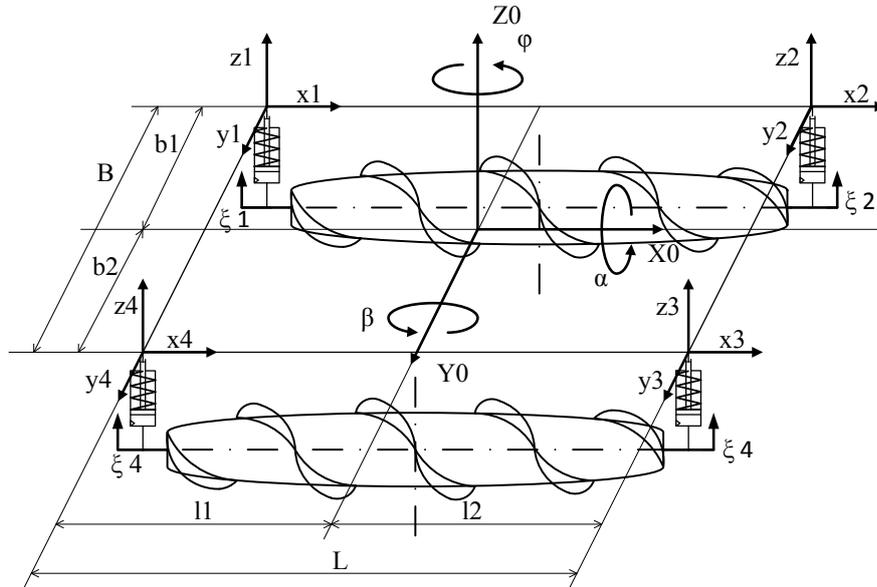


Fig. 3. Tres masa del sistema atornillador rotatorio vibración.

Tres masa vibrante sistema de la máquina de tornillo rotativo es: sólo un cuerpo auto, tornillo rotores, sistema de visco-elástica.

Coordenadas  $x, y$  y  $z$  muestran el movimiento del cuerpo con respecto a la hélice de rotores.

Coordina  $\xi$  denotan los motores movimiento toda la superficie de apoyo.

Coficiente de resistencia de los amortiguadores y rigidez del resorte  $k, C_{p3}$  incluido en el esfuerzo de cálculo en la suspensión.

Las fuerzas verticales sobre la acción áspera tráfico rodado transmiten a través de los elementos elásticos de carrocería y amortiguadores en la Fig. 3.

Hay una elección de coordenadas que describen la posición de las masas no suspendidas arqueadas y en las fluctuaciones.

En el estudio de la carrocería es recomendable elegir las coordenadas  $Z_0, \varphi, X_0, \alpha, Y_0, \beta$  es decir, moviendo el centro de gravedad de la pieza de salto y su ángulo de rotación.

Pero también es necesario tener en cuenta:

$z_1, z_2, z_3, z_4$  — las coordenadas del punto de movimiento del cuerpo por encima del eje del arco o traseros de montaje hélices-rotores

$x_1, x_2, x_3, x_4$  — coordenadas de los desplazamientos longitudinales horizontales de puntos del cuerpo de la nasal o montajes hélice del rotor trasero

$y_1, y_2, y_3, y_4$  — coordenadas de los desplazamientos transversales horizontales de puntos del cuerpo de la nasal o montajes hélice del rotor trasero

Derivamos la relación entre el desplazamiento paralelo vector  $\bar{z}_1, \bar{z}_2, \bar{z}_3, \bar{z}_4$  y el sistema resultante —  $\bar{Z}_0$  Fig. 3:

$$Z_0 = \frac{\sum l_i z_i}{\sum l_i} \quad (1).$$

Resulta las dependencias del sistema de parámetros geométricos de la masa suspendida de la máquina juntos:

$$\left. \begin{aligned} \bar{Z}_0 &= \frac{1}{2L} [(\bar{z}_2 l_2 - \bar{z}_1 l_1) + (\bar{z}_3 l_2 - \bar{z}_4 l_1)] \\ \varphi &= \frac{1}{B} [(\bar{x}_4 - \bar{x}_1) + (\bar{x}_3 - \bar{x}_2)] + \frac{1}{L} [(\bar{y}_1 - \bar{y}_2) + (\bar{y}_4 - \bar{y}_3)] \\ \bar{X}_0 &= \frac{1}{B} [(\bar{x}_4 b_2 - \bar{x}_1 b_1) + (\bar{x}_3 b_2 - \bar{x}_2 b_1)] \\ \alpha &= \frac{1}{B} [(\bar{z}_1 - \bar{z}_4) + (\bar{z}_2 - \bar{z}_3)] \\ \bar{Y}_0 &= \frac{1}{L} [(\bar{y}_1 l_1 - \bar{y}_2 l_2) + (\bar{y}_4 l_1 - \bar{y}_3 l_2)] \\ \beta &= \frac{1}{L} [(\bar{z}_2 - \bar{z}_1) + (\bar{z}_3 - \bar{z}_4)] \end{aligned} \right\} \quad (2).$$

Las fluctuaciones máquinas de rotor se fijan elemento móvil  $\bar{\xi}_1, \bar{\xi}_2, \bar{\xi}_3, \bar{\xi}_4$ .

Mover los puntos extremos de los rotores son linealmente dependientes entre sí.

Cuando una colisión con un obstáculo máquina funciona no sólo la suspensión delantera, pero la fuerza se transmite a la carcasa del rotor en la suspensión trasera.

Los valores de  $\bar{\xi}_2, \bar{\xi}_3$  afectan a la magnitud de los desplazamientos  $\bar{\xi}_1, \bar{\xi}_4$  Fig. 3.

La dependencia lineal de desplazamiento de los puntos extremos de los rotores se muestra en el sistema de ecuaciones 3.

$$\left. \begin{aligned} \bar{\xi}_1 &= \sin \beta \cdot L - \bar{\xi}_2 \\ \bar{\xi}_4 &= \sin \beta \cdot L - \bar{\xi}_3 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \bar{\xi}_2 &= \sin \beta \cdot L - \bar{\xi}_1 \\ \bar{\xi}_3 &= \sin \beta \cdot L - \bar{\xi}_4 \end{aligned} \quad (3).$$

Para derivar las ecuaciones de la dinámica aplica una fuerza  $Z_n, X_n, Y_n$  actúa sobre la masa de la máquina (Fig. 2).

Fuerza  $Z_n$  transmitida a través de la suspensión consta de dos términos:  $Z_p$  — desde el elemento elástico y  $Z_a$  — desde el amortiguador.

Fuerza  $Z_n, X_n, Y_n$  sustituir la acción de la suspensión, y el valor de su interdependencia.

Un sistema de ecuaciones 4 dependencias de las fuerzas dinámicas.

$$\left. \begin{aligned} Z_{n1} &= 2C_{p1}(z_1 - \xi_1) + 2k_1(\dot{z}_1 - \dot{\xi}_1); & Z_{n2} &= 2C_{p2}(z_2 - \xi_2) + 2k_2(\dot{z}_2 - \dot{\xi}_2); \\ Z_{n3} &= 2C_{p3}(z_3 - \xi_3) + 2k_3(\dot{z}_3 - \dot{\xi}_3); & Z_{n4} &= 2C_{p4}(z_4 - \xi_4) + 2k_4(\dot{z}_4 - \dot{\xi}_4); \\ X_{n1} &= Z_{n1} \tan \beta; & X_{n2} &= Z_{n2} \tan \beta; & Y_{n1} &= Z_{n1} \tan \alpha; & Y_{n2} &= Z_{n2} \tan \alpha; \\ X_{n3} &= Z_{n3} \tan \beta; & X_{n4} &= Z_{n4} \tan \beta; & Y_{n3} &= Z_{n3} \tan \alpha; & Y_{n4} &= Z_{n4} \tan \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Ecuaciones diferenciales oscilaciones está utilizando ecuaciones de Lagrange.

Para suspendida y no suspendida masa  $M$  y  $m_{1,2}$  sistema de salida de equilibrio ecuaciones 5.

$$\left. \begin{aligned} &\left( m\ddot{\xi}_1 - 2C_{p1}[z_1 - \xi_1] - 2k_1[\dot{z}_1 - \dot{\xi}_1] \right) + \\ &+ \left( m\ddot{\xi}_2 - 2C_{p2}[z_2 - \xi_2] - 2k_2[\dot{z}_2 - \dot{\xi}_2] \right) = H_z(t); \\ &\left( m\ddot{\xi}_4 - 2C_{p4}[z_4 - \xi_4] - 2k_4[\dot{z}_4 - \dot{\xi}_4] \right) + \\ &+ \left( m\ddot{\xi}_3 - 2C_{p3}[z_3 - \xi_3] - 2k_3[\dot{z}_3 - \dot{\xi}_3] \right) = H_z(t) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Las ecuaciones de movimiento para un sistema de coordenadas (Fig. 2, Fig. 3) se obtienen utilizando las fórmulas 3 y 4 sistemas.

Las expresiones  $Z_n$  para las coordenadas registradas  $z_1, z_2, z_3, z_4$ .

Después de sustituir estas expresiones en las ecuaciones diferenciales de equilibrio están sistema de ecuaciones diferenciales 5 y 6 obtenido.

Ecuaciones 6 cálculo más completa y concreta de los desplazamientos (lineales y angulares) piezas de la máquina de tornillo rotativo.

(6)

El sistema de ecuaciones 6 describe la dinámica activan mecanismos de suspensiones viscoelásticas.

Fuerza, horizontal  $X$  e  $Y$ , a través de la ecuación de trigonometría se indican a continuación a la fuerzas verticales  $Z$ .

$H_z(t), H_x(t), H_y(t)$  — las fuerzas transmitidas a través de la suspensión elástica viscoso en la carrocería del vehículo, desde el impacto de la superficie de apoyo cuando se mueve la máquina.

$M_\varphi(t), M_\alpha(t), M_\beta(t)$  — momentos transmitidos a través de una suspensión elástica viscoso en la carrocería del vehículo, desde el impacto de la superficie de apoyo al mover la máquina..

Sistemas de ecuaciones 5 y 6 producido por métodos numéricos problemas, si los valores de la oscilación.

Valores derivados empíricamente de la frontera  $z_1, z_2, z_3, z_4, Z_0, X_0, Y_0, \varphi, \alpha, \beta, \xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4$ .

Establezca los parámetros de la máquina ( $L$  y  $B$ ), y debe determinar los coeficientes de choque resistencia  $k_1, k_2, k_3, k_4$  y la rigidez de los elementos elásticos  $C_{p1}, C_{p2}, C_{p3}, C_{p4}$ .

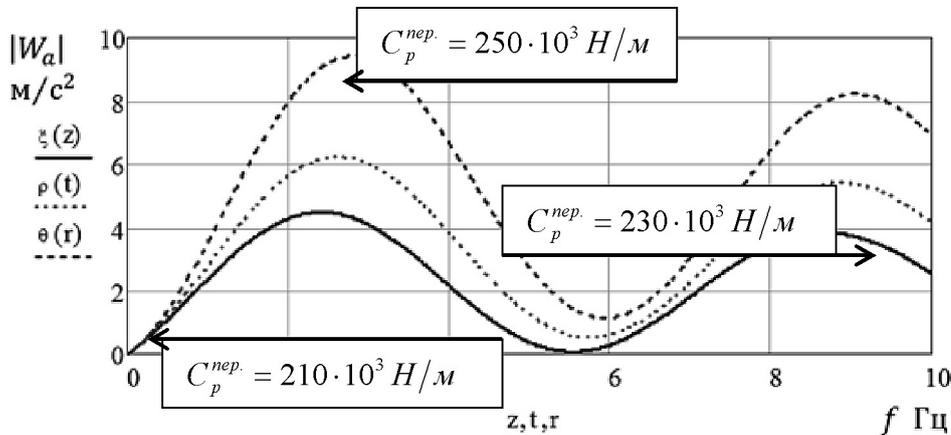


Fig. 4. La respuesta de frecuencia para diferentes valores de la rigidez de los elementos elásticos.

Después de pasar la solución exacta del sistema 6, el método numérico se puede encontrar o  $k C_p$ .

Acepte los términos de la simetría geométrica de las máquinas rotativas de tornillo y características de uniformidad completos de suspensión viscoelástica.

Llevar a cabo operaciones matemáticas permite que el sistema de ecuaciones 5 y 6 a la forma de sistemas de ecuaciones diferenciales 7 y 8.

Sistema Generalizado de ecuaciones diferenciales toman la forma de la masa no suspendida:

$$\left. \begin{aligned} m(2\ddot{\xi}_1 + \sin \beta / L) + 2k(2\xi_1 - (z_1 + z_2) + \sin \beta / L) + \\ + 2C_p(2\xi_1 - (z_1 + z_2) + \sin \beta / L) = H_z(t); \\ m(2\ddot{\xi}_4 + \sin \beta / L) + 2k(2\xi_4 - (z_4 + z_3) + \sin \beta / L) + \\ + 2C_p(\xi_4 - (z_4 + z_3) + \sin \beta / L) = H_z(t). \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Y el cuerpo de la máquina surgido:

$$\left. \begin{aligned} MZ_0 + 2k(\dot{z}_1 + \dot{z}_2 + \dot{z}_3 + \dot{z}_4) - 2k(\dot{\xi}_1 + \dot{\xi}_2 + \dot{\xi}_3 + \dot{\xi}_4) + \\ + 2C_p(z_1 + z_2 + z_3 + z_4) - 2C_p(\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4) = H_z(t); \\ M\rho_z^2 \ddot{\alpha} + 2C_p b(z_1 + z_2 - z_4 - z_3) - 2C_p b(\xi_1 + \xi_2 - \xi_4 - \xi_3) + \\ + 2kb(\dot{z}_1 + \dot{z}_2 - \dot{z}_4 - \dot{z}_3) - 2kb(\dot{\xi}_1 + \dot{\xi}_2 - \dot{\xi}_4 - \dot{\xi}_3) = M_\alpha(t) \\ M\rho_z^2 \ddot{\beta} + 2C_p l(z_1 + z_4 - z_2 - z_3) - 2C_p l(\xi_1 + \xi_4 - \xi_2 - \xi_3) + \\ + 2kl(\dot{z}_1 + \dot{z}_4 - \dot{z}_2 - \dot{z}_3) - 2kl(\dot{\xi}_1 + \dot{\xi}_4 - \dot{\xi}_2 - \dot{\xi}_3) = M_\beta(t) \end{aligned} \right\} (8)$$

Cálculo de los sistemas de ecuaciones diferenciales se llevó a cabo en el programa de cálculos matemáticos avanzados MathCAD, para resolver el problema de Cauchy.

El resultado de la decisión obtenido respuesta de frecuencia viscoelástica suspensión.

Las características de amplitud de frecuencia muestran en la Fig. 4 para diferentes valores de la tasa de resorte y los coeficientes de resistencia al choque.

El resultado de los cálculos desarrollados modelos matemáticos fueron la AFC, RVM suspensión viscoelástica.

Las amplitudes posibles cuadros de estudio para determinar la influencia de los parámetros de diseño de la máquina y la suspensión viscoelástica en el valor de la aceleración de la carrocería en los puntos de estudio e identificar valores numéricos racionales de las características viscoelásticas de la suspensión.

### Referencias:

1. Amortiguadores de vibraciones hidráulicos adaptables//Una patente de modelo de utilidad № 127847 PΦ. MKИ F16 F9/53/Gordeev B. A., Gorsky V. P., Kuklina I. G. [al Et.].
2. Amortiguadores de vibraciones hidráulicas//Una patente de modelo de utilidad № 132848 PΦ. MKИ F16 F13/10, F16 F5/00, F16 F9/10. Kuklina I. G.
3. Kuklina I. G. Evaluación de las vibraciones de la máquina de tornillo rotativo dentro de los parámetros de su suspensión y propulsión contacto lineal con el suelo/I. G. Kuklina, A. P. Kuliashof//Máquinas de construcción y carreteras. – 2011. – № 7. – p. 45–52.
4. Kuklina I. G. Elementos de Kelvin-Voigt en el estudio de la dinámica de máquinas especiales//Revisión Científica. – 2013. – № 4. – p. 59–67.
5. Un vehículo con cruz alta//St. Para un modelo de utilidad № 15185 PΦ. MKИ B63 D57/00, B60 F3 /00/Kuliashof A. P., Kuklina I. G. [al Et.].
6. Un vehículo con cruz alta. Una patente de modelo de utilidad № 134896 PΦ. MKИ B62 D57/036, B60 F3. Kuklina I. G.
7. Vibrador ultrasónico Fase//Patente № 2472109 RU. MKИ G01 B17/00/Gordeev B. A., Kuklina I. G., Golubeva K. V. [al Et.].

## Section 6. Medical science

*Poplavskaya Olga, Volgograd State Medical University,  
Teaching Assistant of the department for Psychiatry, Narcology and  
Psychotherapy with the Course of Doctors Improvement Faculty,  
Candidate of Medical Science,  
E-mail: poplavok9@rambler.ru*

*Ioannidi Daria, Volgograd State Medical University,  
Resident of the department for Psychiatry,  
Narcology and Psychotherapy with the Course of Doctors Improvement Faculty  
E-mail: Darien2@rambler.ru*

### Problems of social services persons with mental disorders in Russia

**Abstract:** The article is devoted to the problem of applicable federal legislation, concerning the interaction between outpatient psychiatric services and social services, providing social care for mentally disabled people.

**Keywords:** mental disability, social care, outpatient psychiatric care.

The statistics show every year in Russia, the number of people with disabilities due to mental disorders is increasing, 60% of those with disabilities of working age, more than 80% live in families, improving their social functioning and quality of life is one of the most important areas of state policy [1, 5; 2, 50]. Understanding of preference and more effective of outpatient mental health services is increasing and support in the community of people with disabilities as well, compared with long-term stay in closed institutions, leading to the loss of social skills, excessive restrictions and reducing in opportunities of rehabilitation, that is often associated with violation of human rights [8, 3; 10, 253].

The social character of psychiatry necessitates discussions on measures to improve the quality of mental health and social care for patients with mental disorders, involving a broad range of specialists [3, 4; 7, 10; 9, 105; 11, 146].

Work of outpatient mental health services in the maximum extent is linked with social services, however, there remains insufficiently developed mechanisms of their interaction. Patients in neuropsychiatric dispensaries who are disabled due to a mental disorder are usually faced with a significant number of unresolved problems in the social area (housekeeping, rational distribution of often poor funds, the organization of employment and leisure activities). For these patients the problem of loneliness, lack of development of social networks is very acute, the existing problems in the

social area come to the fore (lack of documentation, unregistered facilities, utility debts), high demand for legal advice. Range of tasks supporting social work ranges from restoring basic skills for independent existence (hygiene practices, and self-service, housekeeping, use of transport, budget allocation, structuring of activities during the day) to overcoming the shortage of social skills, that are important for social functioning [8, 4; 11, 148; 13, 40].

Numerous scientific studies have shown that patients receiving high-quality social services become more compliance and as a result, reduced severity of psychiatric symptoms and the need for hospitalization, which allow resocialise patients, alleviate exacerbations of the disease, include patients in community life. At the same time, there is less pressure on the family for the care of a sick relative [8, 3; 11, 147].

When it is necessary to solve different social problems, patients and their families appeal to psychiatrist for medical aid, who is forced to deal with all the problems of their patients, either directly providing health services and social support, assistance in family, housing, legal and other issues that go far beyond the competence of the doctor. Undoubtedly, the quality of mental health care is higher if it is complex, with a team of experts — psychiatrists, psychologists, social workers, social educators. Multiprofessional approach — one of the generally recognized principles of mental health care at present [1, 9; 7, 8; 10, 12].

Using the qualitative method of sociology of medicine case-study classified the situation occurring in the provision of mental health care. We analyzed 73 cases. For the application of the method case-study is the selection of an exemplary embodiment in each individual case is the main aim.

Psychosocial interventions should be carried out in close collaboration with outpatient psychiatric services. However, the current legislation does not provide an effective mechanism for the interaction of neuropsychiatric dispensaries and services of social services in the provision of social services to people with mental disorders. Thus, according to Article 18 of the Federal Law of August 2, 1995 N122-FL "The social services for the elderly and people with disabilities" (the Federal Law № 122-FL), procedure and conditions of socio-medical care at home are determined by the executive authorities of the Russian Federation [5, 3198]. In pursuance of this provision, first joint order of the Office of Social Security of the Volgograd Region Administration and the Committee on Public Health Administration of the Volgograd region was issued from September 21, 2007 NN942 464 "The collaboration of outpatient health care facilities and public institutions of social of social services is to improve the health and social care for elderly people and people with disabilities at home" [4]. But this order did not establish the mechanism of interaction between health care and social services on this subject, limited to only certain general provisions relating to the promotion of one other service. There is no such mechanism in the new order of Ministry of Health of the Volgograd Region November 19, 2013 № 3132 and the Ministry of Social Protection of the Volgograd Region November 21, 2013 № 1167 «On approval of the interagency cooperation on issues related to the provision of senior citizens and the disabled state social service agencies for social services Volgograd region» [6].

The mechanism of interaction between the two services (outpatient mental health and social) is not established as well as in the state standard of social services of the Volgograd area "Socio-medical rehabilitation of the elderly and people with disabilities in non-stationary conditions," approved by the Order of the Ministry of Social Protection of the Volgograd Region 4 June 2012 N343 [12]. In addition, the current legislation leaves unanswered some issues related to the provision of citizens with mental illness, social services at home. For example, Article 18 of the Federal Law № 122-FL provides the possibility of social and medical care at home, which may be exercised in respect of the elderly and people with disabilities who need home-care

services, including with mental disorders (in remission) (with the exception of the diseases mentioned in the fourth part of Article 15 of the Federal Law № 122-FL). At the same time 4 part 15 of the Act, it is found that senior citizens and the disabled, who can have a severe mental disorder requiring treatment in specialized health care facilities, may be denied an access to social services at home [5, 3198]. Thus, the law establishes that the socio-medical home care services for senior citizens and people with disabilities, mental health problems, may be exercised only in finding them in remission. Moreover, the current legislation provides that senior citizens and people with disabilities may be denied in the socio-medical care at home, if they have a severe mental disorder requiring treatment in specialized health care, regardless of their remission. However, the law does not prohibit the provision of such citizens, and provides them the right to refuse in providing of services to the socio-medical care, leaving the implementation of such rights at the discretion of social services. Use of these provisions in practice has a direct impact on the rights of citizens with mental disorders, as these norms establish the possibility of home care of individuals suffering from mental disorders. Moreover, if Article 15 of the Federal Law under consideration, determines that the denial of social services at home for senior citizens and people with disabilities, mental disorders, is confirm by the conclusion of a joint body of social protection and medical and health care advisory committee, so on the basis of document or manner determined by finding the citizen with a mental disorder, in remission, the current legislation does not set. At the same time, being a citizen in remission or subacute state of mental disorder may be relevant to the giving or denial of social services at home to citizens suffering from mental disorders.

The complexity of the application of the above rules of law may be illustrated by the following example. The patient G. from 1985 is observed in the psychoneurological dispensary about chronic mental illness. During the disease was permanently treated once in 1989 in inpatient hospital, since 2002 does not accept drugs, has a disability in mental illness. In connection with the medical condition, the patient a few years ago had surgery — amputation of his right leg at the level of the lower third of the thigh. Regional guardianship agencies asked the court about the recognition G. incapacitated due to mental illness. However, the judge did not find the arguments about the impossibility of the patient to understand the significance and control her actions convincing, G. was

declared incapacitated. Thus, patient G. was in a situation, where she needed social support. It should be noted, that the patient's mental illness is clinically expressed only in human thinking. She, in a special way, ornately was building inferences, in fellowship was intrusive and suspicious of people. At the same time she did not have aggressive tendencies, active delusional production. Nevertheless, G. caused ambiguous relation by social workers, as always a few calls to the establishment of the Department of Social Protection in detail figured out the identity of the employee who came to her, with himself thoroughly assistant, citing the current legislation, discussed the normal number of cooked meals, of cleaning the apartment, grocery shopping. Therefore, in every possible case, social workers tried to find a reason not to give her in-home services. Every month in neuropsychiatric institution of the place of residence G. sent letters to attract the district attention of psychiatrist for the issuance of a negative conclusion of the medical commission of the need of socio-medical care and home care. However, according to Article 15 of Federal Law № 122-FL, contraindications of the psychiatric disease were out.

This case is one of the examples, where the presence of a mental disorder can not be an automatic contraindication to social services at home. Although, the patient is disabled by mental illness, her mental disorder is can not be considered as severe and require treatment in a specialized institution. At the same time, it is clear, that the difficulties encountered by the expert of social services, not having sufficient knowledge and skills to communicate with patients with mental health. Through ignorance of the laws of development and manifestations of mental disorders, many social workers are afraid of patient, expecting of him any inadequate response, including illegal actions. Social worker, received theoretical and practical skills of working with persons with mental disorders, whom explained features of the medical, ethical and legal aspects of care for the mentally ill patient, would experience less difficulty in dealing with this patient. A trained specialist can perform additional special psychosocial activities (skills training for independent living, psychoeducational program with elements of cognitive training, training of social and communication skills), which can significantly enhance the ability to assist the mentally ill with disabilities.

There are cases, where social services at home receives a citizen, living with a mentally ill relative. At the same time social services refer to a mental hospital for a

“resolution” for further service of the citizen, considering that sick relative can be dangerous for the social worker. Such situations are not regulated by current legislation. It turns out, that it is impossible to determine the reasons for limiting the right to receive social services at home citizen, based on the mental state of living with his family members.

Thus, the problems associated with the issues of interaction of outpatient mental health services and social services may include: lack of a clear legal mechanism for the interaction of medical and social services, lack of training, education and prejudice against a social service professionals to work with persons with mental disease. This points to the need to improve existing legislation, such as the inclusion in the Federal Law № 122 [5, 3198] special rules, which clearly define the conditions and regulatory features of social assistance at home to citizens suffering from mental disorders. In addition, at the level of the Volgograd region it is necessary to adopt a legal act, regulating the procedure and conditions for socio-medical care at home. Such order should contain a clear mechanism for interaction hospital staff and social services with specific measures of interaction, the timing of certain actions within the framework of this cooperation and containing features providing social-medical home care of persons suffering from mental illnesses or people living with the persons with mental disorders.

It is necessary to create a separate specialized service, or a new division of the existing social services, consisting of medical workers (psychiatrists), adequately trained professionals in social work and social workers, functioning on a territorial basis. Therefore, it is necessary to establish a system of targeted training and retraining of staff of social workers for mental health. Also existing legal regulation of social care to patients with mental disorders should be supplemented with rules, regulating the activities of organizations, that are based on private ownership.

Commitment to the partner multiprofessional approach in providing mental health and social care for people with mental illness, with the creation of a broad coalition, including patients, their families, doctors and social workers, the understanding of high priority of the patients needs and their environment, the development of clear methods of interaction between different participants in the process, the ability to take timely necessary changes, will be key to improving the quality of life of one of the most unprotected categories of people — the mentally ill people with disabilities.

**References:**

1. Гурович И. Я. Состояние психиатрической службы в России: актуальные задачи при сокращении объема стационарной помощи//Социальная и клиническая психиатрия. 2012. Т. 22. № 4. С. 5–9.
2. Замятина И. И., Левкин Р. В., Поплавская О. В. Взаимодействие органов опеки и попечительства с амбулаторной психиатрической службой при назначении опекуна (попечителя)//Социальное и пенсионное право. 2013. № 4. С. 4–8.
3. Замятина И. И., Поплавская О. В., Черная Н. А. Клинико-эпидемиологические и социальные аспекты оказания амбулаторной психиатрической помощи недееспособным лицам в Волгограде//Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2013. № 3 (47). С. 50–53.
4. О внесении изменений и дополнений в Приказ Комитета по здравоохранению и Управления социальной защиты населения Администрации Волгоградской области от 21 сентября 2007 г. № 942/464 «Об организации совместной работы амбулаторно–поликлинических учреждений здравоохранения и государственных учреждений социального обслуживания населения по совершенствованию медико–социальной помощи престарелым гражданам и инвалидам на дому»: Приказ Комитета по здравоохранению Администрации Волгоградской области № 1122, Управления социальной защиты населения Администрации Волгоградской области № 405 от 2 июля 2008 г. //Волгоградская правда. 2008. 20 августа.
5. О социальном обслуживании граждан пожилого возраста и инвалидов: Федеральный закон от 2 августа 1995 г. № 122-ФЗ//Собрание законодательства РФ. 1995. № 32. Ст. 3198.
6. Об утверждении порядка межведомственного взаимодействия по вопросам, связанным с предоставлением гражданам пожилого возраста и инвалидам социального обслуживания государственными учреждениями социального обслуживания населения Волгоградской области: Приказ Министерства здравоохранения Волгоградской области от 19 ноября 2013 г. № 3132 и Министерства социальной защиты населения Волгоградской области от 21 ноября 2013 г. № 1167//Волгоградская правда. N222, 27.11.2013.
7. Оруджев Н. Я., Поплавская О. В. Актуальные проблемы современной психиатрии//Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2013. № 4. С. 8–11.
8. Папусев О. О. Помощь больным шизофренией и расстройствами шизофренического спектра с инвалидностью в условиях комплексного центра социального обслуживания: автореф. дисс. ... к. мед. н. М., 2010. 22 с.
9. Поплавская О. В. Проблемы получения адресно–справочной информации о пациентах, состоящих на диспансерном наблюдении в ПНД//Апробация. 2014. № 6 (21). С. 105–107.
10. Развитие служб психического здоровья: руководство. М.: ГЭОТАР–Медиа, 2009. 672 с.
11. Социальная работа в здравоохранении: учебник для студентов вузов/под ред. Л. М. Мухарямовой и И. Б. Кузнецовой–Моренко. Казань, 2011. 372 с.
12. Социально-медицинская реабилитация граждан пожилого возраста и инвалидов в нестационарных условиях. Государственный стандарт социального обслуживания населения Волгоградской области, утвержденный приказом Министерства социальной защиты населения Волгоградской области от 4 июня 2012 г. № 343//Волгоградская правда. № 107, 20.06.2012.
13. Трущелев С. А. Социальное партнерство при оказании психиатрической помощи/С. А. Трущелев//Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2010. – № 2. – С. 40–44.

*Shubayeva Galiya, Skakova Raihan*  
*Kazakh State Women's Teacher Training University,*  
*Ishanova Gulnara, doctor of city clinical hospital № 1,*  
*Republic of Kazakhstan, Almaty*  
*E-mail: zhrfarida@mail.ru*

## **Features of formation of bases of a healthy lifestyle among pupils with intellectual disabilities**

**Abstract:** For children with intellectual disabilities, as well as for all schoolchildren, it is very important to take care of your health and live a healthy lifestyle. In the literature there is a sufficient amount of research on this topic. In this article we have tried to do a review of such studies.

**Keywords:** school-age children with intellectual disabilities, healthy lifestyle, health indicators.

A healthy lifestyle today is a priority direction of educational and social policies around the world, including in Kazakhstan. This is related to the spread of the bad habits of the population and an increase in morbidity. The state of health negatively affects unfavorable environment, changing people's attitudes to their own health and the health of others, poor nutrition, lack of knowledge of the population in the conservation of health. Particularly important in this regard is the development of skills strengthening of their health in the younger generation. To solve these problems is referred to the State health care reform program of the Republic of Kazakhstan for 2011–2015 "Salamatty Kazakhstan" [1, 9–12].

In recent years, in the Republic of Kazakhstan, as well as in many other countries, are noted an increase general morbidity pupil, participation anemia, diseases of the digestive and respiratory systems [2, 12–15].

Healthy lifestyle — a concept of human activity aimed at improving and preserving health through proper nutrition, physical fitness, morale and avoiding harmful habits. On expresses a certain orientation activities of the individual towards the strengthening and development of personal (individual) and public health. According to the famous scholar Y.P. Lisitsyn, who is a recognized authority in the field of preventive medicine and sanology, human's health for 50–55% is determined by the conditions and way of life, 25% — environmental conditions, 15–20% is due to genetic factors, and only for 10–15% — to activities the health care system [3, 6–9].

In creating a healthy lifestyle in the educational process we can pick out following directions [4, 51–58]: formation of readiness to manage your own health; to have a correct idea of your own organism's condition; formation motivational component.

Components of a healthy lifestyle are well known: the correct mode of the day, the alternation of work and rest; adequate sleep; a balanced diet; physical ac-

tivity; hardening; no bad habits. Accordingly, the rules of a healthy lifestyle must be observed in all spheres of life — in school (work), in society, in the family and at home, on holiday. Also it's very important to cover with all stages of education, including preschool, school, etc.

Particularly important is the inculcation of skills to care for own health to children with intellectual disabilities, as awareness of the necessity to take care of their own health is not easy and is stored for a short while due to their features. This issue is also relevant in view of the fact that people in this category related pathology occurs twice as often. In many countries in order to solve this problem are realized different reforms and programs [5, 167–177], [6, 405–407], [7, 70–82]. And so it's necessary to improve the competence at conservation and improving their own health, not only the pupils of providing general education schools, but also among the secondary schools' pupils. We know that children with intellectual disabilities have a number of features in the development of skills. They cannot independently analyze and draw conclusions from the information obtained in everyday life. In this regard, they need specially organized assistance. Of course, this also applies to health issues, compliance with a healthy lifestyle [8, 5–9], [9, 380–384].

In the literature one can find examples of the multi-center study of people's health condition with intellectual disabilities. They point that necessary to study and monitor health indicators of this people's category. Inclusion of people with intellectual disabilities in the massive public health research is very important as an important mechanism to identify health differences among this population. Despite the presence of a significant amount of scientific evidence of the existence of differences between the health of children with intellectual disabilities and their peers, they are almost always excluded from the mass monitoring of public health. Therefore, these

rare studies are very important [6, 405–407], [7, 70–82], [10, 858–872]. These can, for example, consider the following indicators of Health Status: Body Mass Index; Oral Health; Sensory Impairments; Mobility Difficulties. Also estimated the determinants of health such Health Determinants, as: Physical activity; Lifestyle Indicators; Challenging Behaviour; Medication.

Such studies are very important because they provide an opportunity to understand more about the physical and mental health of people with intellectual disabilities. Such data will help experts to develop effective measures to provide persons with intellectual disabilities the same chance to spend a good, healthy life, as well as all other people.

In educational programs for pupils with intellectual disabilities are included compulsory subjects, by studying this subjects is given information about healthy lifestyles. For example, in a program for children with mild intellectual deficiency in the disciplines of “The World Around,” “Social and consumer orientation,” “Human and Society” in a number of topics and issues covered by sections devoted to health and a healthy lifestyle.

In the study of these topics in the first stage it is necessary to stress the importance of information and skills that pupil should master. At this stage it is necessary to focus the attention of children with intellectual disabilities on caring for your own body, the organism. The second step is to choose the methods and techniques to generate interest in the implementation of these skills into practice, to stimulate children’s desire to realize themselves in life.

In the next step it is important to consolidate the knowledge, skills generated by monitoring their implementation in everyday life, especially in a boarding school.

As pointed out by well-known psychologists as L. S. Vygotsky, Zh. I. Shif and others, you can not lose sight of the fact that the using experience, gained in the daily life of children, gives a significant improvement of learning outcomes in the formation of theoretical concepts. Any notion easier to digest child if he survived this phenomenon in real life, have experienced this in practice. Usually seem boring facts acquire importance and begin to cause the pupil interest, if they relate to him personally. Thus, it is important not only to build knowledge in children, but also teach them how to go beyond the learning situation. For this purpose it is possible to model the new situation. Joining children with intellectual disabilities to various spheres of life enriches their experience and increases the active participation in society for positive activities.

The studies of knowledge and skills related to their own health among pupils with intellectual disabilities have allowed to reveal insufficient level of mastering the fundamentals of a healthy lifestyle. This was the substantiation of necessity organization and further work in this direction to improve the efficiency of teaching children.

According to the curriculum of the schools is possible to conduct optional classes every week. As such a subject we can enter the basics of a healthy lifestyle. As the extracurricular activities are optional and have an additional character, they are characterized by number of advantages. The teacher is free to choose the structure and form of the training that expands the possibilities for effective and systematization of this lesson on basic program’s material.

Communicating with children takes place in a relaxed atmosphere, so disclosed creative abilities of children, all of this ultimately helps to improve the quality of the educational process. Systematically carried out elective classes allow more intensive development of cognitive and creative abilities of pupils, to establish a relationship between an adult and a child. In such conditions it is better able to analyze situations from their own life experiences of each child and accordingly select the individual recommendations for the implementation of tasks to strengthen knowledge and skills of health promotion. Children with intellectual disabilities will realize the value of their health, based on personal experience.

Problem of the formation of behavior characteristic of leading a healthy lifestyle can not be solved only by means of influence on the child should be involved in the process and also the surrounding social environment. In schools, the important point is coordinated joint activities with teachers medical personnel, such close cooperation allows the teacher to learn more about the physical health of each child’s comorbid conditions and take them into account when planning elective classes. Laying the foundations of a healthy lifestyle for children with intellectual disabilities are characterized by difficulties in the practical implementation of theoretical knowledge, lack of awareness of their personal role in the preservation and promotion of health.

Thus, to improve the efficiency of the pedagogical aspects of teaching healthy lifestyle skills of pupils with intellectual disabilities include the following measures: organization of elective classes to complement the core curriculum at school using personality oriented approach and visual ‘action’ methods; compliance with the stages of formation and development of the knowledge

and skills of pupils, the use of motivational component, teachers work in close cooperation with caregivers and medical staff, exchange views and consulting with them to improve the results of their activities.

**Reference:**

1. Kairbekova S. Z. Speech by the Minister of Health//Proceedings of the international forum of experts of a healthy lifestyle “Healthy future health of the nation”//Actual issues of health promotion, disease prevention and health promotion (Republic of Kazakhstan, Almaty), 2011, № 1. – pp. 9–12.
2. D.Zh., Nuketayeva. The development of the nation – through the preservation and strengthening of the health of schoolchildren in Kazakhstan//Proceedings of the international forum of experts of a healthy lifestyle “Healthy future health of the nation”//Actual issues of health promotion, disease prevention and health promotion (Republic of Kazakhstan, Almaty), 2011, № 1. – pp. 12–15.
3. Lisitsyn Yu. P. Lifestyle and health. – Moscow: Znaniye, 1982.– 65 p.
4. Kabayeva V.M., Formation conscious attitude to their own health in adolescents//the Dissertation of the candidate of psychological sciences.- Moscow. –2002. – 280 p.
5. Frey.GC., Temple V. A. Health promotion for Latin Americans with intellectual disabilities//Salud Publica Mex, 2008, 50 suppl 2, pp. 167–177.
6. HMJ, Van Schroyensteyn Lantman-de Valk, JFM, Metsemakers, MJ, Haveman, HFJM, Crebolder. Health problems in people with intellectual disability in general practice//A comparative study. Fam Pract, 2000, № 17, pp. 405–407.
7. Krahn G.L, Hammond L, Turner A. A cascade of disparities: Health and health care access for people with intellectual disabilities//Ment Retard Dev Disabil Res Rev, 2006, № 12, pp. 70–82.
8. Yekzhanova Ye. A., Strebeleva Ye. A., Section “Health” program Correction and Development Training preschool children with mental retardation//Methods and technology, 2002, № 5, pp. 5–9.
9. Mozgovoy V. M., Health-technology – a model of a new approach in implementing the guidelines for improving the functionality of students with intellectual disabilities//Organization and content of education of children with disabilities: International Scientific and Practical Conference.-Moscow: Sholokhov Moscow State University for the Humanities, 2008, pp. 380–384.
10. Martínez-Leal R., Salvador-Carulla L., Linehan C., P. N., Walsh G., Weber, G., Van Hove, T., Määttä, B., Azema, M., Haveman, S., Buono, A., Germanavicius, H., van Schroyensteyn Lantman-de Valk, J., Tossebro, A., Carmen-Câra, D., Moravec, J., Perry, M. P., Kerr. The Impact of Living Arrangements in the Health Status of Persons with Intellectual Disability in Europe//An observational study using a health survey in 14 European countries, Journal of Intellectual Disability Research, 2011, № 55 (9), pp. 858–872.

## Section 7. Food processing industry

*Kenyiz Nadejda Victorovna*

*L'université agraire d'Etat de Kouban, Candidat des Sciences Techniques,  
Maitre-assistant du département de technologie de conservation et  
de traitement des produits d'élevage.*

*E-mail: nesterenko-aa@mail.ru*

### La technologie de fabrication des produits semi-finis congelés avec l'introduction d'additifs

**Résumé:** Dans l'article, des résultats expérimentaux sur l'impact de la pectine comme crioprotecteur sur les propriétés rhéologiques de la pâte et les paramètres physico-chimiques de la qualité du pain dérivé des produits semi-finis congelés sont présentés.

**Mots clés:** pectine, levain, pâtes semi-finis, pain.

L'étape actuelle du développement de la filière pain retrouve de nouvelles orientations dans la technologie du pain telle que la conservation des stocks de pâte à l'état congelé [1, 68, 2, 35].

Cependant, lors de la transformation des produits de pain semi-finis se reproduisent des phénomènes indésirables telles que la dénaturation et l'agrégation des protéines, qui provoquent la perte de leurs propriétés fonctionnelles, pourtant les cellules des levains perdent leur vie sous l'impact de la présence des cristaux de la glace et de la perte de l'humidité.

C'est pourquoi il est utile d'utiliser des crioprotecteurs lors de la conservation à l'état congelé, des produits de pain semi-finis [2, 50, 3, 60].

Pour corriger et conserver les propriétés optimales de la pâte et du produit fini, souvent on utilise des crioprotecteurs — ayant la nature glucidique tels que la fructose et la sorbite.

La pectine fait parti de ce groupe. Nous avons dirigé des expériences pour étudier la possibilité d'utiliser la pectine comme crioprotecteur dans la technologie du pain dérivé du blé à partir des produits semi-finis congelés et en même temps comme un accélérateur de l'action anionique [4, 149, 5, 1174].

A la suite d'une analyse profonde de différente sorte des processus qui se passent à différentes stades du processus technologique, la haute qualité du pain dérivé des produits semi-finis peut être atteint.

C'est pourquoi nous avons mené une expérience avec l'appareil pharinographe pour étudier l'impact de la fructose, sorbite et de la pectine sur les propriétés rhéologiques de la pâte. Pendant l'expérience nous avons utilisé la farine du pain de haute qualité.

On a étudié l'influence des additifs en quantité 0,5%; 1,0%; 1,5%, 2% (en fonction de la masse de la farine). Les meilleurs résultats des propriétés structurales et mécaniques ont été obtenus lors de l'introduction des additifs en quantité de 1,5%, (tableau 1).

Tableau 1 – Paramètres structurels et mécaniques de la pâte après ajout de différents crioprotecteurs.

Exemple	Pharinographe				
	Capacité d'absorption de l'eau,%	Temps de formulation de la pâte, min.	Stabilité de la pâte, min.	Dilution de la pâte, E. Ф. (единиц фаринографа)	Валориметрическая оценка
contrôle	64,7	8,5	11,5	85	68
contôle + pectine 1,5%	69,8	10,0	12,5	75	76
contrôle + fructose 1,5%	64,8	7,0	12,0	70	62
contrôle + sorbite 1,5%	65,0	8,5	13,0	80	68

L'analyse des données montre que l'utilisation de la pectine lors de l'humidification de la pâte mène à l'augmentation de capacité d'absorption hydrique de la farine dans tous les exemples d'expériences en comparaison avec celui de contrôle. L'augmentation de la capacité d'absorption hydrique de la farine lors de l'utilisation de la pectine s'explique par une formulation du complexe protéino-polysaccharides capable de se lier à l'eau. La présence de la pectine fixe l'eau dans un état lié, optimisant ainsi le rapport entre l'humidité libre et celle liée dans la pâte, par conséquent les membranes glutineuses deviennent minces, élastiques, s'élargissent

Tableau 2 – Variation des paramètres de la force de la farine lors de l'introduction des crioprotecteurs

Alveographe			
exemple	Force de la farine	Pression maximale excédentaire, MM	rapport P/L
contrôle	227	71	0,70
contrôle + pectine 1,5%	245	95	1,40
contrôle + fructose 1,5%	225	65	0,57
contrôle + sorbite 1,5%	230	67	0,62

Comme les résultats représentés dans le tableau 2 le démontrent, l'introduction du fructose dans la pâte, mène à la diminution de la force de la farine en comparaison avec l'exemple de contrôle. En cas d'ajout du sorbite lors de l'humidification de la pâte on remarque un effet positif — augmentation des paramètres de la force de la farine. Les meilleurs résultats ont été obtenus lors de l'introduction de la pectine.

Les propriétés élastiques de la pâte se caractérisent par une relation entre (P/L (P — élasticité, L — élongation de la pâte)). Ce paramètre était meilleur quand on ajoutait la pectine avec une dose de 1,5%, en cas d'ajout

facilement et ne se déchirent pas, ce qui s'explique par une haute estimation valorimétrique qui caractérise les propriétés élastiques de la pâte [7, 255, 8, 68].

L'analyse de l'impact des additives tels que le fructose, la sorbite, et la pectine sur la capacité de la farine a été menée avec l'appareil alveographe du groupe Chopin. Le dosage des additifs a été effectué lors de l'humidification de la farine, pour cette fois et dans les expériences passées 0,5; 1,0; 1,5%, 2% (en rapport avec la masse de la farine). Les résultats sur la force de la farine montrent que les meilleurs donnés ont été obtenus lors de l'introduction de 1,5% par rapport à la masse de la farine, (tableau 2).

de la sorbite et du fructose ce paramètre restait égal ou inférieur à celui de contrôle [9, 1255].

Les principaux changements structurels des conserves de la pâte pendant la congélation et la décongélation sont la conséquence de l'action d'une température négative sur les complexes protéiques, complexes glucido-amylase de la pâte du blé ainsi que l'état des cellules de levures [10, 93, 11, 94].

En vertu de ce qui est énoncé en haut, il convient de dire que la décongélation des produits de pâte dispose des particularités.



Figure 1 — impact de la décongélation sur la qualité des produits semis fini (décongélation dans le VHF:

- 1 — avec ajout de la pectine,
- 2 — avec ajout de la sorbite,
- 3 — avec ajout du fructose
- 4 — exemple de contrôle;

Décongélation dans des conditions du milieu:

- 5 — avec ajout de la pectine,
- 6 — avec ajout de la sorbite,
- 7 — avec ajout du fructose,
- 8 — exemple de contrôle.)

Le processus peut se réaliser avec différentes variations de temps et de températures. Lors des expériences visant à la détermination des conditions optimales de la décongélation, nous avons mené une comparaison entre deux régimes: la première était de faire une décon-

gération quand la température du lieu était de 22–25°C, la deuxième procédait à la décongélation avec le VHF (CB4) (fréquence très élevé).

Les échantillons d'analyse étaient des exemples de pâte mêlées de levures avec différents crioprotecteurs,

qui ont été ajoutés pendant l'humidification en quantité de 1,5% par rapport de la masse de la farine, figure 1.

Il convient de souligner que lors de la décongélation dans un milieu de VHF, le processus de la fermentation de la pâte avec de la pectine était plus intense et se passait très rapidement par rapport aux autres cas. Dans les conditions du milieu, le processus de la décongélation des stocks de pâte avec la pectine aussi se passait très activement en comparaison avec d'autres cas.

La durée de repos des stocks de pâte congelés après la décongélation s'élargissait par rapport au procédé traditionnel. Cela étant lié aux températures très négatives des stocks de pâte décongelés, étant donné une diminution de la capacité de rétention des

gaz et de l'activité des levures sous l'effet du processus de la décongélation [12, 152, 13, 188]. Les résultats des expériences ont montré que la cause d'une fermentation irrégulière peut être due à une grande différence de température dans la pâte utilisée pour la fabrication des gâteaux.

Le dépôt des produits semi-fini congelés et décongelés au VHF faisait 35–40 min, dans les conditions du milieu, temps de dépôt 85–90 min. Les stocks de pâte reposés ont été cuits à 210°C.

Dans les produits préparés on a procédé à la détermination des paramètres physicochimiques de la qualité (tableau 3).

Tableau 3 – Paramètres physicochimiques de la qualité du pain dérivé des produits semi-finis congelés.

Nom des paramètres	Décongélation au THF (в СВЧ)				Décongélation dans les conditions du milieu			
	contrôle	Avec de la pectine	Avec du sorbite	Avec du fructose	contrôle	Avec de la pectine	Avec du sorbite	Avec du fructose
humidité de la farine, %	42,4	43,0	43,5	42,3	41,6	40,0	40,5	41,5
L'acidité de la farine, grad.	1,6	1,6	1,4	1,6	1,6	1,4	1,6	1,6
Porosité de la farine, %	77,1	81,4	78,6	77,0	77,4	78,2	73,8	74,8

En vertu de l'expérience, on a pu découvrir que lors de la décongélation des pâtes prêtes comme dans le VHF, comme dans les conditions du milieu, les meilleures caractéristiques de la qualité se remarquaient chez le pain auquel on a ajouté de la pectine. La valeur organoleptique des pains obtenus montre le nombre des paramètres — couleur, volume, goût, arôme. Le meilleur était l'exemple avec la pectine figure 2.

Ainsi, avec les expériences faites on conclut que la pectine peut être utilisée comme crioprotecteur dans la technologie du pain à partir des produits semi-fini congelés. L'ajout de la pectine améliore la capacité de production et de rétention des gaz par la pâte, et conséquemment influe sur la dispersion de l'humidité libre dans la pâte, ce qui aide à lutter contre la formation des cristaux de glace, qui nuit à la structure de la glutène et comme conséquence, obtenir un produit fini de haute qualité.

#### Références:

1. Кенийз, Н. В. Процесс замораживания хлебобулочных полуфабрикатов с добавлением криопротекторов и его влияние на структуру замороженных полуфабрикатов [Текст]/Н. В. Кенийз, Н. В. Сокол//Молодой ученый. – 2014. – № 5. – С. 67–70.
2. Кенийз Н. В. Технология замороженных полуфабрикатов с применением криопротекторов/Н. В. Кенийз, Н. В. Сокол. – Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2014. – 129 с.
3. Кенийз Н. В. Разработка технологии хлеба из замороженных полуфабрикатов с использованием пектина в качестве криопротектора: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01/Кенийз Надежда Викторовна. – Воронеж, 2013. – 163 с.
4. Кенийз Н. В. Влияние различных криопротекторов на реологию теста для полуфабрикатов [Текст]/Н. В. Кенийз, Н. В. Сокол//Молодой ученый. – 2014. – № 10. – С. 147–150.
5. Кенийз Н. В. Влияние криопротекторов на активность дрожжевых клеток при замораживании хлебобулочных полуфабрикатов/Н. В. Кенийз, А. А. Пархоменко//Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный

- ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 07 (101). С. 1172–1179. – IDA [article ID]: 1011407076. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/76.pdf>, 0,5 у. п.л.
6. Кенийз, Н. В. Разработка технологии хлебобулочных полуфабрикатов с применением криопротектора/Н. В. Кенийз, Н. В. Сокол//Новые технологии. – 2013. – № 1. – С. 19–24.
  7. Kenijz, N. V. Pectic substances and their functional role in bread-making from frozen semi-finished products/N. V. Kenijz, N. V. Sokol//European Online Journal of Natural and Social Sciences. – 2013. – Т. 2. № 2. – С. 253–261.
  8. Кенийз, Н. В. Влияние пектина как криопротектора на водопоглощающую способность теста и дрожжевые клетки/Н. В. Кенийз//Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 3. № 29. – С. 67–69.
  9. Кенийз, Н. В. Изучение состояния влаги в тесте с криопротекторами, методом ядерно-магнитного резонанса/Н. В. Кенийз, Н. В. Сокол//Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 04 (098). С. 1254–1260. – IDA [article ID]: 0981404090. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/04/pdf/90.pdf>, 0,438 у. п.л.
  10. Кенийз, Н. В. Влияние дефростации в технологии хлеба из замороженных полуфабрикатов на качество готового продукта/Н. В. Кенийз, Н. В. Сокол//Вестник НГИЭИ. – 2011. – Т. 2. № 2 (3). – С. 92–101.
  11. Кенийз, Н. В. Технология производства хлеба из замороженных полуфабрикатов с использованием пектина в качестве криопротектора/Н. В. Кенийз, Н. В. Сокол//Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2011. – № 2–2. – С. 92–94.
  12. Кенийз Н. В. Влияние технологических параметров на производство хлебобулочных полуфабрикатов [Текст]/Н. В. Кенийз//Молодой ученый. – 2014. – № 10. – С. 150–153.
  13. Кенийз, Н. В. Определение содержания свободной и связанной влаги в тесте с добавлением криопротекторов [Текст]/Н. В. Кенийз//Молодой ученый. – 2014. – № 4. – С. 187–189.

*Nesterenko Anton Alexéévitch,  
L'université agraire d'Etat de Kouban Candidat des Sciences Techniques,  
Maitre-assistant du département de la technologie de conservation  
et de traitement des produits d'élevage.  
Kenijz Nadejda Viktorovna,  
Candidat des Sciences Techniques, Maitre-assistant du département  
de la technologie de conservation et de traitement des produits d'élevage.  
E-mail: nesterenko-aa@mail.ru*

## **Perfectionnement de la technologie des saucissons fumés**

**Résumé:** Des résultats affirmant la technologie d'intensification des saucissons fumés, en traitant des cultures de départ (microorganismes) et de la matière première de viande par des champs magnétiques de faibles fréquences sont présentés.

**Les mots clés:** microorganismes, saucissons fumés, matières premières de viande, traitement électromagnétique.

Ces dernières années, le succès de la recherche scientifique dans le domaine de la biotechnologie a amené à l'élaboration de nouvelles technologies, qui ont permis d'accélérer la production des saucissons fumés, ont améliorés leurs propriétés organoléptiques et ont considérablement augmenté la garantie de fabrication des produits de haute qualité. Un des moyens de l'intensification du processus de fabrication des saucissons fumés est l'utilisation des microorganismes [1, 25, 2, 1150].

Pour élaborer la technologie perfectionnée des saucissons fumés, nous nous sommes fixés les tâches suivantes:

- L'intensification du processus de fabrication par accélération de la maturation des saucissons.
- La destruction de la microflore indésirable et l'accélération de la croissance des microorganismes de maturation de la viande.
- Obtention d'un produit de haute qualité.
- L'utilisation des résultats proposés dans

n'importe quelle industrie sans aucune préparation considérable [3, 45].

L'approbation des résultats au niveau industriel a été réalisée dans une entreprise de transformation de la viande «ZAO TIHARECKII» conformément aux spécifications techniques «ST 9213-006-00422020-2002» «les Saucissons fumés à moitié secs. Les spécifications techniques», ont été élaborées par les spécialistes de cette entreprise. Pour réaliser l'approbation industrielle de nos expériences, nous nous sommes choisis une pharmacopée du saucisson «TIHARECKII», qui est présentée dans le tableau 1.

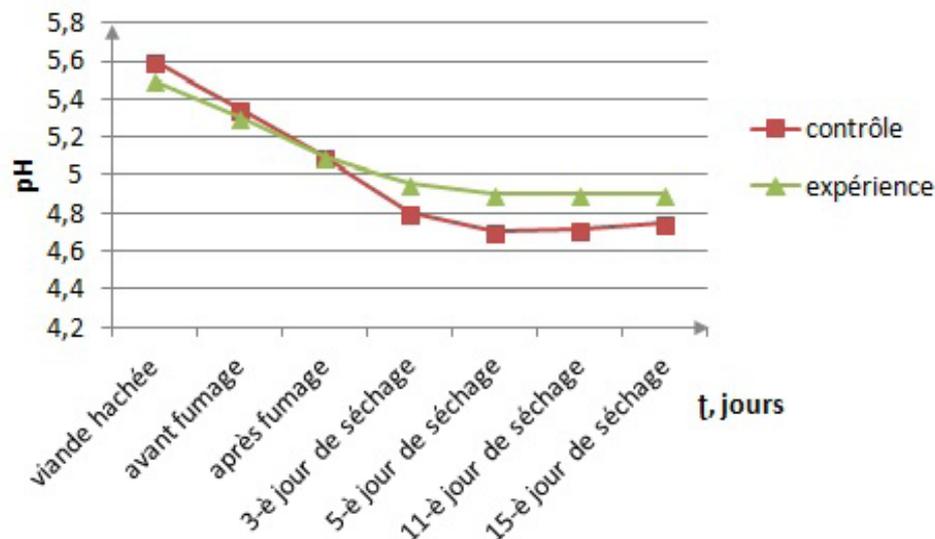
Tableau 1 – pharmacopée du saucisson fumé «TIHARECKII»

Nom de la matière première et des ingrédients	contrôle	expérience
Matières premières et ingrédients, кг (pour 100 кг de matières premières)		
Boeuf grasseux de haute qualité	40	40
Porcs à moitié grasseux	35	35
Colonne vertébrale latérale grasseuse de porc	25	25
Au total:	100	100
Les épices et les ingrédients, g (sur 100 kg de matières premières non salées)		
Sel de cuisine	3200	3200
Un fixateur du colorant: nitrite de sodium	10	10
Sucre-cristal	500	500
Cardamome ou noix de muscade	50	50
Poivre noire ou blanc moulu	150	150
Poivre odorant moulu	50	50
dextrose	400	400
Microorganismes de maturation de la viande: «Альми 2»	20	15
Rendement du produit fini%	64,0	64,0

D'après nos résultats préliminaires expérimentaux [4, 79, 5, 790, 6, 217], on a opté par utilisation d'une quantité minimale de microorganismes de maturation afin de garantir une fermentation normale. C'est pourquoi dans le modèle étudié nous avons utilisé une plus petite quantité de microorganismes de maturation de 15g de masse. Puisque une instruction technologique donne la possibilité d'utilisation des microorganismes de maturation, on a pris une décision de mener une

comparaison entre les pharmacopées possibles [7, 1135, 8, 1119].

Pour la partie expérimentale, les matières premières de viande ont été préalablement mises dans un fût ne dépassant pas une épaisseur de 30 cm et ensuite ont été soumis sous un traitement électromagnétique de faible fréquence, avec une fréquence de 100 Hz pendant 30 minutes et ont été acheminés dans un congélateur sous une température de moins de  $3 \pm 2$  °C pendant 8–12 heures.



Le dessin 1 – variation de la valeur de pH, pendant le processus de la précipitation, fumage et séchage des saucissons

Après l'écrasement de la viande du bœuf, pour la partie expérimentale, on a ajouté des microorganismes de maturation АЛЪМИ 2, activés à l'aide d'un champ électromagnétique puis la viande a été écrasée pendant 0,5–1min, puis on a ajouté des épices, du sel de nitrite de sodium, on a encore écrasé la viande 2 à 3 fois, puis on a ajouté la viande de porcs, on a écrasé pendant 0,5–1min jusqu'à obtenir une viande régulièrement écrasée, on a ensuite ajouté une graisse salée de porcs et écrasé encore 0,5–1min. D'autres opérations techniques ont été réalisées conformément aux spécifications techniques SP 9213–006–00422020–2002.

En vertu de l'approbation des expériences au niveau industriel, on a relevé trois paramètres à savoir: le pH, la teneur en humidité, et les microorganismes.

Les paramètres de la variation de la valeur pH sont présentés sur le dessin 1.

Comme on le Remarque sur la figure 1, la diminution du PH pendant les premières étapes de produc-

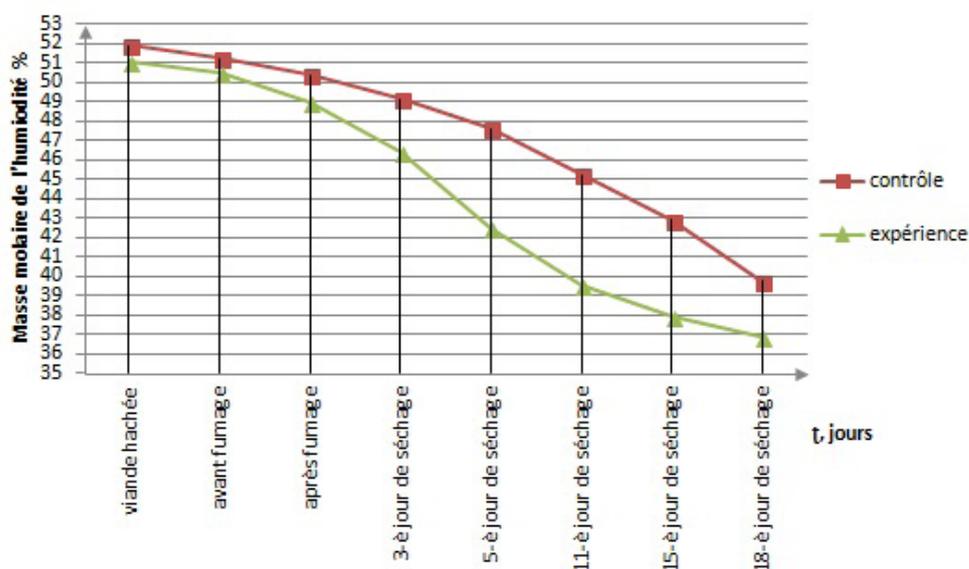
tion se passe rapidement dans la partie expérimentale. Cela est influencé par une rapide augmentation des microorganismes de maturation qui ont subi une activation à l'aide de l'énergie électromagnétique de faible fréquence.

La vitesse de séchage dépend de plusieurs facteurs: pH de la viande hachée, température, l'humidité, et la vitesse de déplacement de l'air [9, 1710, 10, 94].

Lors de la production des saucissons fumés, en premier lieu, la précipitation se passe avec une légère orientation de la valeur de pH vers les valeurs acides.

L'approche du pH de la viande hachée vers le point isoélectrique diminue la capacité des liaisons hydriques ce qui augmente la libération de l'humidité vers l'extérieur [11, 225].

L'analyse de la figure 2 montre que la libération de l'humidité augmente pendant le fumage pour tous les exemples analysés.



Le dessin 2 – Paramètres de la teneur en humidité en fonction de la durée de séchage

Cependant pour la partie expérimentale, la perte de l'humidité se passe très rapidement. La diffusion de l'humidité à partir du centre vers les couches externes de la viande se passe très rapidement en cas de conservation des microorganismes dans la viande hachée [12, 779].

La croissance des microorganismes des saucissons à partir de l'établissement de la viande hachée jusqu'à l'obtention du produit fini est définie dans le tableau 2.

Tableau 2 – variation quantitative des microorganismes des saucissons au cours de la production

Période d'expérience	Quantité des microorganismes «КМАФАнМ КОЕ/g» dans le produit	
	contrôle	expérimental
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Viande hachée après établissements	$3,3 \times 10^5$	$2,1 \times 10^6$
Saucisson avant fumage	$3,5 \times 10^5$	$2,4 \times 10^6$
Saucisson après fumage	$1,2 \times 10^6$	$9,0 \times 10^5$
Saucisson au 3e jour de séchage	$8,1 \times 10^5$	$1,0 \times 10^5$

1	2	3
Saucisson au 5e jour de séchage	$9,3 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
Saucisson au 11e jour de séchage	$5,1 \times 10^3$	$4,0 \times 10^2$
Saucisson au 15e jour de séchage	$8,4 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$

L'intensification de la croissance des microorganismes dans les saucissons fumés selon la partie expérimentale s'explique par une activation préalable des microorganismes à l'aide d'un champ électromagnétique de faible fréquence, étant donné que les microorganismes étaient d'abord ajoutés.

Une croissance intensive des microorganismes provoque une production intensive de l'acide lactique et une diminution de l'acidité (pH) de la viande hachée. Ainsi une forte croissance des microorganismes inhibe la croissance des bactéries pathogènes. C'est très utile lors de la maturation rapide des saucissons [13, 1725].

L'estimation des caractéristiques qualitatives du produit fini.

La durée et les conditions de conservation des saucissons que nous avons fabriqués se réglementent selon les spécifications techniques ST 9213-006-00422020-2002.

En vertu du MYK 4.2.187-04, nous nous sommes choisis des points de repère sur lesquels nous avons mené une suite d'expériences.

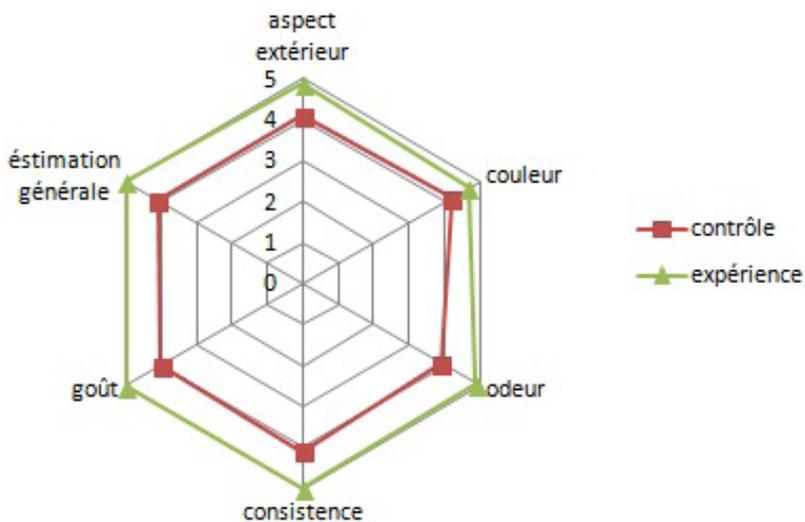
Ces points de repère sur lesquels nous avons mené des expériences pour savoir l'état sanitaire, épidémiologique, la durée et les périodes de conservation des saucissons sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 – les points de repère sur lesquels on a mené des expériences.

Température expérimentale	Période de validité proposée	La périodicité du contrôle — les points de contrôle de la tenue des expériences				
		Les jours de la conservation				
Ne dépassant pas +15 °C	30 jours	fond	10	20	30	39

Certains des paramètres de la qualité des saucissons représentent les paramètres organoleptiques du produit. L'estimation de la qualité organoleptique du produit fini a été réalisée dans une boucherie: «TIHARESKII».

Les données des paramètres organoleptiques pour les échantillons de contrôle et expérimentale sont présentes dans le dessin 3.



Le dessin 3 – Profile organoleptique des saucissons finis selon l'échelle de cinq points

Au cours de la dégustation on a constaté que l'échantillon expérimental avait une consistance plus dense. Les données de la dégustation sont confirmées par les expériences sur les caractéristiques structurales et mécaniques du produit fini. Pour les saucissons expérimentés l'effort de découpage faisait 559,59 κПа, et ceux de contrôle 478,56 κПа.

Les résultats de la recherche démontrent une consistance solide du saucisson expérimenté.

On a conclu qu'en utilisant un champ électromagnétique de faible fréquence, la durée du processus de production des saucissons diminue de 7 jours et fait seulement 14 jours. De ce fait les paramètres organoleptiques et la consistance s'améliorent.

**Références:**

1. Нестеренко, А. А. Инновационные технологии в производстве колбасной продукции/А. А. Нестеренко, А. М. Патиева, Н. М. Ильина. – Саарбрюккен: Palmarium Academic Publishing, 2014. – 165 с.
2. Нестеренко А. А. Производство ферментированных колбас с мажущейся консистенцией/А. А. Нестеренко, Н. В. Кенийз, Д. С. Шхалахов//Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 08 (102). С. 1149–1160. – IDA [article ID]: 1021408073. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/08/pdf/73.pdf>, 0,75 у. п. л.
3. Нестеренко А. А. Разработка технологии производства сырокопченых колбас с применением электромагнитной обработки мясного сырья и стартовых культур: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04/Нестеренко Антон Алексеевич. – Воронеж, 2013. – 185 с.
4. Nesterenko A. A. The impact of starter cultures on functional and technological properties of model minced meat/A. A. Nesterenko//Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2014. – № 4 (7–8). – pp. 77–80.
5. 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.
6. Нестеренко А. А. Применение стартовых культур в технологии сырокопченых колбас [Текст]/А. А. Нестеренко, К. В. Акопян//Молодой ученый. – 2014. – № 8. – С. 216–219.
7. Нестеренко А. А. Использование комплексных смесей для производства колбас/А. А. Нестеренко, Н. В. Кенийз, Д. С. Шхалахов//Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 08 (102). С. 1127–1148. – IDA [article ID]: 1021408072. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/08/pdf/72.pdf>, 1,375 у. п. л.
8. Кенийз Н. В. Оптимизация рецептур колбасных изделий в условиях реального времени/Н. В. Кенийз, А. А. Нестеренко, Д. С. Шхалахов//Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 08 (102). С. 1113–1126. – IDA [article ID]: 1021408071. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/08/pdf/71.pdf>, 0,875 у. п. л.
9. Нестеренко А. А. Выбор и исследование свойств консорциума микроорганизмов для обработки мясного сырья/А. А. Нестеренко, К. В. Акопян//Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 07 (101). С. 1702–1720. – IDA [article ID]: 1011407111. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/111.pdf>, 1,188 у. п. л.
10. Акопян К. В. Формирование аромата и вкуса сырокопченых колбас [Текст]/К. В. Акопян, А. А. Нестеренко//Молодой ученый. – 2014. – № 7. – С. 93–95.
11. 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.
12. 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.
13. Нестеренко А. А. Биомодификация мясного сырья с целью получения функциональных продуктов/А. А. Нестеренко, К. В. Акопян//Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 07 (101). С. 1721–1740. – IDA [article ID]: 1011407112. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/112.pdf>, 1,25 у. п. л.

## Section 8. Agricultural sciences

Tanova Krasimira Trifonova,  
E-mail: k\_tanova@abv.bg

Raykov Svilen,  
Konstantin Preslavsky University of Shumen –Bulgaria,  
associates professors

### Testing selection materials of fodder beet in response to their resistance to the agents causing Cercosporosis (*Cercospora beticola*) and powdery mildew (*Erysiphe betae*)

**Abstract:** The research work on the illnesses definitions was conducted in the experimental fields of the Agricultural Institute — Shumen in the period 2012– 2013 r. Object of research were 36 selection materials (hybrids, lines and sorts) tested for resistance to the agents causing cercosporosis and powdery mildew. The fields trials are outlined on schemes according to the block method, with size of the experimental field — 10,8/m<sup>2</sup>, on natural infectious background. The records are three and are conducted in 10 days based on 100 plants from different variants after the appearance of the first symptoms. The intensity of the infections is recorded via scale from zero to five. For the calculation of the infestation index was used the formula of Mc Kinny. It was found that:

— The tested selection materials of fodder beet proved to be resistant to powdery mildew and sensitive to cercosporosis.

— Most sensitive to the agent causing cercosporosis (*Cercospora beticola* Sacardo) are the fodder beet hybrids NC 222 X802 and MC19–30X435g.

— Most resistant to powdery mildew (*Erysiphe communis* f.ssp. *betae*) are the fodder beet selection materials MC 201 and MC 211 R.

**Key words:** fodder beet, resistance, cercosporosis, powdery mildew, artificial infectious background.

#### Introduction

The fodder beet is a culture, which much like the sugar beet, is often infected by different illnesses. Highly injurious for the fodder and sugar beets are the cercosporosis, powdery mildew, cutting, and decay. Under favorable conditions, these illnesses can lead to serious decrease of the produce and quality, and quiet often to full crop failure. [2, 14–18] The cercosporosis and powdery mildew are most economically significant for a country with beet production. [4,19–21]. During infestation with cercosporosis (*Cercospora beticola*), the produce is decreased with 14% — 22,2%, and the dry matter — with 0,5–0,8 points [3,28–31]. Many trials have been conducted for the study of the resistance mechanisms of the fodder and sugars beets to the agents causing cercosporosis. [5,120; 8,345;10,125]. The genetic dependency of the resistance to cercosporosis, as well as the specific immunologic reactions of the beet selection materials are also constant object of study. Even in

1950, makes genetic analyses of 17 hybrids of fodder and sugar beet and their parent forms. He concludes that the resistance to cercosporosis has intermediate character of inheritance [11,27]. Bio — ecological researches have been conducted in our country, connected with the cercosporosis on the sugar beet and phytopathological evaluation of the sugar beet selection materials [9,3881]. The data obtained give reason the author to conclude that the isolated pathogens from different regions have different activity and damage. Kikidonov [6,38] concludes in his researches that the induced haploid is effective method for finding recombinants, combined with genes with higher illness resistance. In Bulgaria, the powdery mildew is the second economically significant disease after the cercosporosis [1,16–19]. In some regions of the country, the powdery mildew appears almost each year, especially in years with scarce. The powdery mildew decreases the produce with 12,3% — 18,6%, and the dry matter with 0,3–0,5 punts [3,28–31]. Regard-

ing the resistance mechanism to this illness, the prevailing is the opinion of Wynnq (1986), that to a great extent, the resistance is genetically conditioned [9, 3881]. The di — haploid lines are also found to be resistant to the illness that is handed to the hybrids, with them as parent components [6, 59].

The aim of the present research is to evaluate the selection material of fodder beet under field conditions and on natural background development of the agents causing cercosporosis and powdery mildew.

### Materials and methods

The research work on the illnesses definitions was conducted in the experimental fields of the Agricultural Institute — Shumen in the period 2012–2013. According to Penkov [7, 59], soil type in the area is carbonate black earth, with strong humus horizon. The mechanical content is heavy sandy clay with 30–60% physical clay. The soil is loose and well aerated. When moisture swells slightly and cracks, but does not form harmful crust. On the field, on natural background of development of the agents, was recorded the appearance and development of the illnesses on the fodder beet selection materials. Object of examination were 36 selection materials (hybrids, lines and sorts). For comparative characterization were included eight sugar beet selection materials and two beet selection materials. The fields' trials are outlined on schemes according to the block method, with size of the experimental field — 10,8/m<sup>2</sup> 3a For

the record of the effect of the climatic conditions are attached tables including the temperature conditions and the rainfalls during the study period. The receive data is accompanied by immunological characteristic of the selection materials, according the requirements of ESCAA (Executive Agency of Variety Testing Field Inspection and Seed Control). For the evaluation are used approved methods of the Agricultural Institute [4, 19–21]. The records are three, conducted in 10 days on 100 plants from different variants after the appearance of the first symptoms. The intensity of the infestations is recorded via scale from zero to five. The development of the illness in percentages (index of infestation) during each recording is calculated based on the formula of Mc Kinny.

$$R = \Sigma (a.b).100/NK, \text{ where:}$$

**R** — is the illness development (index of infestation) in%;  $\Sigma (a.b)$  — is the sum of the number of infected plants (a) and the corresponding value of infestation (b); **N** — is the number of the recorder plants; **K** — is the highest value in the scale.

### Results and discussion

Table 1 shows the rainfalls in the study region for the period 2012–2013. The values show strong deflection during the years, regarding both monthly and annual amount. The higher quantity of rainfalls during 2012 affects positively the development of cercosporosis and conversely — the drought after August 2013 tolerates the development of the powdery mildew [4, 19–21].

Table 1. – Rainfalls per months and years

in mm pyears	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Average monthly amount (annuamount)
2012	108	46	6	64	145	29	33	40	16	54	27	145	59.5 (714)
2013	49	80	57	37	56	142	54	30	–	–	–	–	63.1 (505)

Table 2. – Air temperature per months and years

in° C per years	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Average monthly amount
2012	–1.1	–3.9	6.3	13.5	18.3	22.1	28.1	23.9	16.3	15.2	8.2	–0.3	12.46
2013	1.5	2.7	6.7	12.3	18.6	21.6	21.6	24.5	19	16	7.5	–0.5	10.82

Table 2 shows the attached data for the air temperatures in the study region for the period 2012–2013. The temperatures show higher annual values for 2012. The average daily temperatures during the cryptic period of infestation of the fodder beet (May — September), are respectively 18,6° C for 2012 and 19,6° C for 2013, and they affect positively the development of both pathogens [1, 16–19]. Table 3 shows the results from the records for the development of cercosporosis in the dif-

ferent selection materials of fodder beet. They showed bigger differences in the sort reaction- table 3. Four of the tested materials proved to be more resistant to the illness, in comparison with the standards — the hybrids NC Radnevo X SKR, MC19–30 X 6 VR, NC19–30 X 6VG, MC142R X STR. They showed illness development within the frames of 3.0–2.75 values, which according to the resistance scale approved by ESCAA (Executive Agency of Variety Testing Field Inspection and Seed.

Table 3. – Development of the cercosporosis (*Cercospora bticola*)

VARIANT	CERCOSPOROSIS				VARIANT	CERCOSPOROSIS			
	Value	Ratio %	Rang	Category		Value	Ratio %	Rang	Category
Vesi — St.	3.69	97.5	–	S	6Vg	3.44	90.9	–	S
Hybrid– 56-St.	3.88	102.5	–	S	435 g	3.44	90.9	–	S
MC Radnevo x SKR	2.75	72.7	0	MS	MC142RxSKR	3.56	94.2		S
MC 19–30x6VR	2.81	74.4	0	MS	MC211 R	3.63	95.9	–	S
MC 19–30x6Vg	2.94	77.7	–	MS	MC6634 R	3.63	95.9	–	S
MC 142RxSTR	3.00	79.3	–	MS	SKg	3.63	95.9	–	S
MC 142x6Vg	3.06	81.0	–	S	MC3112xSKR	3.69	97.5	–	S
MC 201	3.13	82.6	–	S	MC19–30xSTR	3.75	99.2	–	S
MC 1023xSKR	3.13	82.6	–	S	MC227–7x802	3.88	102.5	–	S
MC 015RxSK	3.13	82.6	–	S	MC22–2	3.88	102.5	–	S
MC 1023xSKR	3.19	84.3	–	S	802	3.88	102.5	–	S
Sasha	3.25	86.0	–	S	MC0213xSKR	3.88	102.5	–	S
Peshtera	3.25	86.0	–	S	Preslav	3.94	104.1	–	S
6 VR	3.25	86.0	–	S	MC1930xSKR	3.94	104.1	–	S
MC 142Rx6VR	3.25	86.0	–	S	MC19–30x435g	4.16	110.0	–	HS
MC 142RxSKg	3.31	87.6	–	S	MC222x802	4.31	114.0	+	HS
MC 142Rx435g	3.42	90.3	–	S	GD5%	0.65	17.3		
MC 212 R	3.44	90.9	–	S	GD1%	0.86	22.8		
STR	3.44	90.9	–	S	GD0.1%	1.11	29.5		
MC 19–30xSKg	3.44	90.9	–	S	P%	7.71			

Explanation:

**I** — immune (healthy plants); **R** — resistant (035–1value); **MR** — average resistance (2 values); **MS** — average sensitivity (3 values); **S** — sensitive (4 values); **HS** — highly sensitive (5 values).

Control) are with average sensitivity. The hybrids NC Radnevo X SKR, MC19–30 X 6 VR, are proved more resistant to the standards, and the rest two showed such tendency. The most tolerant to the illness are the hybrids NC 222 X802 and MC19–30X435g, which showed the highest sensitivity (HS). In summary, the results from the illness development testing show the different sensitivity of the tested material on stable natural background of the pathogen, with good climate conditions (Tables 1 and 2). The results from the powdery mildew testing are shown on Table4.

As shown on the table, the tested materials (R) are resistant to the illness. Moreover, the differences between the variants are insignificant. Probably this is caused by the slow development of the illness, recorded on natural background. Despite the close reaction of the different selection materials, it is necessary for the recorded differences in the illness stages to be reported. The materials with the slowest development are MC 201 and MC 211 R, respectively 0.36 and 0.39 values. More tolerant to the illness are the materials MC 222 X 802, MC 19–30 X STP, MC 3112 X SKR. These materials have shown powdery mildew development from 0.80 to 0.96 values.

Table 4. – Developing of powdery mildew (*Eryziphe communis f.sp. betae*)

VARIANT	POWDERYMILDEW				VARIANT	POWDERYMILDEW			
	Value	Ratio %	Rang	Category		Value	Ratio %	Rang	Category
<b>I</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Vesi — St.	0.68	97.0	–	R	MC227–7x802	0.69	98.4	–	R
Hybrid — 56-St.	0.72	103.0	–	R	MC142RxSTR	0.75	107.7	–	R
MC 201	0.36	52.0	–	R	MC142Rx6VR	0.75	107.7	–	R
MC 211 R	0.39	56.6	–	R	SKg	0.75	107.8	–	R
MC 212 R	0.48	68.5	–	R	Preslav	0.81	116.6	–	R
MC 1023xSKR	0.48	68.2	–	R	MC142RxSKg	0.82	117.2	–	R
MC 142x6Vg	0.48	69.6	–	R	MC22–2	0.88	125.6	–	R
MC 19–30x6VR	0.49	70.3	–	R	802	0.88	125.6	–	R
MC 6634 R	0.50	71.8	–	R	MC1023xSKR	0.88	125.6	–	R

<b>I</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>435 g</b>	0.50	71.8	–	<b>R</b>	<b>MC1930xSKR</b>	0.88	125.6	–	<b>R</b>
<b>MC 19–30x6Vg</b>	0.52	73.9	–	<b>R</b>	<b>MC142RxSKR</b>	0.88	125.6	–	<b>R</b>
<b>6Vg</b>	0.54	76.9	–	<b>R</b>	<b>STR</b>	0.88	125.6	–	<b>R</b>
<b>Peshtera</b>	0.63	90.1	–	<b>R</b>	<b>MC19–30xSKg</b>	0.90	129.7	–	<b>R</b>
<b>MC 0213xSKR</b>	0.63	89.7	–	<b>R</b>	<b>MC3112xSKR</b>	0.94	215.3	+++	<b>R</b>
<b>MC 015RxSK</b>	0.63	90.0	–	<b>R</b>	<b>MC19–30xSTR</b>	0.94	135.0	–	<b>R</b>
<b>MC Radnevo x SKR</b>	0.63	89.7	–	<b>R</b>	<b>MC222x802</b>	0.98	140.0	–	<b>R</b>
<b>6 VR</b>	0.63	90.2	–	<b>R</b>	<b>GD5%</b>	0.35	50.1		
<b>MC 19–30x435g</b>	0.63	89.7	–	<b>R</b>	<b>GD1%</b>	0.46	66.3		
<b>MC 142Rx435g</b>	0.63	89.7	–	<b>R</b>	<b>GD0.1%</b>	0.60	85.6		
<b>Sasha</b>	0.69	99.7	–	<b>R</b>	<b>P%</b>	20.42			

**Explanation:**

**I** — immune (healthy plants); **R** — resistant (035–1 value); **MR** — average resistance (2 values); **MS** — average sensitivity (3 values); **S** — sensitive (4 values); **HS** — highly sensitive (5 values).

**Conclusion**

The results from the tests show that:

— The tested selection materials of fodder beet are resistant to powdery mildew and sensitive to cercosporosis.

— The most sensitive materials to the agent

causing cercosporosis (*Cercospora beticola* Sacardo) are the fodder beet hybrids — NC 222 X802 и MC19–30X435g.

— The most resistant materials to powdery mildew (*Erysiphe communis* f.sp. *betae*) are the selection fodder beet materials — MC 201 and MC 211 R.

**Referances:**

1. Ангелова Б.1994., Автореферат на дисертация за научно-образователна степен “Доктор”, 16–19 с.
2. Върбанов В., 1983. Развитие на болести по захарното цвекло през 1983 и схеми за борба. Растителна защита № 4, 14–18 с.
3. Върбанов В., 2002. Разпространение, симптоми и вредоносност на икономически важни болести по листата на захарно цвекло в България. Модел за ефективна аграрна наука. Шумен., 28–31 с.
4. Върбанов В., и др. 2006. Поява и развитие на болестите в цвекловите посеви и борбата с тях. Земеделие, 3, 19–21 с.
5. Зайковская Н. 2004. Критерии и особености развитии селекции свекла. М., И-во Колос., 120 с.
6. Кикиндонов, 2002. Автореферат на докторска дисертация., СА- София., 38 с.
7. Пенков В., 1984. Почвите в България, 59–64 с.
8. Шилова З. и др., 2006. Борба с болезням свекла., Москва., И-во “Наука” 345 с.
9. Buggy E. 1999. Physical characteristics and feeding values of roots of some fodder beet varieties, *Beta vulgaris* with reference to chopping size. Mansoura – University of Horticultural Sciences (Egypt.) Aug 1999. p. 3881–3890.
10. Harrisson et. al., 1961., Mycroliology and phythopdthology., 125 p.
11. Even, 1950. Inheritance of som major colour types in Beets – J. Agr. Res., 52. N 1, 27p.

*Tanova Krasimira Trifonova,*  
E-mail: *k\_tanova@abv.bg*

*Raykov Svilen,*  
*Konstantin Preslavsky University of Shumen – Bulgaria,*  
*associates professors*

## **Testing control resources for tomato “section” (*Fusarium fxyosporum* f. ssp. *lycopersicii*)**

**Abstract:** Tomato seedlings “section” is caused by soil fungi, which belong to the genera: *Fusarium*; *Botritis*; *Pythium*; *Phytophthora*; *Rhizoctonia*. For the conditions of our country, the following species occur most often as

agents causing "section": *Fusarium*, *Pythium* and *Phytophthora*- *Fusarium oxysporum* f.ssp. *lycopersicii*, *Pythium debarianum*, *Phytophthora parasitica*. For the disease control are recommended preventive phyto — sanitary measures, as well as system of preventive and medicinal spraying of the plants and beds of the plants with fungicidal solutions. The aim of the present research is the performance of tests for biological examination of the control resources of one of the agents causing "section" — *Fusarium oxysporum* f.ssp. *lycopersicii*. The research work is conducted in the phytopathology laboratory of the Department "Agricultural sciences and plant protection" to the University of Shumen, in the period 2012–2013. The tests include container testing and testing under greenhouse conditions, conducted with the help of tenant farmer, which is in contractual relationship with the University of Shumen („Terra“OOD — Novi Pazar). For the testing, was used 21 — days monospore culture of *Fusarium oxysporum* f.ssp. *lycopersicii*, isolated from cut plants with origin Pamukchi village. Four chemical preparations were tested, which are recommended for control of the "section", cause by *Fusarium oxysporum* f.ssp. *lycopersicii*: Variant 1 Topsin M 70 VP, in dose of 0.07%- 3 l/sq. m.; Variant 2 Fuzaklin — granule, in dose of 250 g/sq. m., before cropping; Variant 3 Ditan M-45, in dose of 0.4% –3 l/sq. m.; Variant 4 Blue vitriol, in dose of 3% — 3 l/sq. m.; Variant 5 Clear water (control substance)- 3 l/sq. m. According to the aims of the present research, from the obtained results was found that:

The fungicide Topsin M 70 VP (0.1%) and biofungicide Fuzaklin — granule (259 gr/sq. m.), are effective resources for control of the tomato "section" — *Fusarium oxysporum* f.ssp. *lycopersicii*.

**Key words:** seedlings, tomatoes, "section", agents, *Fusarium oxysporum* f.ssp. *lycopersicii*, control, fungicide, biofungicide.

### Introduction

The "Section" occurs during softening and rotting of the stems of young plants, which are directly above the soil surface or slightly below it. The damaged stem cannot hold the plant upright and it falls as if it is cut down [5,434; 2,65]. When the plants have grown from thick seedlings, initially the "section" damages only single plants and then damages the nearby plants, which form big spots of sick plants. The "section" can damage elder plants — their barks will rot without damaging the vascular tissue. This seedling will not be flattened and its development will be slowed, then it will whiter and dry up. [1,510]. Very rarely, in already cropped plants, one can see areas with rotting tissue on the root collar. These plants can overcome the damages, but will have slow development. The "section" occurs mostly in the thick and delicate seedlings. The disease develops faster when the humidity is high and the temperature is increased. Plants that have been abundantly nourished with nitrogen are more susceptible to the disease, especially if grown in areas with shortage of light. Seedlings "section" is caused by soil fungi, which belong to the genera: *Fusarium*; *Botritis*; *Pythium*; *Phytophthora*; *Rhizoctonia* [4,1–14; 7,256; 10,13–14]. For the conditions of our country, the following species occur most often as agents causing "section": *Fusarium*, *Pythium* and *Phytophthora* — *Fusarium oxysporum* f.ssp. *lycopersicii*, *Pythium debarianum*, *Phytophthora parasitica* [6,213; 9, 1047]. For the disease control are recommended preventive phyto — sanitary measures, as well as system of preventive and medicinal spray-

ing of the plants and beds of the plants with fungicidal solutions [8,160; 11,27–61]. The aim of the present research is the performance of tests for biological examination of the control resources of one of the agents causing "section" — *Fusarium oxysporum* f.ssp. *lycopersicii*.

### Material and methods

The research work is conducted in the phytopathology laboratory of the Department "Agricultural sciences and plant protection" to the University of Shumen, in the period 2012–2013. The tests include container testing and testing under greenhouse conditions, conducted with the help of tenant farmer, which is in contractual relationship with the University of Shumen („Terra“OOD — Novi Pazar). For the testing, was used 21 — days monospore culture of *Fusarium oxysporum* f.ssp. *lycopersicii*, isolated from cut plants with origin Pamukchi village.

### Container trial:

Four chemical preparations were tested, which are recommended for control of the "section", cause by *Fusarium oxysporum* f.ssp. *lycopersicii*:

Variant 1 Topsin M 70 VP, in dose 0.07%- 3 l/sq.m; Variant 2 Fuzaklin — granule, in dose of 250 g/sq. m., before cropping; Variant 3 Ditan M-45, in dose of 0.4% –3 l/sq.m (standard); Variant 4 Blue vitriol, in dose of 3% — 3 l/sq. m. (blue vitriol); Variant 5 Clear water — 3 l/sq. m. (control substance)

The fungicide solutions and control substance are brought into container with sterile soil (after thermal processing — in thermostat, 120 °C for three

hours) — 50 g in five repetitions and the expense is calculated according to the area of the containers. Twenty plants were cropped in each container, with seeds treated against harmful surface micro flora. The seeds are soaked for 30 minutes in 20% technical hydrochloric acid, after that seeds from the sort “Naslada” are cleansed with clear drinking water and dried out.

Two records were conducted for the “section” development before the hybridization phase — the number of the not grown plants and the number of the cut plants. The processing of the obtained data from the examination is conducted under the Studant method and under the standard analytical and mathematical methods [3,234].

### Results and discussion

The obtained results are shown in Table 1.

Таблица 1. – Influence of chemical substances on the development of “section” (*Fuzarium oxysporum* f.ssp. *lycopersicii*)

Variant	Dose	7 days after the sowing	14 days after the sowing	21 day after the sowing	Effectiveness% (after the 21 <sup>st</sup> day)	
		% not grown and cut plants	% not grown and cut plants	% not grown and cut plants	Compared to the control	Compared to the standard
Топсин М 70 ВП (thiophanate methyl)	0.07%– 3l/sq. m. (before cropping)	41.0	32.0	20.0	73.69	33.4
Fuzaklin — granulate (biofungicide)	250 g/sq. m. (beforecropping)	41.0	34.0	22.0	71.60	26.7
Ditan M-45 (mancozeb)	0.4%– 3l/sq. m. (before cropping)	40.0	39.0	38.0	40.0	–26.66
Blue vitriol (copper sulfate)	0.3%– 3l/sq. m. (beforecropping)	56.0	58.0	54.0	28.95	–80.0
Картан 30 D Standard (Картан)	0.2%– 3l/sq. m. (beforecropping)	43.0	39.0	30.0	39.47	–
Control	–	70	73	75	–	–

The test results show that the examined resources have shown food effectiveness regarding the development of the “section” with causing agent — *Fuzarium oxysporum* f.ssp. *lycopersicii*. Least not grown and cut plants are recorded for Topsin M 70 VP and Fuzaklin — granulate, respectively 20% and 21% after the 21<sup>st</sup> day of the cropping, and for the control variant are recorded 75%. The strongest development has appeared in the variants, treated with Blue Vitriol (54.0%) and Ditan M-45 (38.0%). The variants with Topsin M 70 VP and Fuzaklin — granulate showed better biological activity from the standard preparation Kaptan 30 D (30% not grown and cut plants). All tested resources have shown effectiveness against the control substance, but the highest effectiveness is recorded for Topsin M 70 VP and Fuzaklin — granulate, respectively 73.69% and 71.60%,

and the lowest effectiveness is recorded for Blue Vitriol (28.95%) and Kaptan 30 D — standard (39.47%). The calculated effectiveness against the standard showed that the preparations Topsin M 70 VP and Fuzaklin — granulate are better resources for control of the “section”, caused by *Fuzarium oxysporum* f.ssp. *lycopersicii*, compared with the most commonly recommended preparation Kaptan 30 D.

### Conclusion

According to the aims of the present research, from the obtained results can be drawn the following conclusions:

— The fungicide Topsin M 70 VP (0.1%) and biofungicide Fuzaklin — granulate (259 g/sq. m.) are effective resources for control of the tomato “section” — (*Fusarium oxysporum* f.ssp. *lycopersicii*).

### Referance:

1. Бахаров, Д. и др. 1988. Справочник по зеленчукопроизводство. Земиздат. София. С. 510.
2. Богацевска и др. 1992. Растително-защитна технология при домати, отглеждани на открито. ИЗР. Костинброд. С. 65.

3. Запрянов З. 1983. Опитно дело, И-во „Хр. Данов“, Пловдив., С. 234
4. Лебедев, В. и др. 2004. Региональные критерии оценки потерь урожая от вредных организмов. Агро 21. № 7. С. 1–14.
5. Наков и др. 2007. Прогноза и сигнализация на болестите и неприятелите по културните растения. Пловдив. Издателство. ИМН. С. 434.
6. Николов, Н. и др. 2006. Добри растително-защитни практики по домати, пипер и патладжан. МЗГ. София. С. 213.
7. Полисксенова, В. 2001. Алтернариозы и септориозы овощных культур. Москва. С. 256.
8. Станчева, Й. 2009. Болести и неприятели по зеленчуковите култури. ИК Булхерба. София. С. 160.
9. Elad, Y., and R. Baker. 1985. Influence of trace amounts of cations and siderophore-producing pseudomonads on chlamydospore germination of *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology* 75:1047–1052.
10. Jones, J. P. 1991. Early Blight, pp. 13–14. In J. B. Jones, J. P. Jones, R. E. Stall and T. A. Zitter (eds.), *Compendium of Tomato Diseases*. American Phytopathological.
11. Handelsman, J., and J. L. Parke. 1989. Mechanisms in biocontrol of soilborne plant pathogens, P. 27–61. In T. Kosuge and E. W.

## Section 9. Technical sciences

*Baltabayev Ulugbek Narbayevich*

*Faculty of food production*

*Tashkent Institute of Chemical Technology institute*

*E-mail: Ulug85bek77@mail.ru*

*Tursunkhodzhayev Polat Muxammedovich*

*Faculty of food production*

*Tashkent Institute of Chemical Technology institute*

*Khusanov Ixmat Nigmatovich*

*Mechanics and constructions seismic resistance*

*Institute of Mechanics and Earthquake*

*Engineering Sciences of Uzbekistan*

### Research of dependence of barley peeling coefficient from time of its staying in peeler work zone and rotor speed

**Abstract:** The results of experimental studies on determination patterns of change in barley peeling coefficient depending on the change of its time spending in the working zone of peeler and rotor speed, also the mathematical processing of experimental results are given. Processing time of barley grains in the work zone of peeler regulated to 25, 50 and 75 seconds, relatively.

**Key words:** barley peeling, barley grain, rotor speed, Y-barley.

As its known one of the important economic problems of bakery industry is the further development of agriculture and its main sector — stockbreeding. Barley is a high-caloric, easily digestible and valuable feed for all animal kinds, protein content therein 8–14%. The composition of feed for poultry and young animals barley (separated from film) is administered in an amount of 15 ... 50%, in the diet of cattle — up to 60% by weight of feed [1–3].

1 kg of barley grain contains 100g of digestible protein and 1.28 feed units that is more than in grain of oats and rye. A small amount of barley as a part of compound feeds promotes strengthening of health and stamina of cattle in the period of stabling, as it has in the composition large amounts of iodine, boron, zinc, manganese, and others. [4–6].

Barley which is grown up in Uzbekistan in the conditions of dry and hot climate has its own individual quality features and differs by its physical-chemical structure, mechanical and technological properties. There is very small data in literature on research of quality and processing of barley cultivated in Uzbekistan. In connection with what has become necessary to study the properties

of barley grain for the purpose of justification, more effective and rational methods of peeling process, increase of nutritional and its economical use in production of high-quality compound feeds. [1, 7, 8, 9].

Barley grain peeling achieves a reduction of fiber content in it, and use in compound feeds shelled barley will increase the digestibility and nutritional value of feeds.

#### Materials and methods

Material of research on a peeling of grain was, barley grown up in Bukhara region of Uzbekistan. Researches were conducted on the laboratory hulling — grinding setup LShU with capacity of 6–10 kg/hr (240 kg/day), given on figure 1.

Efficiency of barley peeling was estimated by peeling coefficient (%) [7].

$$Y = \frac{N_1 - N_2}{N_1} \times 100\%, \quad (1)$$

Where —  $N_1$ -content of not peeled grains in the product loaded to the setup,%;  $N_2$ -content of not peeled grains in the product leaving the setup, %.

Mathematical processing of experimental results was carried out by the method of extreme experiment planning, i. e. on full factorial experiment (FFE) and Microsoft Office Excel 2003 [7,8].

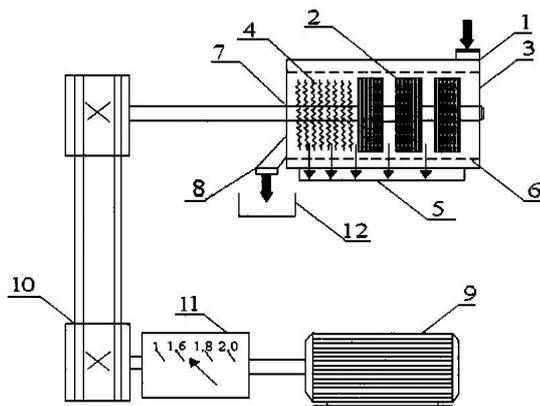


Fig. 1. The laboratory setup for the study of the barley grain peeling process in the laboratory.

1 – grain reception, 2 – abrasive discs, 3 – case, 4 – brush discs, 5 – Lower storage for peeling wastes, 6 – sieve for sifting shell of peeling products, 7 – damper for regulating the output of barley, 8 – output for shelled barley grain, 9 – electric motor, 10 – V-belt drive, 11 – variator of rotor rotation, 12 – receiver for shelled barley grain.

### Results of researches

As mentioned above, studies were carried out on the laboratory hulling — grinding setup LShU with capacity of 6–10 kg/hr (240 kg/day). The experimental data for

certain values of peeling coefficient of barley depending on the time of grains spent in work area of peeler and rotor speed are shown in Table. 1–3.

Tab 1. – Dependence of barley peeling coefficient when grains spent time in a working zone of peeler about 25 sec from rotor frequency and productivity of peeler.

Exp №	Barley grain moisture content, %	Peeler's rotor speed, r/min	Productivity of peeler, kg/h	Peeling coefficient, % grains spent time in work zone, 25 sec
1	13	1500	6,5	43
2	13	1650	7,5	22
3	13	1800	7,0	49

Tab 2. – Dependence of barley peeling coefficient when grains spent time in a working zone of peeler about 50 sec from rotor frequency and productivity of peeler.

Exp №	Barley grain moisture content, %	Peeler's rotor speed, r/min	Productivity of peeler, kg/h	Peeling coefficient, % grains spent time in work zone, 50 sec
4	13	1500	6,5	68
5	13	1650	7,5	46
6	13	1800	7,0	70

Tab 3. – Dependence of barley peeling coefficient when grains spent time in a working zone of peeler about 75 sec from rotor frequency and productivity of peeler.

Exp №	Barley grain moisture content, %	Peeler's rotor speed, r/min	Productivity of peeler, kg/h	Peeling coefficient, % grains spent time in work zone, 75 sec
7	13	1500	6,5	90
8	13	1650	7,5	88
9	13	1800	7,0	93

Dependence of barley peeling coefficient on the duration of grain passage through the work zone of peeler, at rotor speeds 1500, 1650 and 1800 r/min is shown in figure 2.

As seen from Figure 2, with rotor speed of 1800 r/min and processing time in a working zone of barley —

75 seconds, peeling rate reaches 93%. When rotor speed of 1500 r/min and 1650 r/min peeling coefficient reaches 90% and 88% relatively. Therefore, the highest peeling coefficient for the same processing time is reached with rotor speed of 1800 r/min.

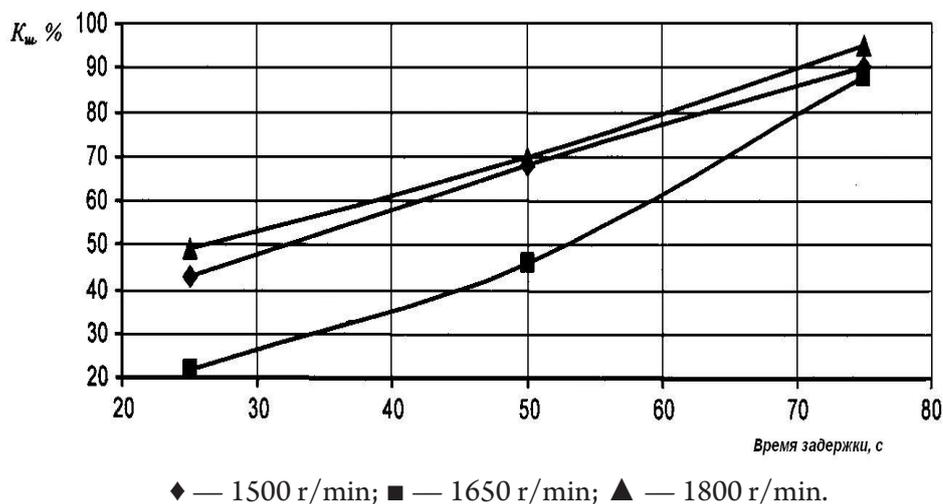


Fig 2. Dependence of barley peeling coefficient grain on grain's delay time in the work zone of peeler and rotor speed

Investigation and analysis of technological schemes of processes for feed-wires show the effectiveness of the methods and techniques of peeling corn grain by multiple passes through a hulling machine. Reliability of this method decided to check by experimental method. The purpose of experimental research was to achieve the peeling coefficient not less than 90%. Studies have shown that obtaining peeling coefficient — 100% can be achieved after the second pass through the same barley peeler, or by increasing of time that barley spent in the operating zone.

As seen from Table. 1,2,3 best index of peeling coefficient — 93%, achieved at 1800 r/min and the productivity of 7 kg/hr. Studies to determine the influence of product spent time in the working zone of peeler on the peeling efficiency indicator given at rotor speeds 1500, 1650 and 1800 r/min and barleys moisture content — 13%. In the process of crossing grain through the peeler, pipe for output shelled barley closed; this allowed increasing the duration of barley peeling. Time of barley grains processing in the work zone of shelling installation regulated to 25, 50 and 75 sec., relatively. For the mathematical processing of experimental results is-used the technique of extreme experiment planning on full factorial experiment (FFE)

and Microsoft Office Excel 2003 [7,8]. To identify the analytical relationship, of effectiveness of using of grain shelling machine on various factors, we carried out a mathematical treatment of the results of experimental studies on grain peeling. Investigations were carried out on the basis of two-factor experiment to collect apriori information. In each experiment, have changed one parameter of factors influencing on the peeling process, and the others were left unchanged. The method of experiment planning is the principle, i. e., way dependent on the results obtained in the previous stage of the study. The advantages of obtained mathematical models by this method is that they can be used to calculate the optimal technological parameters of the barley peeling process and obtain high processing coefficient. In addition, the complexity of the mechanism of the barley peeling process prefers mathematical models obtained by treatment of the static data [7]. To find the optimal parameters of the barley peeling process we used the technique of extreme experiment planning on full factorial experiment (FFE) by plan N-2<sup>3</sup>. The results of treatment are presented in Table 4. As variables selected: X<sub>1</sub>-grain moisture,%; X<sub>2</sub> — rotor speed of peeler, min<sup>-1</sup>. In this case, the optimization criterion (Y) is selected peeling coefficient,%.

Tab. 4. – Variation levels and ranges of variables.

Variables	Main level	Interval of variation	Lower level	Average level	Upper level
X <sub>1</sub> ,%	13	1	12	13	14
X <sub>2</sub> , min <sup>-1</sup>	1800	150	1500	1650	1800

Tab. 4 presents varying intervals and variables levels X<sub>1</sub> ÷ X<sub>2</sub>. Experiments were conducted on a pilot equipment, where for peeling used barley with homogeneity of 95% and a bulk density of 655 g/l. The peeling coefficient is

determined according to a randomized peeling matrix on two parallel samples shown in Table 4. Processing the, data shown in Table 5, was produced by the following regression equation:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_1^2 + a_4X_2^2 \quad (2) \quad Y = -10,77 + 4,92X_1 + 0,08X_2 - 0,18X_1^2 - 0,000021X_2^2 \quad (3)$$

Where:  $a_0$  — free member of equation;

$a_i$  — coefficients of regression equation.

From where follows that it is possible to take average value of dispersion for dispersion of experiment. The significance of regression coefficient Y was assessed by Student-Fisher criterion at  $N = 8$  (degree of freedom) and a significance level  $\alpha = 0,95$ . Therefore, for Y were significant the following factors

According to the quantitative contribution studied factors located in following descending order: — grain moisture ( $X_1$ ) > rotor speed of peeler ( $X_2$ ). To test the adequacy of the resulting Y true response surface equation were calculated the residual dispersion ( $S_R$ ), Fisher criterion (F) and compared with the table data. [7.8] To test the adequacy of the resulting equation Y calculated residual dispersion

Tab. 5. – Procedure for the implementation of experiments and observations of Y- barley peeling coefficient.

Exp. №	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_1^2$	$X_2^2$	Y	$\bar{Y}_i$	$\Delta Y$
1	+	-	-	+	+	90,5	90,32	0,18
2	+	+	-	+	+	91,7	91,86	-0,16
3	+	-	+	+	+	92,4	92,42	-0,02
4	+	+	+	+	+	90,7	90,66	0,04
5	+	-	-	+	+	92,2	92,19	0,01
6	+	+	-	+	+	92,7	92,76	-0,06
7	+	-	+	+	+	90,4	90,62	-0,22
8	+	+	+	+	+	92,3	92,16	0,14
Average meaning		13	169,66	1650	2737500	91,61	91,62	0,011

where:  $X_0$  — zero term of regression equation;  $X_1$  — grain moisture;  $X_2$  — rotor speed of peeler;  $\bar{Y}_i$  — results of two parallel experiments;  $\Delta Y$  — difference between average and calculated values of Y.

Statistical analysis showed that the mathematical model (2) in the particular case in the form (3) adequately describes the pattern changing of the barley peeling coefficient depending on the change in time it's spent in the working zone of peeler and changes in rotor speed. From the regression coefficients of equation, after the calculation of the confidence interval found that the major factors influencing on the process of barley peeling are: grain moisture and rotor speed of peeler.

### Conclusions

Thus, in the article, based on the results of experimental investigations on barley peeling found, that at rotors speed of 1500 r/min and 1650 r/min peeling coefficient reaches 90% and 88% relatively, and when the rotors speed of 1800 r/min, and the barley processing time in the workzone — 75 seconds, the peeling coefficient reaches 93%. Consequently, the highest peeling coefficient at the same processing time achieves at rotors speed of

1800 r/min. Also found that, to get peeling coefficient about 100% could be achieved after second passing the barley through the same peeler, or by increasing time of barley spending in the working zone.

To search of optimal parameters of the barley peeling process were used the technique of extreme experiment planning on full factorial experiment (FFE) by plan N-2<sup>3</sup>. Results of processing the influence of variables: grain moisture and peelers rotor speed on the peeling coefficient, found the regularity expressing a second degree algebraic equation. Further development of research in this area will be devoted to experimental methods for determination of physical and mechanical, biochemical properties and amino acid composition of the local waste of grapes processing, beer, and sunflower, peeled and not peeled barley, and also establish the feasibility of introducing non-traditional raw materials in the formulation of feed.

### References:

1. Egorov G. A., Melnikov, E. M., Maksymchuk B. M. Technology of flour, groats and compound feeds. – M.: Kolos, 1984. – p.319–324.
2. Chernyaev N. P. Feed production. – M.: Agropromizdat, 1985. – 253 p.

3. Chebotarev O. N., Schazzo A. Yu., Martinenko Ya. F. Technology of flour, groats and compound feeds. – AM: ICC Martin, 2004.- 688p.
4. The magazine “Agriculture”, 2008, 18 – № 2.
5. Korentd G. V. Crop with basics of breeding and seed. M: Agropromizdat, 1990. – P. 34.
6. Koleda V. A., Duduka A. A. “Crop”, “ITC Finance» 2008. – P. 46
7. Grachev Y. P. mathematical methods of planning experiments. – M. – food processing industry, –1979. –200 p.
8. Gelman V. D. Solving mathematical problem with EXCEL tools: Workshop. SPb.: Peter, 2003. –240 p.
9. The patent RUZ No. 00724 “The device for a grain peeling”./Baltabayev U. N., Tursunkhodzhayev P. M., Aykhodzhayeva N. K., Khusanov I. N., Tsoi. G. N.//Bulletin of Inventions. 2012. – № 4.

*Brigas Alexey Vladimirovich,*  
*research associate*  
NSC “Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture”  
*E-mail: Aleksseich@mail.ru*  
*Brigas Elena Petrovna, Ph. D.*  
*Institute of Agroecology and Environmental NAAS*  
*E-mail: brygas\_o@ukr.net*  
*Fenenko Anatoly Ivanovich, d.tch. n., Professor*  
NSC “Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture”

## **Evaluation of quality of raw milk by different technologies milking**

**Abstract:** assessed the status of raw milk at different milking technology. Found that when the air supply centralized get better quality milk for microbiological parameters.

**Keywords:** milking machine, milk quality, the total bacterial contamination

*Бригас Алексей Владимирович,*  
*научный сотрудник*  
ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»  
*E-mail: Aleksseich@mail.ru*  
*Бригас Елена Петровна, к. б. н.*  
*Институт агроэкологии и природопользования НААН*  
*E-mail: brygas\_o@ukr.net*  
*Фененко Анатолий Иванович, д.тех. н., профессор*  
ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

## **Оценка качества сырого молока за разных технологий доения**

**Аннотация:** проведена оценка состояния сырого молока при различных технологий доения. Установлено, что при централизованной подаче воздуха получаем молоко лучшего качества по микробиологическим показателям.

**Ключевые слова:** доильный аппарат, качество молока, общее бактериальное обсеменение

**Введение.** Продукты животноводства относятся к категории более ценных продуктов питания. Компоненты, входящие в их состав являются исходными материалами для построения тканей, биосинтеза необходимых систем, которые регулируют жизнедеятельность организма, а также для покрытия энергетических затрат. Понятие качества продукции животноводства, с учетом сложности и многовари-

антности их состава, специфики свойств определяется комплексом показателей. Главные показатели при оценке уровня качества имеют показатели назначения, с помощью которых должна быть обеспечена достаточно полная информация в отношении биологической ценности продукта, органолептических показателей, гигиенических и токсикологических характеристик, а также стабильность свойств.

**Методы исследования.** Производственные исследования, разработанной доильной установки с централизованной подачей воздуха в доильный аппарат по сравнению с серийной доильной установкой «Брацлавчанка» проводили в опытном хозяйстве ННЦ «ИМЭСХ» в с. Оленівка Фастовского района, на коровах черно-пестрой породы с суточным удоем 18–25 кг молока и годовым — 5500–7700 кг. Производственные исследования проводились с целью выявить преимущества по улучшению качества молока, путем подачи в линию доильной установки очищенного воздуха, полноты выдаивания, а также интенсивности молокоотдачи.

Для проведения производственных исследований был изготовлен фрагмент доильной установки с централизованной подачей очищенного воздуха в пульсокоlector.

Экспериментальный доильный аппарат с централизованной подачей воздуха в пульсокоlector сравнивали с базовым доильным аппаратом попарного воздействия производства ОАО Брацлав. Дояния проходило на молочной ферме опытного хозяйства ННЦ «ИМЭСХ» ГП «ОХ» Оленівское» в коровнике на 100 голов с привязным содержанием.

Оценку микробиологических показателей молока проводили в пробах с общего молокосборника, пульсоколлектора (с централизованной подачей воздуха), стационарной доильной аппаратуры ГП «ОХ» Оленівское».

Пробы молока объемом 0,5 л отбирали во время раннего доения в стерильную стеклянную тару и герметично закрывали пробкой. В течение двух часов после отбора проб молоко передавали в микробиологическую лабораторию.

С сравнительным доильным аппаратом попарного действия при отборе проб проводили аналогичные операции.

Исследовали следующие показатели для оценки микробиологического качества молока:

— ГОСТ 10444.12 Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов. Данный стандарт используется для пищевых продуктов и устанавливает метод определения в них дрожжей и плесени. Метод предназначен для установления соответствия микробиологических показателей качества пищевых продуктов требованиям нормативно-технической документации, установления промышленной стерильности и выявления дефектов продуктов. Результаты оценивались по каждой пробе отдельно. Если при исследовании продукта на питательной сре-

де выявлен рост дрожжей и плесени и их наличие подтверждено микроскопированием, то ведут перерасчет для дрожжей и плесени отдельно. Количество плесени и дрожжей в 1 г или в 1 см<sup>3</sup> продукта (x) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{\Sigma!}{n1 + n2 \times 0,1} \times 10^n$$

$\Sigma$  — сумма всех подсчитанных колоний в чашках Петри в двух последовательных десятикратных разведениях;

n1 — количество чашек Петри использованных для меньшего разведения (концентрированные растворы);

n2 — количество чашек Петри использованных для большего разведения;

n — степень разведения продукта.

— ДСТУ 7357: 2013. Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического контроля;

— ГОСТ 30347–97. Молоко и молочные продукты. Методы определения *Staphylococcus aureus*. Количество колоний в 1 г или 1 см<sup>3</sup> (x) вычисляют по формуле:

$$x = (\Sigma n1 \times 10^n + \Sigma n2 \times 10^{n+1}) / 2$$

$\Sigma n1$ ,  $\Sigma n2$  — количество выросших колоний на всех чашках Петри в пределах одного разведения;

N — число десятикратных разведений.

**Результаты исследований.** На продукцию животного происхождения действующими являются стандарты различных категорий. Большинство из них распространяются на продукты переработки молока и методы контроля показателей качества. Национальным стандартом ДСТУ 3662–97 «Молоко коровье цельное. Требования при закупках» установлены более жесткие требования к качеству молока по сравнению с предыдущими (ГОСТ 13264–70 и ГОСТ 13264–88), особенно требования по санитарно-гигиеническим и микробиологическим показателям. Общее бактериологическое обсеменение и количество соматических клеток для высшего сорта соответственно не более 300 и 400 тыс./см<sup>3</sup>, для первого — 500 и 600, а для второго — не более 3000 и 800 тыс./см<sup>3</sup>. Но, кроме показателя общего бактериологического обсеменения, чрезвычайно важное значение имеют и дрожжи, coli-формы бактерий и наличие *Staphylococcus aureus*. Значительное количество данных форм бактерий снижают качество молока в несколько раз, что требует значительных затрат на специализированную термическую и антибактериальную обработку молочной продукции.

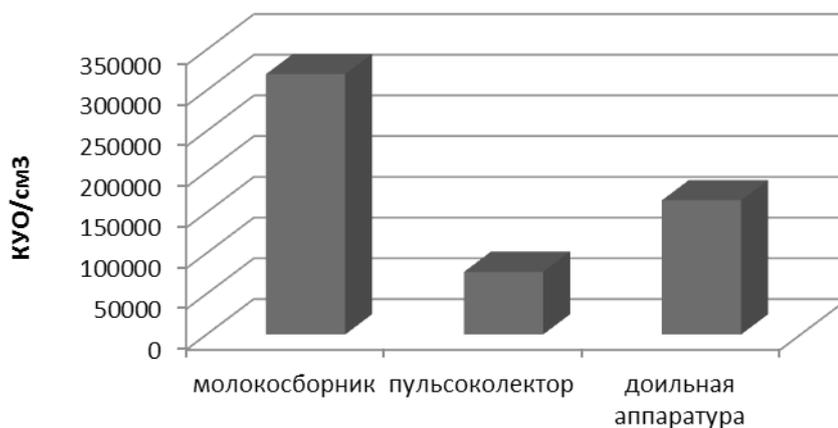


Рис. 1. Общее бактериальное обсеменение молока

Полученные результаты показывают значительное превышение общего количества микроорганизмов в молокосборнике, превышение уровня бактериаль-

ной обсемененности наблюдалось и в пробах молока из действующей стационарной доильной установки ГП «ОХ» Оленевское».

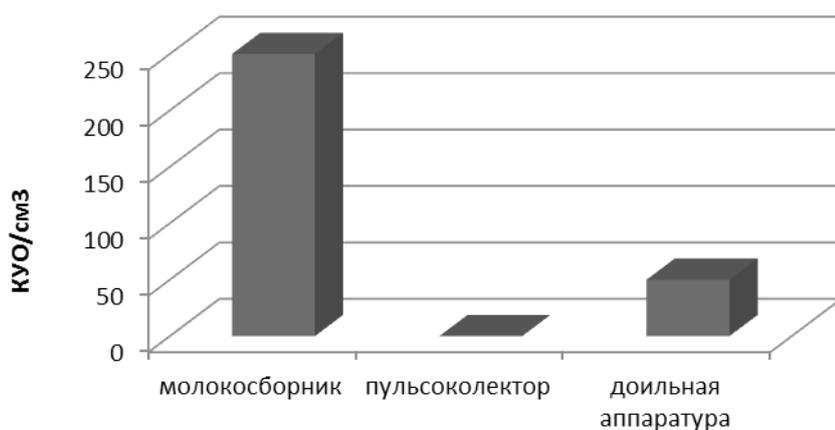
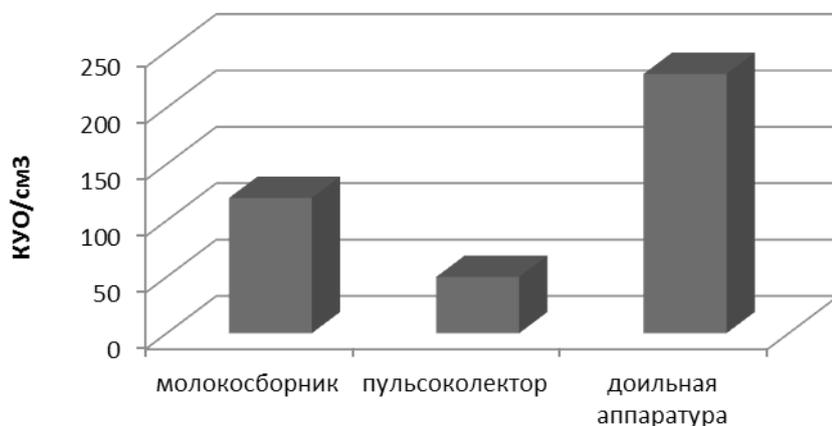


Рис. 2. Дрожжи

Значительное превышение дрожжей обнаружено в общем молокосборнике, что может привести к процессу биологического брожения и непригодности значительного количества молока к употреблению или дальнейшего использования. Опасность заключается

в том, что дрожжи способны расти и размножаться в чрезвычайно разнообразных средах, даже в присутствии разных консервантов. Попадание дрожжей в организм может привести к появлению различных заболеваний, особенно у людей с ослабленным иммунитетом.

Рис. 3. *Staphylococcus aureus*

*Staphylococcus aureus* является возбудителем многих инфекций и заболеваний, возглавляет список бактерий,

которыми наиболее часто поражается человек, около 21% со смертельным исходом. Большая концентрация

данного возбудителя обнаружена в молоке отобранном из стационарной доильной аппаратуры. Полностью очистить молоко от данных бактерий возможно только длительной термической обработкой, что значительно повлияет на качество молочной продукции.

**Выводы.** Установлено, что по уровню обсеменения и наличию других форм бактерий и гри-

бов в пробах с исследуемой доильной аппаратуры молоко соответствует нормам для высшего сорта молока по ГОСТ 3662–97, а пробы других образцов — молоко II сорта. Это свидетельствует о том, что централизованная подача воздуха в доильный установку значительно улучшает микробиологическое качество молока.

*Jumaniyazov Maksud Jabbiyevich, doctor of technical sciences, prof., Urgench State University, Republic of Uzbekistan, Urgench*  
E-mail: ximtex@rambler.ru

*Kurambaev Sherzod Raimberganovich candidate of technical sciences, docent, Urgench State University, Republic of Uzbekistan, Urgench.*  
E-mail: bitum\_2012@mail.ru

*Jumaniyazova Dilnoza Maksudovna assistant, Urgench State University, Republic of Uzbekistan, Urgench.*  
E-mail: ximtex@rambler.ru

*Saidov Hakimboy Urinbayevich master of chair chemical technologies, Urgench state university, Republic of Uzbekistan, Urgench*  
E-mail: texnologiya2011@rambler.ru

## Study anticorrosive properties gossipol resin

**Abstract:** The article presents the results of a study on the possibility of anticorrosive materials based gossipol resin. Investigation of anticorrosive properties of the resin studied gossipol potential statistical approach.

**Keywords:** gossipol resin anticorrosive materials, corrosion inhibitors, soot, sulfur, corrosion damage, the protective film.

*Жуманиязов Максуд Жаббиевич д-р техн. наук, профессор, Ургенчский государственный университет, Республика Узбекистан, г. Ургенч*  
E-mail: ximtex@rambler.ru

*Курамбаев Шерзод Раимбергганович канд. техн. наук, доцент, Ургенчский государственный университет, Республика Узбекистан, г. Ургенч*  
E-mail: bitum\_2012@mail.ru

*Жуманиязова Дилноза Максудовна ассистент кафедры общей химии, Ургенчский государственный университет, Республика Узбекистан, г. Ургенч*  
E-mail: ximtex@rambler.ru

*Саидов Хакимбой Уринбаевич магистр кафедры химические технологии, Ургенчский государственный университет, Республика Узбекистан, г. Ургенч*  
E-mail: texnologiya2011@rambler.ru

## Исследование антикоррозионных свойств госсиполовой смолы

**Аннотация:** В статье приведены результаты исследования о возможности получения антикоррозионных материалов на основе госсиполовой смолы. Исследование антикоррозионных свойств госсиполовой смолы изучен потенциостатическим методом.

**Ключевые слова:** госсиполовая смола, антикоррозионные материалы, ингибитор коррозии, сажа, сера, коррозионная разрушения, защитная пленка.

Исследование антикоррозионных свойств госсиполовой смолы при различной концентрации, без и с добавкой сажи и стабилизированной полимером МКАА-3-Н серы изучали потенциостатическим методом, путем снятия катодных и анодных поляризационных кривых на стальных электродах в водной среде (рис. 1–3).

Известны различные виды ингибиторов коррозии, содержащие в своем составе сажу и серу. Использование таких добавок позволяет уменьшить пористость и способствует образованию плотных, защитных пленок. По литературным данным известно, что триэтаноламин является ингибитором кислотной коррозии, но в водной среде не имеет таких защитных свойств [1;2]. В нашем случае был отмечен сдвиг стационарного потенциала в отрицательную сторону и увеличение скорости коррозии. Но при использовании водной суспензии госсиполовой смолы происходит сдвиг стационарного потенциала электрода в положительную область. Это действие в значительной степени усиливается при добавке сажи и или серы.

Из данных рисунков 1–3 и таблицы 1 видно, что с увеличением концентрации госсиполовой смолы увеличивается плотность тока и скорость коррозии,

что связано с возникновением пористости пленок. При этом соответственно снижается коэффициент торможения и степень защиты. Но если добавить в раствор госсиполовой смолы (1,55%), с относительно низкими ингибирующими показателями,  $\gamma$  серу и Z сажу в незначительных количествах, то происходит резкое уменьшение плотности тока и скорости коррозии. Самые лучшие результаты Z получены при концентрации сажи и серы 0,0250%. В случае добавления серы не обнаруживается определенная закономерность в концентрации и ингибирующих свойствах. Такой разброс возможно объясняется наличием в этой добавке полимерного материала МКАА-3-Н, но, тем не менее, экспериментальные данные имеют очень высокие показатели.

Полученные поляризационные измерения дают основание считать, что водорастворимые формы госсиполовой смолы, как поверхностно-активные вещества первоначально адсорбируются на стальном электроде с последующим образованием пленки, препятствующей дальнейшему коррозионному разрушению металла. Также происходит замедление как реакции разряда иона водорода (увеличение перенапряжения выделения водорода), так и реакции ионизации (анодное растворение) металла.

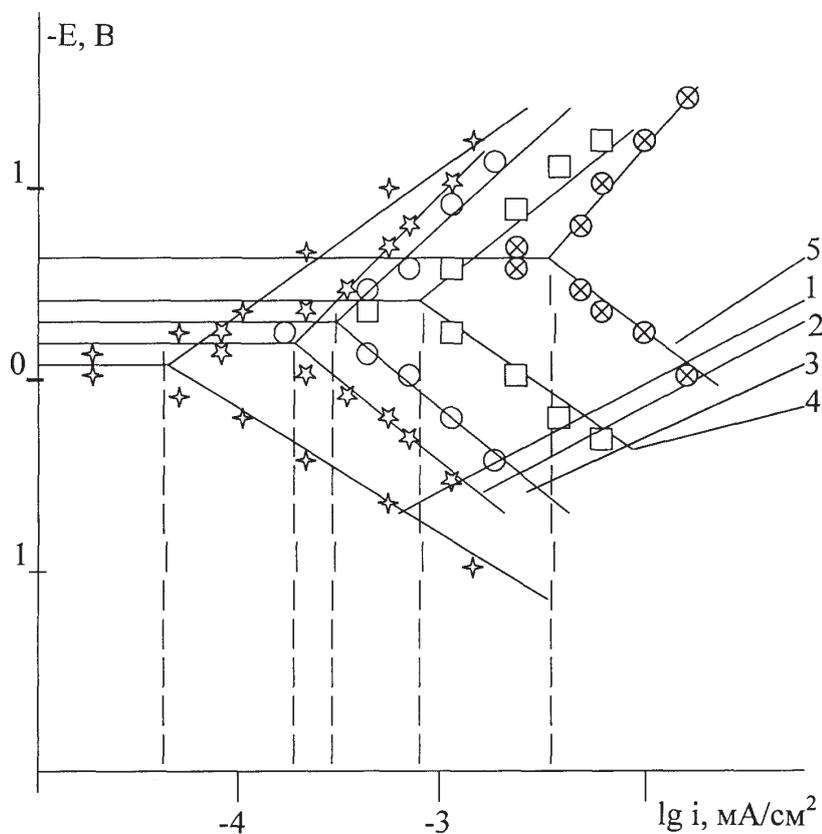


Рис. 1. Поляризационные кривые водной суспензии госсиполовой смолы при концентрации госсиполовой смолы: 1–0,38%, 2–0,77%, 3–1,16%, 4–1,55%, 5 –раствор триэтаноламина 1,55%

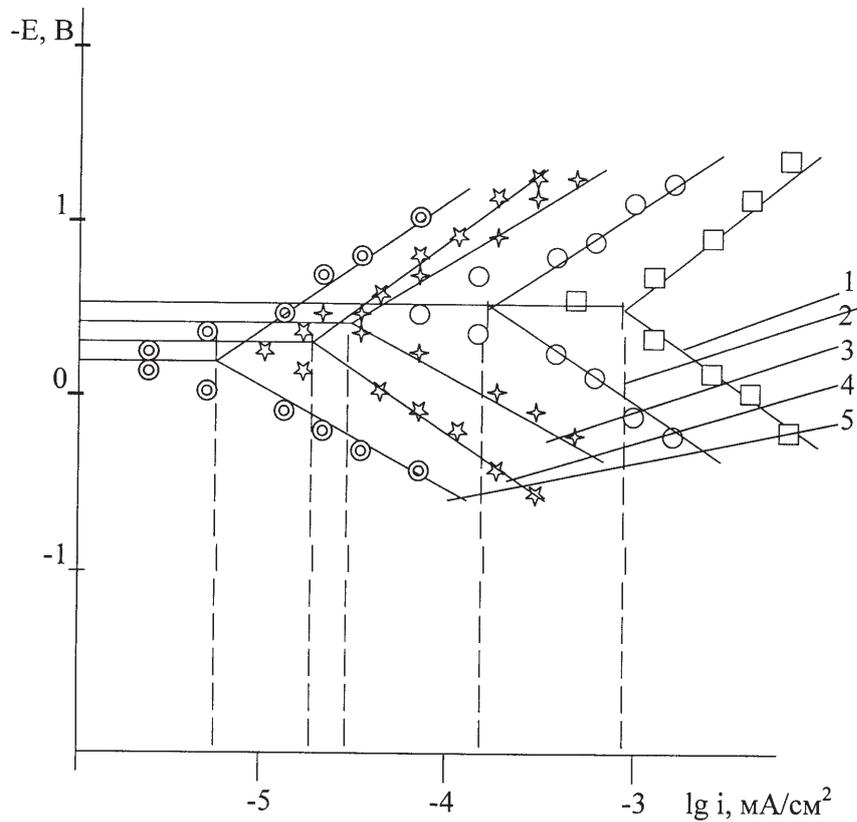


Рис. 2. Поляризационные кривые водной суспензии госсиполовой смолы при концентрации госсиполовой смолы: 1 — госсиполовая смола (1,55%) без сажи; при добавлении сажи с концентрацией: 2–0,00625%; 3–0,0125%; 4–0,0187%; 5–0,0250%;

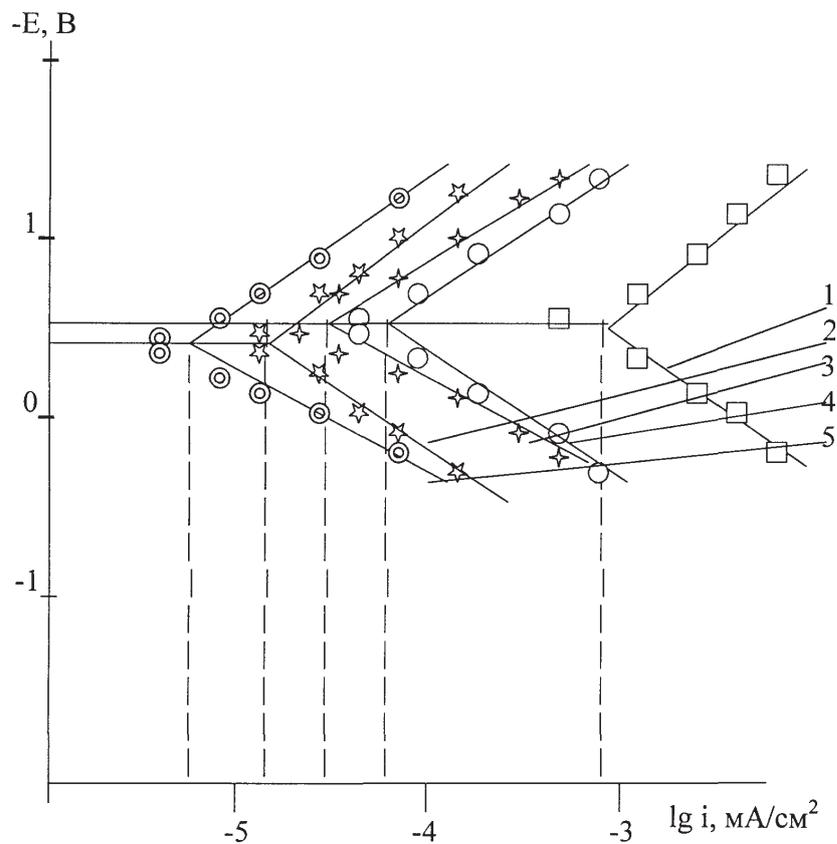


Рис. 3. Поляризационные кривые водной суспензии госсиполовой смолы при концентрации госсиполовой смолы: 1 — госсиполовая смола (1,55%) без серы; при добавлении серы с концентрацией: 2–0,00625%; 3–0,0125%; 4–0,0187%; 5–0,0250%;

При этом необходимо отметить, что диполи поверхностно-активного вещества располагаются своими отрицательными областями в сторону раствора,

что способствует сдвигу потенциала нулевого заряда и, следовательно, стационарного потенциала в положительную сторону.

Таблица 1. – Ингибирование коррозии водной суспензией госсиполовой смолы в присутствии сажи или серы

Добавка ингибитора, Масс.,%	$I_{g\ i}$ , мА/см <sup>2</sup>	$I$ , мА	$\gamma = I_0/I$	$2 = (I_0 - I)/I_0 \cdot 100\%$
Госсиполовая смола				
0,38	-4,30	0,050	20,00	95,0
0,77	-3,60	0,251	3,98	74,9
1,16	-3,50	0,316	3,16	68,4
1,55	-3,15	0,708	1,41	29,2
Госсиполовая смола (1,55%) + сажа				
–	-3,15	0,708	1,41	29,2
0,00625	-3,90	0,126	7,94	87,4
0,0125	-4,50	0,032	31,25	96,8
0,0187	-4,85	0,014	71,43	98,6
0,0250	-5,22	0,006	166,67	99,4
Госсиполовая смола (1,55%) + сера				
–	-3,15	0,708	1,41	29,2
0,00625	-4,90	0,013	76,92	98,7
0,0125	-4,55	0,028	35,71	97,2
0,0187	-4,3	0,050	20,00	95,0
0,0250	-5,15	0,007	142,86	99,3
Госсиполовая смола (1,55%) + сажа (0,00625%) + сера				
–	-3,90	0,126	7,94	87,4
0,00625	-4,00	0,100	10,00	90,0
0,0125	-4,80	0,016	62,5	98,4
0,0187	-3,70	0,120	8,33	88,0

Смещение же точек нулевого заряда в положительную сторону сопровождается одновременным увеличением перенапряжения выделения водорода и замедлением реакции коррозионного разрушения. Также не исключена возможность гидрофобизации поверхности стального электрода молекулами жиров и солей жирных кислот, которые присутствуют в составе госсиполовой смолы и играют важную роль в образовании пленки барьерного типа механизма защиты от коррозии. Следовательно, водная суспензия госсиполовой смолы является полифункциональным ингибитором коррозии.

Механизм действия таких ингибиторов объясняется, главным образом, переходом поверхности защищаемого металла в устойчивое поверхностное пленочное состояние с участием частиц мелкодисперсных добавок. Однако, действие ингибиторов в данном случае более сложно, чем простое пленкообразование и связано с характером адсорбции

непосредственно анионов поверхностно-активного вещества.

Так, при положительном заряде поверхности металла, на нем будут адсорбироваться ингибиторы являющиеся анионами, при отрицательном заряде поверхности ингибиторы, представляющие собой катионы, а при заряде поверхности близком к нулю — ингибиторы, являющиеся недиссоциированными молекулами.

На основе вышеизложенных результатов можно сделать следующие предположения о механизме антикоррозионной защиты металлической поверхности. Характерным для всех покрытий на основе госсиполовой смолы является барьерный тип защиты, но в зависимости от добавляемых компонентов могут образоваться различные виды химических соединений, которые способствуют процессу ингибирования коррозии.

#### Список литературы:

1. Антропов Л. И., Макушин Е. М., Панасенко В. Ф. Ингибиторы коррозии металлов. – Киев: Техника, 1981. – 182 с.
2. Розеньфельд И. А. Ингибиторы коррозии. – М.: Химия, 1977. – 362 с.

*Kulinich Viktoriia Viktorovna, Kherson State Maritime Academy  
postgraduate student, the Faculty of Navigation  
E-mail: victorystep@list.ru*

## **Reducing the accidents rate of maritime vessels by decreasing watch officer's fatigue using foreign experience**

**Abstract:** A systematization of some basic elements in watch officer's work conditions is examined in the article. The 4 element's optimal cooperation was found as reflection of conception named WELL. The purpose of this conception was decreasing watch officer's fatigue, and, as consequence, reducing the accidents rate of maritime vessels.

**Keywords:** the accidents rate of maritime vessels, human factor, fatigue, the WELL conception.

*Кулинич Виктория Викторовна,  
Херсонская государственная морская академия,  
аспирант, факультет судовождения  
E-mail: victorystep@list.ru*

## **Снижение аварийности морских судов посредством уменьшения утомляемости вахтенных офицеров, опираясь на иностранный опыт**

**Аннотация:** В статье предложена систематизация некоторых основных элементов в условиях труда вахтенного офицера. Оптимальное взаимодействие 4-х элементов нашло отражение в виде концепции «WELL», целью которой является уменьшение утомляемости вахтенных офицеров и, как следствие, снижение аварийности морских судов.

**Ключевые слова:** аварийность морских судов, человеческий фактор, усталость, концепция «WELL».

**Введение.** Несмотря на высокий уровень развития технической составляющей, статистика аварийности в мировом морском судоходстве свидетельствует о том, что более 80% всех аварий происходит при непосредственном участии человека. Причиной этого стал стремительный прорыв в науке и технике, основные усилия которого были направлены на совершенствование эффективности и надежности судовых систем. То есть знания, направленные на технику, а не на человека [1, 98–99]. Среда постоянной автоматизации, в которой находится человек на судне, должна значительно облегчать работу, путем более быстрого выполнения поставленных задач, что, как следствие, должно привести к лучшему реагированию в нестандартных ситуациях. Это, в свою очередь, должно повлиять на снижение аварийности морских судов. Но, к сожалению, уровень аварийности мирового флота остается достаточно высоким [2, 4–5]. И, как оказалось, высокая надежность оборудования составляет лишь небольшую часть повышения безопасности мореплавания. Судно как система является «человеческой» системой, и ошибки людей играют наибольшую роль в возникновении аварийных ситуаций [1, 81].

Официальным требованием авторитетной Международной морской организации (ИМО) является рассмотрение человека (оператора) как главной со-

ставляющей в системе обеспечения безопасности судоходства, поэтому необходимо принять в расчет два обстоятельства, которые могут повлиять на возникновение несчастного случая. Это степень возможностей человека и степень надежности человека, как элемента системы управления. По результатам исследований, проведенных на морском транспорте, можно выделить ряд факторов, которые ставят под сомнение надежность выполнения операторами своих функций [3, 621–626]. И одним из главных факторов, влияющих на аварийность, является чрезмерная усталость, потому что уставший человек не всегда способен принимать быстрые и правильные решения и адекватно реагировать на различные ситуации [4, 1–2].

**Актуальность исследований.** Очень много исследований и разработок по проблеме «человеческого фактора» на судне выполняются в разных странах мира со своими подходами и рекомендациями, большая часть которых нашла отражение в международных морских документах ИМО, МОТ и др. [1, 83–84], [5]. Но, несмотря на это, уровень аварийности мирового флота совсем не снизился, и держится с завидным постоянством [6, 16–17]. Результаты исследований, проводившихся при поддержке Голландского Министерства транспорта, общественных работ и водных ресурсов показали, что возникновение столкновений

и посадка на мель на 11–23% зависит от фактора усталости [4, 2]. Поэтому анализ причин аварийности, с точки зрения такой весомой составляющей физиологического и психологического состояния вахтенного офицера, как усталость, и выделение основных направлений снижения этого фактора в настоящее время остается актуальным.

**Цель статьи.** Целью статьи является выявление наиболее значимых методов борьбы с утомляемостью вахтенных офицеров, что может повлиять на снижение аварийности морских судов. Впервые предложена концепция «WELL», представляющая собой оптимизацию основных составляющих условий труда вахтенного офицера для уменьшения уровня утомляемости на судне.

**Изложение основного материала.** Любая работа со стороны выглядит чем-то простым, пока за нее не приходится взяться. Работа вахтенного офицера не является исключением. Нагрузка довольно часто является немалой, так как работа состоит из несения вахты (наблюдение и расхождение с другими судами) и попутной работы с документами, корректурой карт и книг, выполнение особых поручений капитана, прием-передача сигналов и т. п. Все это приводит к недосыпанию и чрезмерной усталости, последствия которой могут привести к несчастным случаям. И, как показывают исследования [7, 235–239] потеря сна, сонливость и усталость приводят к немалому количеству инцидентов и аварий (39% Отчетов об инцидентах на море описывают сон или сонливость как факторы, приводящие к аварийности судов). А кроме нагрузки возникает еще как минимум две основные задачи: поиск необходимой информации в технической литературе (конвенции, кодексы, инструкции и т. д.), а также возможные проблемы с механизмами. Когда штурман не может обойтись без какого-либо прибора, то это не есть хорошо. Возникает беспокойство из-за невозможности воспользоваться прибором и, во многих случаях, невозможности применения традиционных знаний. А нестабильность психического состояния часто приводит к ошибкам, которые могут стать фатальными.

Основные методы борьбы с усталостью вахтенных офицеров отразим с помощью концепции «WELL» (рис. 1).

Концепция «WELL» представляет собой оптимальное взаимодействие четырех составляющих, которые приводят к снижению утомляемости вахтенного офицера:

1. W — Watch (Вахта) — применение альтерна-

тивной системы несения вахты.

2. E — Equipment (Оборудование) — внедрение соответствующего дизайна оборудования.

3. L — Light (Свет) — использование определенного освещения для улучшения бдительности.

4. L — Lore (Накопленные традиционные знания) — постоянная тренировка профессиональных знаний для предупреждения пассивации накопленных навыков.

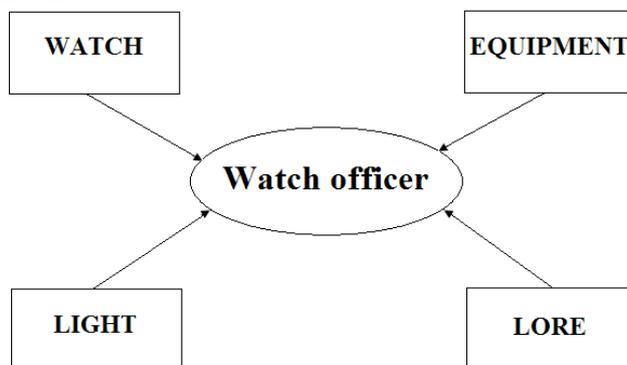


Рисунок 1 — Схема концепции «WELL»

Рассмотрим более подробно элементы данной концепции, опираясь на зарубежный опыт.

1. Альтернативная система несения вахты.

Одним из способов уменьшения усталости является внедрение альтернативной системы несения вахты [4, 3]. Капитан Роберт Шин (вице-президент холдинга по океанским перевозкам) использовал данную систему на практике. Эта схема была основана на разработках Западного Немецкого Министерства Технологий и Исследований для одиночного несения вахты на мостике. Альтернативная система несения вахты состоит из серии 2-х и 6-ти часовых вахт. Каждый человек несет одну 2-х часовую и одну 6-ти часовую вахту ежедневно. Например, на судне с 3-мя вахтенными офицерами второй помощник несет вахту с полуночи до 6-ти утра, а затем — с 8-ми до 10-ти утра, затем отдыхает, исключая любые другие работы на борту или сверхурочные работы до начала следующих суток. Старший помощник несет вахту с 6-ти до 8-ми и с 12-ти до 18-ти, а отдыхает до 6-ти утра следующего дня, пока несет вахту третий помощник капитана с 10-ти до 12-ти и с 18-ти до 24-х с дальнейшим отдыхом до 10-ти утра следующего дня. Эта схема дает возможность персоналу на борту работать сверхурочно 4 часа каждый день, полностью отвечая требованиям ПДМНВ и Американскому Акту по Предотвращению Загрязнения Моря Нефтью 1990. Это также позволяет вахтенному офицеру иметь достаточное время для отдыха, занятия личными делами в свободное время и т. д. Данная система

сработала достаточно хорошо и прошла довольно долгий путь для улучшения качества жизни экипажа на борту судов.

Схема альтернативной системы несения вахты изображена в виде таблицы 1.

Таблица 1 — Альтернативная система несения вахты [4, 3]

	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Второй помощник капитана	00–06				08–10							
Старший помощник капитана				06–08			12–18					
Третий помощник капитана						10–12				18–24		

2. Внедрение соответствующего дизайна оборудования.

Человеческий фактор представляет собой не просто ошибки человека в целом, но и плохое использование судовых систем и механизмов человеком как пользователем. К сожалению, оборудование на судах не сделано под один стандарт, часто созданное неудобным для использования, является фактором создания аварийных ситуаций и занимает 1/3 часть из них [8, 50].

Доктор наук Анита М. Ротблум [9, 4–5] принимает во внимание то, что человеческая ошибка может быть значительно уменьшена с помощью соответствующего дизайна приборов (оборудования) и с соответствующей организацией, внутри которой оборудование и рабочая среда сконструированы таким образом, чтобы оператор быстрее адаптировался к ним, то есть дизайн, направленный на человека. Человек в такой обстановке будет чувствовать себя более уверенным, что повлияет на производительность труда, а также приведет к уменьшению усталости.

3. Использование определенного освещения для улучшения бдительности.

Для улучшения бдительности морских операций Уильям Г. Сироиси (вице-президент и главный управляющий офицер, директор медицины) предложил использовать различные виды освещения [4, 6].

Усталость является проблемой в морской индустрии, в связи с расширенным циклом обязанностей и требований вахтенного расписания. Биологические часы автоматически включаются в мозг человека и снижают уровень бдительности ночью. Таким образом, вахтенные офицеры не достаточно хорошо подготовлены для обеспечения оптимального выполнения обязанностей в ночные часы.

Существуют инновационные технологии для помощи поддержания бдительности экипажа и уровня их обязанностей. Научные исследования определи-

ли, что в дополнение к поддержанию наблюдения, у света есть другие невизуальные эффекты, такие как сброс наших биологических часов и улучшение бдительности. Исследуя посменную работу, была сделана оценка факторов, которые влияют на улучшение бдительности и исполнительности ночью. Солнечный свет — это обширное сочетание цветов, воспринимаемое человеческим глазом как белый. В первую очередь были проведены эксперименты, использовавшие высокую интенсивность белого яркого света.

Научные исследования доказали, что непродолжительные включения голубого или зеленого света являются более эффективными чем белый свет, создавая таким образом оповещающие эффекты с меньшей интенсивностью. Например, появление 5 вспышек голубого света за 40 минут создаст эффект равный появлению 5000 вспышек белого света на протяжении более длительных периодов. Правильное распределение двух или трёх коротких включений данного света за 20 минут может улучшить бдительность и исполнительность на протяжении всего ночного периода.

Береговая охрана США протестировала эффективность малоинтенсивного зеленого света для предотвращения несчастных случаев, вызванных усталостью, и внедрила в использование периодическое включение зеленого света через их Систему Управления Выносливостью Экипажа.

Недавние исследования проводили сравнения эффективности голубого и зеленого света с целью улучшения бдительности. Добровольцы обнаружили, что голубой свет делает их менее сонными, периодически улучшает их реакцию и уменьшает их ошибки, зависящие от внимательности, являясь более результативным, чем зеленый свет. Тем не менее, авторы исследований обнаружили, что все еще требуется дальнейшие разработки, особенно в отношении безопасного длительного использования, ввиду того, что голубой свет может нанести вред сетчатке глаза.

4. Постоянная тренировка профессиональных знаний для предупреждения пассивации накопленных навыков.

Постоянное развитие технологических средств судовождения постепенно приводит к тому, что традиционные морские знания, которые так же необходимы в случае отказа механизмов, постепенно отходят на второй план, а на первый план постепенно выходит правильная и безопасная эксплуатация судна, как технической системы. Хорватскими учеными был изучен феномен социально-технических несоответствий и технологических преимуществ [8, 51–54]. Для этого было проведено исследование с помощью семи групп квалифицированных моряков (28 специалистов), которым было поручено выполнение нескольких навигационных задач различными способами, с помощью различных приборов. Оказалось, что решения большинства (21 моряк) базировались на использовании автоматических систем без дополнительных проверок традиционными способами, которые являются хоть и менее удобными, но более надежными.

В работе [10, 375] описываются три типа ошибок человека, связанных с его профессиональными качествами: 1) ошибочные решения, которые являются действием или бездействием человека, не имеющего достаточного уровня знаний, вследствие чего делается неверный выбор; 2) ошибки на основе так называемых рабочих навыков, связанные с недостатком сознательной мысли; 3) ошибки восприятия, когда индивидуальное восприятие отличается от реальности, что приводит к иллюзиям и пространственной дезориентации. Также отмечается, что ошибки, связанные с недостаточностью навыков являются одними из основных причин возникновения аварий.

Таким образом, максимально возможная автоматизация процессов управления ведет к пассивации операторов, которая четко выражается в моменты, когда необходимо сделать быстрое и приоритетное действие. Развивается феномен технологического воздействия, то есть такого, что действует на активные знания и умения, делая их пассивными, что явля-

ется недопустимым в экстремальных ситуациях. Ведь в таких ситуациях человек должен использовать накопленные навыки оптимальным образом, не полагаясь полностью на технику. Невозможность справиться с поставленной задачей без использования техники приводит к нервному перенапряжению и стрессовому состоянию, в котором человек не способен адекватно оценивать ситуацию, контролировать и принимать правильные решения. А постоянные стрессы и нервозность также влияют на уровень утомляемости человека.

Автоматизация и ручное управление на судне должно быть сбалансировано таким образом, чтобы максимально снизить человеческую ошибку [11, 77–80]. А для того, чтобы умственная деятельность была на должном уровне необходимо постоянно тренировать накопленные традиционные знания [12, 64–65]. Это позволит вахтенным офицерам чувствовать себя уверенно на рабочем месте, со стабильным психическим состоянием.

**Выводы.** Итак, эффективно сбалансированные условия труда на рабочем месте, что достигается учетом многих факторов, приведут к улучшению физиологического и психологического состояния человека, так как решение должно приниматься на свежую голову и ум должен быть ясным. Предложенная в работе концепция «WELL» является одним из способов систематизации важнейших элементов в условиях труда вахтенных офицеров. Данная концепция направлена на снижение утомляемости, что приводит к улучшению бдительности и поддержанию высокого уровня компетентности вахтенных офицеров на мостике.

Исследования методов уменьшения усталости являются недостаточными. Необходимо еще много времени, чтобы отечественные и зарубежные ученые пришли к одним выводам, тогда была бы возможна оптимизация процессов и функций, связанных с управлением и эксплуатацией судов, с внедрением единых стандартов для обеспечения наиболее эффективного функционирования вахтенных офицеров и сведения к минимуму аварийность морских судов из-за человеческой ошибки, в частности из-за ошибки в результате чрезмерной усталости.

#### Список литературы:

1. Топалов В. П., Торский В. Г. Уроки морских аварий: практическое пособие. – Одесса: Астропринт, 2004.
2. R. de la Campa Portela. Maritime casualties analysis as a tool to improve research about human factors on maritime environment//Journal of Maritime Research, Vol. II. No. 2, pp. 3–18, 2005.
3. Снопков В. И. Управление судном. – Санкт-Петербург, 2004.
4. The International Maritime Human Element Bulletin “Alert!”. Issue No. 13 January 2007.

5. Торский В.Г, Позолотин Л. А. Международные конвенции, кодексы, рекомендации ИМО и МОТ. – 3-е изд. – Одесса: Астропринт, 2007.
6. International Shipping Facts and Figures – Information Resources on Trade, Safety, Security, Invironment/International Maritime Organization (IMO), London 2012.
7. Phillips, R.: Sleep, watchkeeping and accidents: A content analysis of incident at sea reports, Transportation Research – Part F, No 3, 2000, 229–240.
8. Bielić T., Mohović R., Ivče R.: Sociotechnical Model of Ship Organization Effectiveness//Promet – Traffic&Transportation, Vol. 23, 2011, No. 1, 49–57, Croatia.
9. Rothblum, A. Human Error and Marine Safety. Maritime Human Factors Conference, Linthicum 2000.
10. Ćorović B., Djurović P.: Research of Marine Accidents through the Prism of Human Factors//Promet – Traffic&Transportation, Vol. 25, 2013, No. 4, 369–377, Croatia.
11. M. Lutzhoft. The Technology's Great When it Works, Maritime Technology and Human Integration on the Ship's Bridge./Linköping Studies in Science and Technology, Dissertation No. 907, 2004.
12. Степкова В. В., Кулинич В. Г. Целесообразность внедрения некоторых инноваций в торговом флоте и проблемы при их использовании//Материалы 4-й Всеукраинской научно-практической конференции СЭУТТОО-2013 – Херсон: ХГМА, 2013 – С. 64–65.

*Nazarenko Elvira Anatolevna,  
Nikozjat Julia Borisovna,  
Ivaschenko Elena Dmitrievna  
Poltava University of Economics and Trade  
E-mail: butko\_elvira@mail.ru*

## **The results of ecological security monitoring of agricultural plantings under high concentration of fluorides in soils of Poltava region**

**Abstract:** To estimate the environmental safety of food raw materials it is important to monitoring agricultural crops and soil in. Where they grow. The quality of the soil in Poltava region worsens every year. Moreover, most of them have high content of water-soluble (w/s) forms of fluoride, and it leads to its accumulation in plant material. The excess of fluoride in plants penalizes the functions of their life and reduces their productivity. Consumption of products made of such plant material is additional source of fluoride in a human body that contributes to development of pathologies such as fluorosis.

This work presents the results of monitoring of fluoride in soils and agricultural crops in some districts of Poltava region. There was established relationship between the concentration of water-soluble fluoride in the soil and their content in certain cultures. There was determined the necessity of creating a package of regulations to control the content of fluoride in plant material.

**Keywords:** environmental safety, fluoride, soil, plants, MPC (maximum permissible concentration), fluorosis.

**The urgency of the research.** The food security which is being done through the control of agrarian production, raw materials and finished product is complicated many — layered process that urgently needs solving the problem of monitoring of soils pollution and growing from them plants further contamination.

Poltava region has constant tendency of agricultural soils worsening. Many types of soils are characterized by moving forms of fluorides, so they cause special danger because moving water-dissolving forms (fluorides of alkali metals) can be easily transferred to the tissues of plants [1, 12].

Under the conditions of modern agricultural production, the fluoride pollution takes place while using chemical fertilizers, pesticides, etc. The matter is that Poltava region soils have fluoride containing mineral soils (fluorapatites and others) which are washed out by ground waters especially by alkaline ones. Average fluoride content of these waters is 2,5–4,5 mg/l, but it should not exceed 1,5 mg/l [2, 59].

The above mentioned processes lead to constant fluoride accumulation in the whole chain of its migration.

Fluoride accumulation in soils leads to disastrous consequences connected with their characteristics

changing due to chemical activity of fluoride acid to be created of solid and fluid fluoride combinations. Besides that, there is destruction of clay and other mineral complexes. In this research we proved that fermentative activity of microorganisms is reduced in soils with high fluoride content. Permissible concentration of fluoride for plants depends on soil and biological factors, type of plant, stage of its development, etc.

It is known that plants contamination by fluorides leads to [3, 314]:

1. Respiratory activity multifunction and lessening of oxygen consumption;
2. Lessening of chlorophyll concentration and reducing of nutrients assimilation (including starch);
3. Oppression of some ferments and catalysts functions;
4. Cells membranes damage;
5. Cell microbody metabolism change and nucleic acids destroying;
6. Synthesis of toxic fluoridorganic combination (south African plants, soya).

The result of the above mentioned processes is general plants slowing down and crop capacity reduction. The most dangerous factor of fluoride contamination is fluorides consumption by people and animals.

The effect of fluoride toxicity with its stable form of fluoride anion upon human organism is rather well — known.

First toxicity of fluoride anions is explained by formation of slightly soluble salts (fluorides) and complex combinations with cations  $Ca^{2+}$  and  $Mg^{2+}$  and other biogen elements — activators of ferment systems. As a result we have oppression of ferments, carbohydrates and fats exchange breaking, slowing down fatty acids oxidization.

Second, fluorides are more chemically active than iodides and thus can be their competitor in synthesis of thyroid gland hormones, they can influence upon its functions, causing certain diseases. Besides that, fluorides are allocated in various tissues of a human body unequally and being much akin to calcifiable tissues, they are accumulated in them during the length of life [4, 87]. Endurable excessive presence of fluorides in a human body can cause pathological condition — fluorosis (specific colouring of teeth enamel), and malfunction of bone tissue mineralization (closure of pelvic bones, spine, ribs, thorax mobility limitation). Blood making organs are also under negative influence, there is irritation of red sprout of marrow and oppression of white one [5, 39].

According to the above mentioned, the aim of our

research is estimation of the soils with different fluoride contamination level, their agricultural using, determining the levels of the given element accumulation in agricultural plantings which are grown in Poltava region and strategically essential for Ukraine.

FINDING. Plants differently react upon high concentration of fluorides in the soil [6, 37]. For example, haricot, asparagus, cabbage, carrot, onion, osier are resisting to fluoride contamination and corn, parsley, gladiolus, apricot, pine-tree are chosen the plantings for the research which prevail in Poltava region: grain — crops, corn, soy, sunflower, sugar beet.

Soils and raw materials tests were conducted at the districts with increased fluoride content in water [2, 60]. They are Karlivka District, Mashivka District, Chiutove District, Shyshaky District, Velyka — Bagachka District. Among the tested soils there prevailed chernozem soils deep midhumic. Selection of tests for the analysis of fluorides was conducted according to valid State Standard 17.4.4.02–84 and State Standard of Ukraine 335596. Chemical analytical research was conducted at the “Poltavastandartmetrologia” and at the chair of Poltava University of Economics and Trade.

To define quantitative gross content of fluoride and water — soluble fluoride in soils and plants we should use potentiometric method. To define gross fluoride in soil, the tests were first fritted water-soluble fluoride was extracted by extraction method. To define fluorides in plants the tests were first incinerated [7, 473].

Tolerance concentration in soils for gross content of all the fluoride forms is not regulated by normative documents, but due to some sources [9,79] it is about 330 mg/kg and tolerance concentration for water — soluble forms must not outdo 10 mg/kg [8,3].

According to the research results (table 1), soils of the researched territories have overdone tolerance concentration in Mashivka District (in 3 times) and Karlivka District (in 4 times).

As a result, the majority of agricultural plantings that grow at those particular soils have fluoride content.

So in corn their content outdoes the norm in 4–5 times, in barley in 3 times, in sugar beet in 7 times, in soy in 4–5 times. It is known that fluoride consumption due to consumption of preprocessed products will outdo the day need (1–4 mg.).

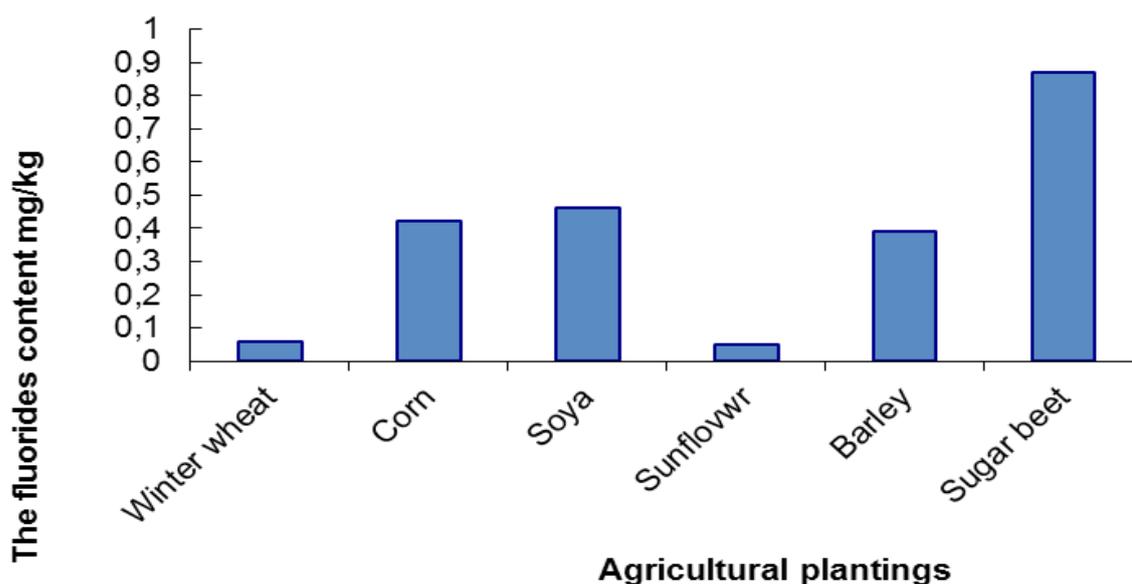
Content of fluorides in straw in the majority of the researched plantings (wheat, corn, barley) does not exceed tolerance concentration or is at the margin (soya) but straw of sunflower has exceeded content.

Table 1 – The results of research of fluorides content in soils agricultural plantings for some districts of Poltava region

Name for district	Content of gross fluoride in soil mg/kg	Tolerance concentration of gross fluoride in soil 1 mg/kg	Content of water-soluble fluoride in soil mg/kg	Tolerance concentration of water-soluble fluoride in soil mg/kg	Agricultural plantings	Content of gross fluoride mg/kg
Mashivka District	134,5	330,0	40,5	10	Winter wheat: grain straw	2,50 8,80
	134,0		26,0		Corn: grain straw	11,06 12,49
	134,2		26,2		Soya: grain straw	12,13 15,57
Karlivka District	119,5		40,4		Sunflower: grain straw	2,00 17,46
Chiutove District	181,5		20,3		Barley: grain straw	7,76 11,65
Shyshaky District	68,9		22,4		Sugar beet	19,48
V.- Bagachka District	102,3		27,3		Corn: grain	13,48

The main danger is while consuming the plants polluted by fluorides which turn assimilated from soil or air inorganic fluoride combinations into organic ones to be much more contaminant for a human being. According to the data [3,316] organic fluoride combinations, extracted from soya, are in 500 times more toxic than inorganic fluoride combinations.

The quantity of fluoride consumed by plant from soil certainly depends on soil peculiarity, anatomy and physiology of plant itself. We can see certain dependence between concentration of water-soluble fluorides in soil and their content in some plantings. For example 1 mg/kg of water-soluble fluorides in soil are 0,47 mg/kg fluorides in corn grain (picture 1)



Picture 1. Number of fluorides in agricultural plantings is upon 1mg/kg soil fluorides.

Defining this dependence permits us according to the soil analysis results for water soluble fluorides content find possible contamination of plants raw materials which grow at the given territory.

#### Conclusions.

The results of conducted research permit to

substantiate scientifically the necessity of state (regional) standards development to control plant raw material of geochemical provinces for fluorides content and the recommendations as for secure and the most rational usage of soils with different level of fluorides pollution in agriculture.

#### References:

1. Programa okhorony dovkilliya, ratsionalnoho vykorystannya pryrodnykh resursiv ta zabezpechennya ekolohichnoyi bezpeky z urakhuvannyam rehional'nykh priorityativ Poltavskoyi oblasti na 2012–2015 roky (2012) Regional program for environmental protection, rational use natural resources and environmental safety, taking into account regional Ukraine.
2. Nazarenko, E. A., Nikozyat, Yu. B., and Ivashchenko, O. D. (2014), “Problems fluorides contamination of soil and water geochemical province (for example, Poltava region)”, *Ekolohichna bezpeka*, no. 1 (17), available at: [http://www.kdu.edu.ua/EKB\\_jurnal/2014\\_1%2817%29/Pdf/S9.pdf](http://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2014_1%2817%29/Pdf/S9.pdf) (accessed August 15, 2014).
3. Kabata-Pendias, A., Pendias, Kh. (1989), *Mikroehlementy v pochvakh i rastenyakh* [Trace elements in soils and plants], Translated from English, Mir, Moscow, Russia.
4. Popov, O. I., Podryhailo, L. V., Danilenko, G. N., and Semko, N. G. (2000), “Effects of fluorine and its derivatives on the environment and the human body”, *Vrachebnaya praktika*, no. 1, pp. 87–89.
5. Rakhmanin, Yu. A., Kiryanova, L. F., Makhajlova, R. I., and Sevost'yanova, E. M. (2001), “Caries and fluoride: water as a cause, problems and solutions”, *Vestnik Rossijskoj akademii meditsynskikh nauk*, no. 6, pp. 34–39.
6. Tandelov, Yu. P. (2012), *Ftor v systeme pochva–rastenye* [Fluoride in soil-plant system], RASKhN, Krasnoyarsk, Russia.
7. Myneeva, V. H. (2001), *Praktykum po ahrokhymyy* [Workshop on Agricultural Chemistry], RASKhN, Moscow, Russia.
8. Sanitary norms of permissible concentrations of chemicals in soil: SanPin 42–128–4433–87 [Sanytarnye normy dopustymykh kontsentratsyy khymycheskykh veshchestv v pochve: SanPyN 42–128–4433–87], (1987) Mynzdrav SSSR, Moscow, Russia.
9. Serhyenko, L. Y. (1985), “Hygienic regulation of total and digestible fluorine in soil”, *Hyhyena y sanytariya*, no. 11, pp. 78–79.
10. Haponyuk, E. Y. (1983), “Degree of environmental contamination of soil fluorides”, *Kontrol zahryazneniya pryrodnoy sredy*, vol. 1, p. 58.
11. *Produktsiya silskohospodarska roslynna. Metody vidboru prob u protsesi karantynnoho ohlyadu ta ekspertyzy* [Agricultural production plant. Methods of sampling in the quarantine inspection and examination], Derzhanyi komitet standartyzatsiyi metrolohyi sertyfikatsiyi Ukrainy, (1997), Kyiv, Ukraine.
12. Nazarenko, E. A., Nikozyat Yu. B., and Didenko Ye. P. (2013), “Monitorynh vmistu ftoru v hruntakh Poltavskoyi oblasti”, *Suchasni khimichni tekhnolohiyi: ekolohichnist, innovatsiyi, efektyvnit. Materialy rehilnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi* [Modern chemical technology: sustainability, innovation, efficiency. Proceedings regional scientific conference], Kherson, KhNTU, April 17–18, 2013, pp. 89–92.

*Polvonov Abduljalil Sattarovich,  
Namangan engineering-pedagogical Institute*

*Normirzaev Abdukayum Raximberdievich,  
Namangan engineering-pedagogical Institute.*

*Khabibullaev Alimardon Xidoyatillaevich,  
Namangan engineering-pedagogical Institute.*

*Shodmonov Davron Safaraliev,  
Namangan engineering-pedagogical Institute.*

*Valieva Gulshan Fayzimuradovna,  
Namangan engineering-pedagogical Institute.*

*Tuxliev Gayratali Axmadalievich,  
the Namangan engineering-pedagogical institute, assistant  
E-mail: nabducaum@mail.ru*

## **Study of physico-mechanical properties of the polyurethane adhesive**

**Abstract:** The article discusses the new composite materials to restore the beds bearing the powder compositions requires pre-boring, heating block, the presence of the device for electrostatic charging of polymeric material and mechanical treatment after coating.

**Keywords:** polymer, metal material, epoxy material, liquid, restoration, boring, heating, temperature, properties, mode.

*Полвонов Абдужалил Саттарович,  
Наманганский инженерно-педагогический институт.*

*Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиевич,  
Наманганский инженерно-педагогический институт.*

*Хабидуллаев Алимардон Хидоятиллаевич,  
Наманганский инженерно-педагогический институт.*

*Шодмонов Даврон Сафаралиевич,  
Наманганский инженерно-педагогический институт.*

*Валиева Гулшан Файзимурадовна,  
Наманганский инженерно-педагогический институт.*

*Тухлиев Гайратали Ахмадалиевич,  
Наманганский инженерно-педагогический институт  
E-mail: nabducaum@mail.ru*

## **Исследование физико-механических свойств полиуретанового адгезива**

**Аннотация:** В статье рассматриваются новые композиционные материалы для восстановления постелей коренных подшипников порошковыми композициями требуется их предварительная расточка, нагрев блока, наличие аппарата для электростатической зарядки полимерного материала и механическая обработка после нанесения покрытия

**Ключевые слова:** полимер, материал, эпоксидные материалы, жидкие, восстановление, расточка, нагрев, температура, свойства, режим.

Применение полимерных материалов позволяет снизить трудоёмкость ремонта машин на 20...30%, себестоимость на 15...20% и сократить при этом расход металлов на 40...50% [1].

В ремонтных предприятиях для восстановления постелей коренных подшипников блоков цилиндров применяют эпоксидные смолы ЭД-16 и ЭД-20, а также порошковые эпоксидные композиции ПЭП-177

и ПЭП-534. Однако применение эпоксидных композиций на основе смол ЭД-16 и ЭД-20 при восстановление постелей коренных постелей связано с определенными технологическими трудностями. Жидкие эпоксидные композиции обладают недостаточной жизнеспособностью. После приготовления композиции необходимо использовать её в течении 20...25 мин. При температурах эксплуатации подшипниковых узлов двигателей эпоксидные композиции имеют малую эластичность, что снижает долговечность восстановленных неподвижных соединений. Эпоксидные составы токсичны, поэтому все операции по их приготовлению и применению необходимо выполнять в специальных помещениях с усиленной вентиляцией. Для восстановления постелей коренных подшипников порошковыми композициями ПЭП-177 и ПЭП-534 требуется их предварительная расточка, нагрев блока, наличие аппарата для электростатической зарядки полимерного материала и механическая обработка после нанесения покрытия.

Перечисленные технологические трудности и отсутствие необходимого оборудования на ремонтных предприятиях сдерживают широкое применение данного способа восстановления коренных подшипников блоков цилиндров двигателей.

В последние годы химическая промышленность страны освоила выпуск полиуретановых адгезивов, которые представляют собой двухкомпонентные составы. Компоненты легко смешиваются и не содержат в своём составе высокотоксичных веществ. Они обладают хорошей вибро-, масло-, бензостойкостью, стойкостью к низким температурам и тепловым ударам; отличается хорошей адгезией к различным субстратам. Отверждение полиуретанового адгезива можно производить при температурах от минус 10 до плюс 120 °С. Однако в настоящее время отсутствуют научно обоснованные рекомендации по применению этих материалов, что сдерживает их широкое применение в ремонтном производстве.

Физико-механические свойства полиуретанового адгезива Вилад-11 к-3 исследовали на плёнках толщиной 90...150 мкм. Пленки формовали на фторопластовых пластинах. Пластины устанавливали под углом 45° и поливали раствором адгезива, а затем выдерживали на воздухе в течение 15...20 мин при температуре 20 °С. Таким образом наносили от трех до пяти слоёв. Отверждение проводили при температурах 20 °С в течение 7 суток и при 100 °С в течение 3 ч, а затем плёнки отделяли от фторопластовых пластин. Из плёнок вырезали образцы в виде прямоугольных полосок длиной 35 мм и шириной 5 мм. Физико-механические свойства

плёнок при различных температурах испытаний определяли по методике Института физической химии [2]. Разрушающие напряжения и относительные удлинения исследовали на лабораторной вертикальной разрывной машине, оборудованной термокриокамерой. Нагрев производился электроспиралью, а охлаждение — жидким азотом. Испытание проводили в температурном интервале от 40 до 100 °С. Температуру контролировали хромель-копелевой термопарой в непосредственной близости от испытуемого образца и поддерживали в заданном режиме с точностью  $\pm 2$  °С. Испытания при повышенной и пониженной температурах проводили после термостатирования образцов в течение 15 мин.

Удельную работу определили как произведение относительного удлинения  $\varepsilon_p$ , разрушающего напряжения  $\delta_p$  и коэффициента  $\lambda$ , характеризующего отношение площади диаграммы растяжения к площади прямоугольника со сторонами, равными  $\varepsilon_p$  и  $\delta_p$  [3]. Площадь ограниченная кривой напряжения-деформации и координатной осью деформаций, отражает удельную работу при разрыве:

$$\alpha_p = \int_0^{\varepsilon_p} \sigma(\varepsilon) d\varepsilon = \frac{A_p}{F_0 l_0},$$

где  $\delta, \varepsilon$  — соответственно напряжение и относительное удлинение;

$\varepsilon_p$  — относительное удлинение при разрыве;  $A_p$  — работа растяжения образца до разрыва;  $F_0, l_0$  — соответственно первоначальные площади поперечного сечения и длина образца.

Чем больше удельная работа при разрыве, тем надёжнее воспринимает материал ударные нагрузки [3].

На рис. 1 показана температурная зависимость удельной работы  $\alpha_p$ , разрушающего напряжения  $\sigma_p$  и относительного удлинения  $\varepsilon_p$  (1- $\alpha_p$ ; 2- $\sigma_p$ ; 3- $\varepsilon_p$ ) при разрыве полиуретанового адгезива Вилад-11 к-3, отверждённого при температуре  $T$  20 °С в течение 7 сут. Наибольшую прочность 64,5...60,1 МПа плёнки имеют в интервале температур минус 40... плюс 20 °С. С повышением температуры до 40 °С прочность резко снижается. При дальнейшем повышении температуры скорость снижения прочности уменьшается. При 100 °С прочность плёнки по сравнению с максимальной снижается в 12 раз.

Величина относительного удлинения с повышением температуры испытаний до 60 °С увеличивается и достигает максимального значения 90,3%. Дальнейшее повышение температуры до 100 °С приводит к резкому снижению относительного удлинения. При температуре испытаний 100 °С относительное удлинение снижается в 2,4 раза.

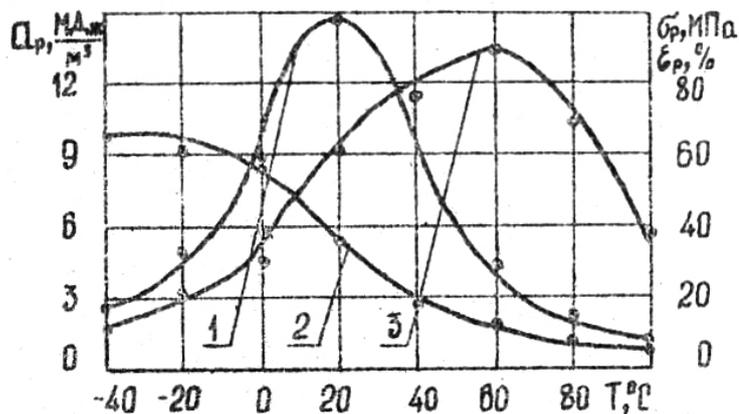


Рис. 1

Максимальную удельную работу при разрыве, равную 14,8 МДж/м<sup>3</sup>, полиуретановый адгезив имеет при температуре испытаний 20 °С. С повышением температуры до 100 °С она снижается в 17,3 раза.

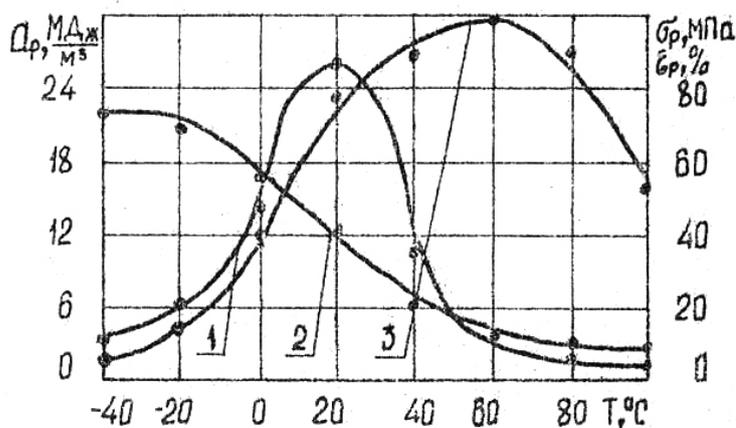


Рис. 2

На рис. 2 показана зависимость удельной работы  $\alpha_p$ , разрушающего напряжения  $\sigma_p$  и относительного удлинения  $\epsilon_p$  при разрыве полиуретанового адгезива Вилад-11 к-3, обработанного при температуре 100 °С в течение 3ч, от температуры испытаний  $T$  (1- $\alpha_p$ ; 2- $\sigma_p$ ; 3- $\epsilon_p$ ). Максимальную прочность, равную 70,7 МПа, плёнки имеют при температуре испытаний минус 40 °С. Резкое снижение прочности наблюдается в интервале температур минус 20... плюс 40 °С. При дальнейшем повышении температуры испытаний скорость снижения прочности уменьшается. При 100 °С прочность снижается в 8,9 раза. В интервале температуры испытаний минус 40... плюс 60 °С относительные удлинения резко возрастают и достигают 98,9%. При температуре испытаний 100 °С они уменьшаются в 1,9 раза.

С повышением температуры испытаний до 20 °С удельная работа при разрыве увеличивается и достигает 25,8 МДж/м<sup>3</sup>. При дальнейшем повышении температуры удельная работа резко снижается. При температуре испытаний 100 °С удельная работа при разрыве уменьшается в 21,5 раза.

Относительно малое значение прочности полиуретанового адгезива, отверждённого при температуре 20 °С, объясняется тем, что у этого полимера наблюдается низкая реакционная способность полиизоцианата в процессе структурирования. При 20 °С не все функциональные группы участвуют в формировании сетки [4].

Характер зависимости относительных удлинений от температуры испытаний определяется межмолекулярным взаимодействием. При температуре, близкой к температуре стеклования, развитие высокоэластической деформации затруднено существованием прочных межмолекулярных связей. С повышением температуры межмолекулярные связи ослабляются [5].

Таким образом, физико-механические свойства полиуретанового адгезива зависят от температуры отверждения. С повышением температуры отверждение повышаются. Однако отвержденные покрытия и при 20 °С имеют достаточно высокие физико-механические свойства. Поэтому при использовании

полиуретанового адгезива для восстановления неподвижных соединений подшипников возможно отверждение этого адгезива при температуре 20 °С.

С увеличением температуры испытаний физико-механические свойства полиуретанового ад-

гезива снижаются. Однако даже при температуре 100 °С они достаточно высоки и поэтому могут быть использованы для восстановления постелей коренных подшипников блоков цилиндров двигателей.

#### Список литературы:

1. Кричевский М. Б. Применение полимерных материалов при ремонте сельскохозяйственной техники. М.: Росагропромиздат. 1988. 143 с.
2. Санжаровский А. Т. Физико-механические свойства полимерных и лакокрасочных покрытий. М.: Химия, 1978, 184 с.
3. Беляев Н. М. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1976, 608 с.
4. Омельченко С. И. Сложные олигоэфирные и полимеры на их основе. Киев: Наук. Думка. 1976, 216 с.
5. Каблов В. Ф. Исследование структуры свойств совмещенных эластомерных и олигомерных систем. Автореф. дис. канд. тех. наук. Л., 1976, 24 с.

*Poltavtsev Vladimir Ivanovich,  
Kemerovo state agricultural Institute, D. T. N.,  
Professor, faculty of engineering  
E-mail: determinism@rambler.ru*

## The structure of the flow and the response function of the cell with three-phase fluidized bed

**Abstract:** Set out the reasons and ways to create mathematical models of typical second generation (WTMM). They are based on the principle of circulation and technological limb response tracers. Parameters of the model is the degree of circulation  $\xi$ . Changing  $\xi$  smoothly translates circulation model in the model of ideal mixing and displacement.

**Keywords:** ice, pellets, fluidization, fluidized bed, water.

We introduce the notion of a technological limb response on the basis of:

- a) the final dimensions of the granular particles used as tracers;
- b) the finite size of the molecules of any substance;
- c) the final sensitivity analysis methods.

As tracers taken peresulfirovanny cation exchanger

KU-2-8. In an industrial apparatus revealed that after 2 hours 17 minutes in the first section of tracers available. For an ideal mixing model is assumed: the volume of section  $0.04 \text{ m}^3$  of cation flow  $0,346 \text{ m}^3/\text{h}$ , the volume of flow tracers  $0.01$  ion exchanger bed porosity of the particles  $0.34$ . The removal of the last particle tracers at these rates 1.92 hour.

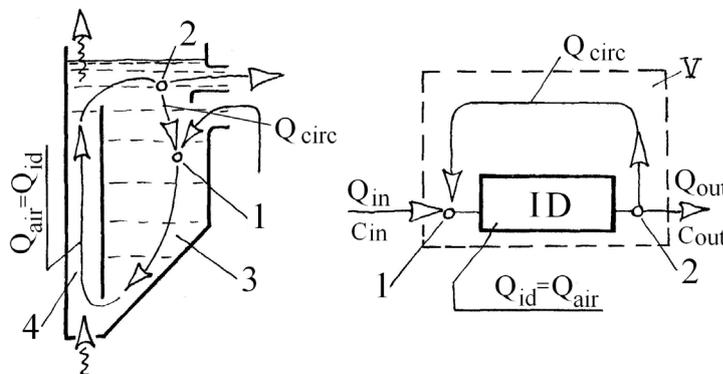


Fig. 1. Scheme of physical and ideal circulation model for one stage (cell) of three-phase fluidized-bed: 1 — the meeting point of the incoming flow and circulation; 2 — the point of separation of these flows; 3 — passive part of a three-phase fluidized-bed; 4 — the active part.

Box in FIG. 1 is a circulator. It is used by us as a multi-stage mass-transfer apparatus. For model circulator kept well-known relationship [1]:

- The volume equal to the volume of the whole model stage plug flow;
- The volume of the zone of recirculating flow is zero.

In order to construct a mathematical model of the circulator introduce the following logical conditions:

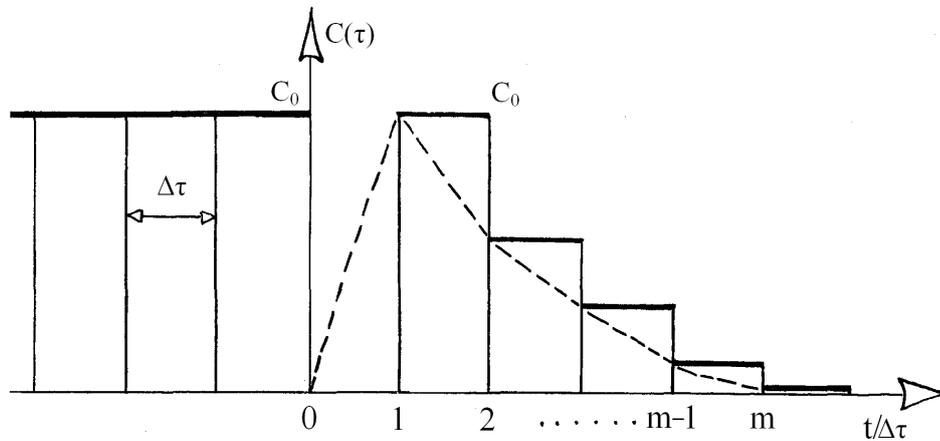
1. Time of one cycle of circulation is defined as:

$$\Delta\tau = \frac{V}{Q_{air}} \quad (1)$$

and corresponds to one round-trip time of the particle tracers.

2. Step signal square  $\Pi$ -shaped with constant intensity and vertical start and end and duration  $\Delta\tau$ :

$$v = Q \cdot \Delta\tau \quad (2)$$



Fi. 2. Type of cell response to the  $\Pi$ -shaped signal

Can be clearly seen that at point 1 is equal to the response delay  $\Delta\tau$ , and its concentration corresponds  $C_0$  she will remain in the range of 1–2. Subsequently, the concentration of the response falls in steps until the release of the last particle tracers.

In other words — the amount of the step signal (the value of its portion) changes from the initial to the final, the appropriate volume of a single particle. At each interval of the particle each time portions have the same phase interaction.

From the diagram (Figure 2) and the expressions (1) — (2) are counting the quantity of each portion in locations 2, ..., m:

$$\begin{aligned} v_1 &= Q \cdot \Delta\tau \\ v_2 &= Q \cdot \Delta\tau(1 - C_0) \\ v_3 &= Q \cdot \Delta\tau(1 - C_0)^2 \\ &\dots\dots\dots \\ v_m &= Q \cdot \Delta\tau(1 - C_0)^{m-1} \end{aligned} \quad (4)$$

The continuous flow of incoming material can be represented as the sum of an infinite series of such portions. Accordingly, the signal is an infinite sum of rectangles. The continuous flow of incoming material can be represented as the sum of an infinite series of such portions. Accordingly, the signal is an infinite sum of rectangles.

3. The initial concentration of tracers traditionally determined as the ratio of the volume of the signal-to-volume model. Thus:

$$C_0 = \frac{v}{V} \quad (3)$$

Circulation model response to the main stage on IW has a delay equal to the time of one cycle of circulation. Graphically, the response of the model presented in Figure 2.

From the expression (4) to identify features of the process of circulation: — the residence time of the particles in the volume level can be calculated as the sum of the periods of cyclicity;

- For each portion of the outgoing tracers known for its residence time;
- The initial number of tracers is crushed into pieces up to a single particle.

Mathematical analysis of the system (4) shows:

- $Q\Delta\tau$  factor in all the expressions remains constant;
- The difference in parentheses on the value is less than 1.

Therefore, each line of the system is a member of infinitely decreasing geometric progression:

$$a + aq + aq^2 + \dots + aq^m + \dots \quad (5)$$

where:  $a = Q\Delta\tau$  and  $q < |1|$ .

Sum of a geometric progression is:

$$S = \frac{a}{1 - q} \quad (6)$$

Substituting the values of the variables in (6), we obtain:

$$\frac{Q\Delta\tau}{1-(1-C_o)} = V \quad (7)$$

The physical meaning of this expression is contained in the following. To the incoming flow  $Q$  is presented in the form of an infinite sequence of signals portioned duration  $\Delta\tau$  (Figure 2). Therefore, a step number 1, 2, ...,  $m - 1, m$ ; represents a portion of the residual signals in the corresponding time interval. The sum of these portions is equal to the volume of material  $V$  in the cell.

Circulation model based on the expression (1) — (3) gives:

- time delayed response;
- The composition of the portion in the volume of the cell;
- Residence time of each portion. Note that the physical concentration of tracers into each time slot in each portion constant. But his focus on the entire volume of the cell — the variable (dotted line in the diagram of FIG. 2).

Diagram system and (4) show that each portion of material entering into the circulation cell rpspadaetsya apart with each cycle. Therefore, the flow of material from the cell contains the sum of the departed parts, ie has been uneven continental structure. Volume of each side is equal to:

$$\begin{aligned} \Delta v_1 &= Q \cdot \Delta\tau \cdot C_o \\ \Delta v_2 &= Q \cdot \Delta\tau \cdot C_o(1-C_o) \\ \Delta v_3 &= Q \cdot \Delta\tau \cdot C_o(1-C_o)^2 \\ &\dots\dots\dots \\ \Delta v_m &= Q \cdot \Delta\tau \cdot C_o(1-C_o)^{m-1} \end{aligned} \quad (8)$$

Denote  $Q \cdot \Delta\tau \cdot C_o$  "a" and the previous  $(1 - C_o) = q$  then obtain a geometric progression, which is equal to the sum of terms:

$$\frac{Q\Delta\tau C_o}{1-(1-C_o)} = v \quad (9)$$

Equation (9) shows that the flow  $Q$  coming out of the cell during  $\Delta\tau$  is the sum of parts gone, and the composition of the cell volume and its response are subject to the law of geometric progression.

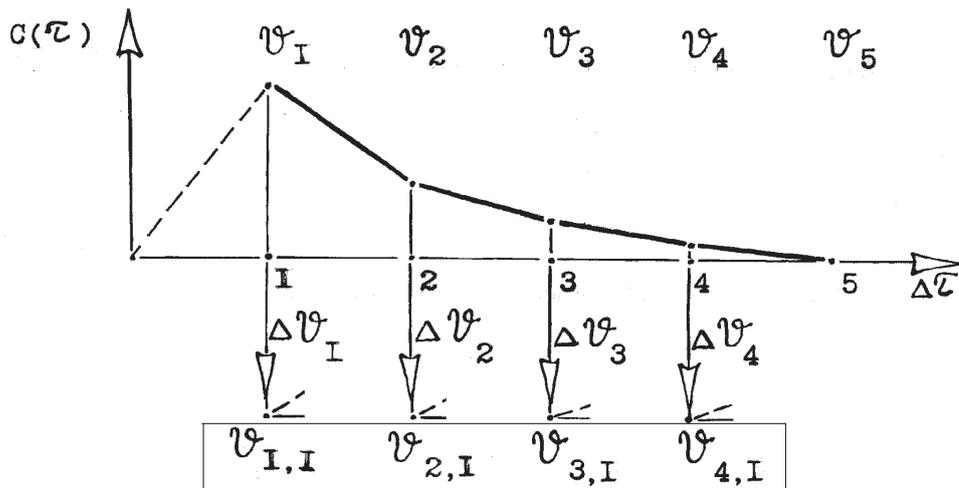


Fig.3. The composition of the cell response  $\Delta v_m$

Note the features of each of the  $\Delta v_m$ , which has the same interaction time, as her portion  $v_m$  The parent. Their mathematical difference is in the factor  $C_o$ , so that naturally the following expression:

$$\Delta v_m = C_o \cdot v_m \quad (10)$$

Any amount of material entered as a stream of  $Q$  during the  $\Delta\tau$  into the cells, break up into a chain of "m" units. For each subsequent portion of the exponent of cofactor  $(1 - C_o)$  is incremented by 1.

These portions of the effluent create pieces that are the initial portions of the second stage for many of the sectional unit. Of them in the cells of the second stage of the chain generated by portions of a geometric progression.

We substitute the expression (3) values of the variables of the formulas (1) — (2). We obtain the relation:

$$C_o = \frac{Q\Delta\tau}{\Delta\tau Q_{air}} = \frac{Q}{Q_{air}} = \xi \quad (11)$$

We denote it as a variable  $\xi$  because flow ratio hraktirizuet intensity of the circulation process. There is a duality — the formal equality of the initial concentration of tracers and flow ratio.

The reason for its occurrence — binding concentration tracers for the duration of the cycle of circulation. Prior to this work the amount of tracers in the pulse assigned arbitrarily.

These relationships characterize the first stage of mass-transfer apparatus with a number of stages  $N$ .

Parameters  $N$  and  $\xi$  form a two-parameter model of the partitioning process with perfect circulation and recycle.

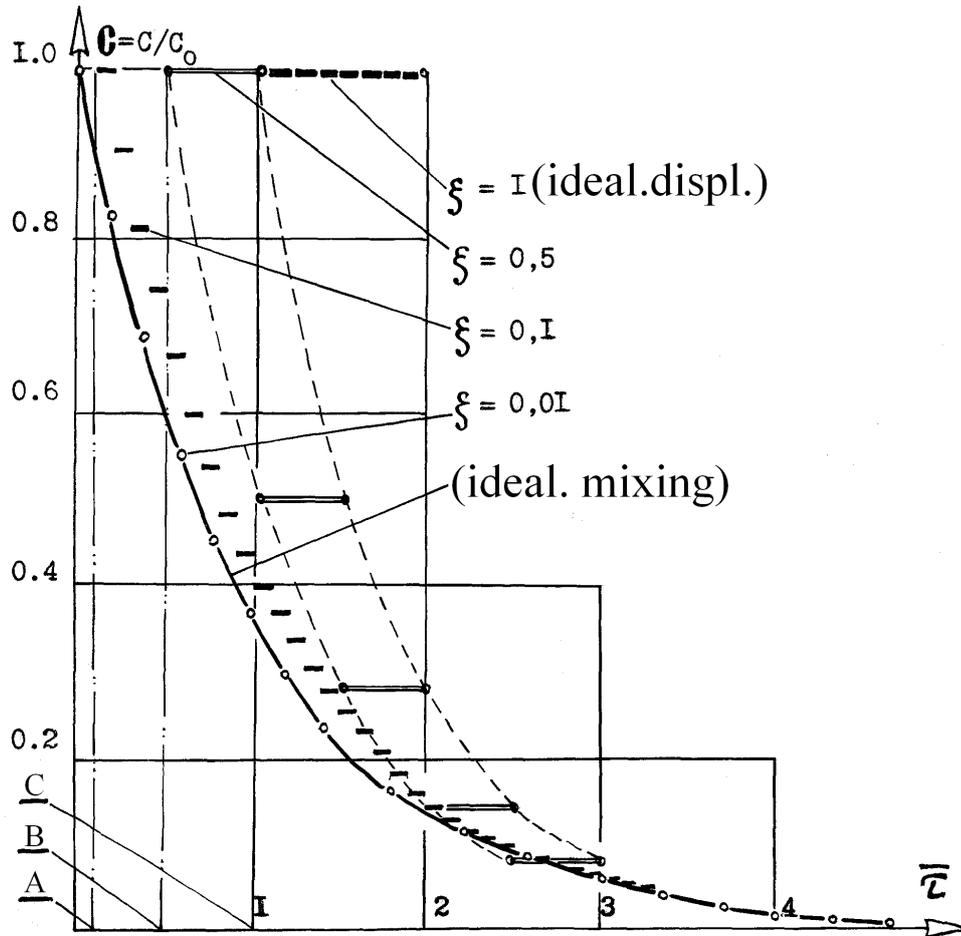


Fig. 4. Respon-se circula-tion model in the ran-ge  $\xi = 1 - 0.0 \dots$

Striving to  $\xi$  limits 0 and 1 smoothly translates circulation model (Figure 4) in the model of ideal mixing and displacement (respectively). When  $\xi$  values of 0.01 and less response graph circulation model is indistinguishable from the graph model of ideal mixing.

In the graphs (Figure 4) is depicted successively:

$\xi = 1$ , the ideal displacement, the response delay time  $C$  equal to the mean residence time of the particles;

$\xi = 0,5$ , assumes the character of the exponential response, the delay time  $B$  of 0.5 mean residence time of the particles;

$\xi = 0,1$ , distinguishable part of the response delay time  $A$ ;

$\xi = 0,01$ , the response corresponds to the model of ideal mixing, part of the response, and the delay time are indistinguishable;

In the latter case, the theoretical curve coincides with the ideal mixing points graphics process at a ratio of circulation flow inlet and one air lift 100. Therefore, the processes in which the flow of circulation (in whatever

way — mechanical or pneumatic — he may be created) exceeds total input more than 10 times, it is possible with high accuracy as a process of ideal mixing.

Using a circulation pattern in the form of Figure 2 and systems (4) and (8) is inconvenient because even for the 1st stage formed a pile of information. For the 2nd and further steps information may be used only in a piecewise form. Therefore, the model will reflect in a matrix scheme that allows each stage to give a complete device information in a compressed form (Figure 5).

Scheme for circulation model shows that its response contains a number of consecutive terms. Response is delayed by  $\Delta\tau$  (range 0–1) and forms a one-dimensional linear array. His probation is denoted by a thick line. The index is part of a changing response to the natural numbers. Columns contain one term.

Factor  $(1 - \xi)$  contains in the exponent difference between the sum of the index and the number of stages. Therefore, for clarity, it is shown with 0-values for the first term.

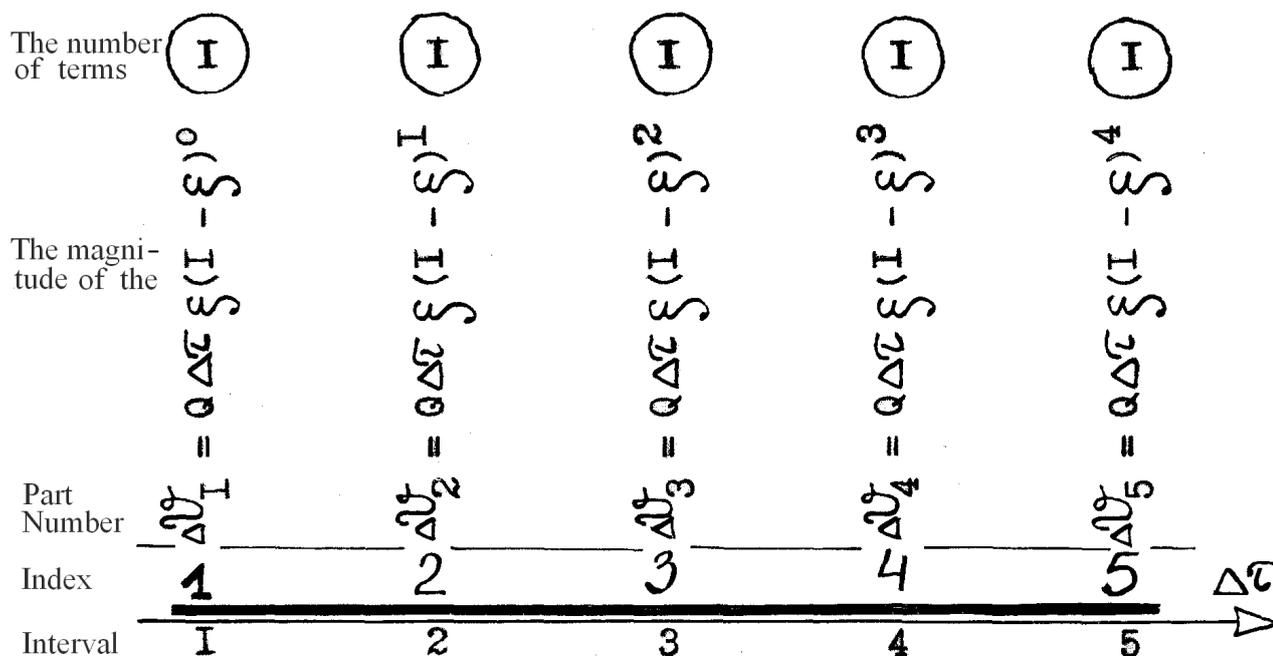


Fig. 5, the matrix structure of the response of a circulation model.

### Conclusions:

1 The notion of a technological limb portions of the residence time of the solid phase in a continuous process.

2 Incoming represented as a finite sum of such portions, the number of terms which limited value streams entering and airlift and the magnitude of the volume of a single grain.

3 Any portion included in any stage, crushed by a circulation of up to a single particle, and a portion is reflected mathematically  $\Pi$ -shaped signal over a time interval interval circulation.

4 Ingredients stages and heterogeneous response model and its components corresponds to a geometric progression, the sum of which gives the volume in portions stage, and in parts — volume response stage.

5 Parameters of the model: the number of steps and the intensity of the circulation within the parameters of the real process.

6 The algorithm for calculating the model presented in the form of a matrix, the dimension of which corresponds to the number of steps.

### References:

1. Kafarov V. V. Methods of Cybernetics in Chemistry and Chemical Technology. – M.: Chemistry, 1971.

Sazykin Vasily Georgievich  
Kuban State Agrarian University,  
Professor, Faculty of Energy  
E-mail: powel@mail.ru

Kudryakov Alexander Georgievich  
Kuban State Agrarian University,  
Associate Professor, Faculty of Energy  
E-mail: agk61@inbox.ru

## The problems of worn-out equipment in the energy sector

**Abstract:** The article deals the causes of the appearance of worn-out electrical equipment, clarifies terminology. Invited scientific direction of the electrical geriatrics on the issues of extending the life of electrical equipment.

**Keywords:** worn-out electrical equipment, causes of the appearance, electrical geriatrics.

*Сазыкин Василий Георгиевич*  
*Кубанский государственный аграрный университет,*  
*профессор, энергетический факультет*  
*E-mail: powel@mail.ru*

*Кудряков Александр Георгиевич*  
*Кубанский государственный аграрный университет,*  
*доцент, энергетический факультет*  
*E-mail: agk61@inbox.ru*

## Проблемы изношенного электрооборудования в энергетике

**Аннотация:** Рассматриваются проблемы появления изношенного электрооборудования, уточняется терминология. Предлагается научное направление — электрогериатрия по вопросам продления ресурса электрооборудования.

**Ключевые слова:** изношенное электрооборудование, причины появления, электрогериатрия.

Нарастание объема износа оборудования и отсутствие возможности его восстановления вводит энергетика в зону повышенного риска, технологических отказов и аварий не только оборудования, но и систем автоматического регулирования, релейной защиты и противоаварийного управления. Рассматриваемая проблема актуальна и для электрических сетей. Необходимо реконструировать десятки тысяч километров линий напряжением 110 кВ и выше. Тревогу вызывает состояние линий электропередачи и трансформаторных подстанций в сетях 6–10/0,4 кВ. Около трети этих сетей требуют полной замены уже сейчас. Высока степень износа кабельных линий городского электрохозяйства, изоляционных конструкций подстанций, коммутационного оборудования, ограничителей перенапряжения, измерительных трансформаторов. Устарели и физически изношены цепи и приборы вторичной коммутации. Нами сделана попытка обобщить причины появления изношенного электрооборудования в энергетике [1–4].

Ошибочность и нереализованность долгосрочных прогнозов развития. Большинство крупных объектов промышленности и электроэнергетики, электрических станций и подстанций были введены в действие в 1960–70-х и начале 80-х годов с расчетом на 25–30 лет службы. Преобладающие оптимистичные прогнозы предполагали постоянный рост мощностей и замену электрооборудования (ЭО) в конце сроков эксплуатации технически и технологически более совершенными конструкциями. Под влиянием разных причин многие из этих прогнозов не оправдались. Относительно высокие темпы ввода мощностей снизились в 1991–2000 гг. В результате сокращения финансирования резко уменьшилось количество объектов нового строительства, возросло число за-

консервированных и временно приостановленных строек.

Низкие темпы демонтажа и списания производственных основных фондов (ПОФ) в 3,5–4 раза отстают от нормативных темпов выбытия ЭО из-за износа. Поэтому постоянно растет доля полностью амортизированных, но находящихся в эксплуатации фондов. При низких темпах выбытия изношенного электрооборудования (ИЭО) понадобятся десятки лет, чтобы амортизированное на сегодняшний день ИЭО было выведено из эксплуатации.

Увеличение затрат на ремонт и поддержание ИЭО в функциональном состоянии. Удельные затраты на ремонт ПОФ увеличились по сравнению с 1990 г. и продолжают возрастать. Значительный рост цен на ЭО и его доставку сдерживает ввод в действие нового ЭО.

Финансирование воспроизводства и обновления ЭО отстает от темпов его старения. В условиях высокой степени износа ПОФ амортизационных отчислений, направляемых на простое воспроизводство, недостаточно. Снижение значения амортизационных отчислений как основного источника финансирования происходит в основном по двум причинам: из-за роста доли ПОФ, амортизация по которому не начисляется, и отставания восстановительной стоимости ЭО от фактической стоимости его производства.

Уровень управления не соответствует масштабу и сложности проблемы. Решение вопросов реновации ИЭО осуществляется на уровне акционерных обществ, у которых нет единой технической и экономической политики, нет согласованной системы управления финансовыми потоками, невозможна консолидация амортизационных отчислений на важнейших объектах, требующих перевооружения. Ин-

декс производства продукции по промышленности и сельскохозяйственному производству резко понизился, поэтому отсутствуют достаточные средства для приобретения нового ЭО.

Экономическая необходимость решения возникших проблем привела к разработке и реализации ряда научно-технических программ, в которых эксплуатация, ремонтное обслуживание и реновация ИЭО выделяются в приоритетное направление развития электроэнергетического комплекса. Необходимый уровень реновации ИЭО достигается различными путями: техническим перевооружением и заменой ИЭО высокоэффективным ЭО, использующим современные технологии; заменой ИЭО на аналогичное новое; продлением сроков службы ИЭО электрохозяйств.

Для отечественной практики проблема специфики эксплуатации ИЭО не нова — подобное ЭО в энергетике эксплуатируется постоянно, начиная от первых пятилеток до настоящего времени. Но поскольку темпы обновления и ввода нового энергетического оборудования были достаточно высоки, относительное количество эксплуатируемого ИЭО постоянно снижалось. Последние три десятилетия в силу многих причин характеризуется резким увеличением ИЭО, что приводит к снижению эффективности работы энергосистем и обслуживаемых ими электрохозяйств промышленных предприятий и агропромышленных комплексов.

Системное решение проблемы продления ресурсов ИЭО по существу стало новым научным направлением, в котором пока отсутствует сложившаяся терминология. В частности к таким терминам относится «изношенное электрооборудование». Это работоспособное ЭО, которое за время своей работы приобрело новые системные, эмерджентные свойства:

— отработавшее «полный срок службы» согласно нормативно-технической и конструкторской документации или «назначенный» согласно Системе технического обслуживания и ремонта (ТОР) ЭО срок при близких к номинальным условиям эксплуатации («нормативный» износ);

— сохранившее работоспособность ЭО, не отработавшее нормативного срока, но изношенное интенсивной работой в режимах, в которых его параметры превышают номинальные значения (физический износ);

— постепенно утратившее свою потребительную и меновую стоимость к концу «срока полезного использования» (бухгалтерский термин, означающий период, в течение которого использование объекта

ПОФ призвано приносить доход организации или служить для выполнения целей деятельности организации), когда амортизационные отчисления на восстановление ИЭО не переносятся на себестоимость продукции и услуг («амортизационный» износ);

— теряющее свою стоимость под влиянием научно-технического прогресса вне зависимости от сроков амортизации (моральный износ).

Следовательно, под ИЭО следует обобщенно понимать, находящееся в работоспособном состоянии электрооборудование, некоторые параметры которого близки к критическим согласно нормативно-технической и конструкторской документации или уровню научно-технического развития, при этом в случае выработки временного ресурса (срока полезного использования) амортизационные отчисления на реновацию уже не начисляются.

Тенденция доминирования проблем функционирования ИЭО характерна не только для России, но и для мировой энергетики, поскольку технически и экономически нецелесообразно и невозможно ликвидировать все имеющееся ИЭО. Разработка способов продления нормативных сроков службы ЭО основана на сохранении некоторым ИЭО достаточно высоких технико-экономических показателей и связана с объективными факторами, которые должны быть учтены при реализации соответствующих технологий. В современном электрохозяйстве находятся в эксплуатации две группы ЭО, классифицируемые по времени и состоянию наработки: 1) ЭО, функционирующее в пределах своего нормативного жизненного цикла; 2) ИЭО, функционирующее за пределами нормативного жизненного цикла ЭО.

С формальной точки зрения для второй группы ЭО главная проблема заключается в том, что вынужденное продолжение эксплуатации (в широком смысле функционирования) значительной части ИЭО согласно Системе ТОР ЭО и другим нормативно-техническим документам должно быть прекращено. На сегодняшний день нет полной технологии аналогичной Системе ТОР ЭО, обеспечивающей поддержание ИЭО в функциональном состоянии. Неизбежное в современных условиях продление сроков эксплуатации ИЭО объективно связано с присутствием внутренних неопределенных составляющих — «проблемного компонента» и искомым составляющим по разрешению проблемы — «компонента разрешения». Некоторые компоненты ТОР ИЭО, находящегося за пределами нормативного жизненного цикла ЭО, к настоящему времени уже

проработаны, однако не упорядочены и системно не объединены, что и определило одну из дальнейших целей — сформулировать и комплексно рассмотреть основные компоненты главной проблемы существенного влияния ИЭО на функционирование электроэнергетики и определить возможные пути их решения.

Обособленные попытки решения отдельных практических составляющих проблемы ТОР ИЭО наталкиваются на множество многоаспектных вопросов. Для обозначения и раскрытия поставленной проблемы авторы воспользовались аналогом существующего и эффективно используемого в медицине направления, называемого «гериатрией», которое занимается изучением особенностей заболеваний у пожилых людей, а также разработкой методов ле-

чения и предупреждения этих заболеваний. Если подходить к самостоятельному научному и практическому направлению решения проблем ТОР ИЭО, то для этого вполне обоснованно можно использовать включающий все необходимые аспекты термин «электрогериатрия» [5, 6], находящимся в иерархии «технической гериатрии». При этом под электрогериатрией понимается технологический процесс решения комплекса задач, связанных с особенностями применения и обслуживания ИЭО. С позиций системного анализа электрогериатрия является названием концепции упорядочения и реализации физических процессов, осуществляемых при органическом соединении ТОР и эксплуатации изношенного электрооборудования.

#### Список литературы:

1. Перспективы повышения эффективности электроэнергетического комплекса Кубани. Электрогериатрия – совершенствование эксплуатации изношенного электрооборудования/В. Г. Сазыкин, А. Г. Кудряков, С. А. Нетребко, В. В. Пронь. – Краснодар: КубГАУ, 2012.
2. Сазыкин В. Г. Системный подход к проблеме изношенного электрооборудования//Электрика. – 2001. – № 4.
3. Сазыкин В. Г. Технические аспекты эксплуатации изношенного электрооборудования//Промышленная энергетика. – 2000. – № 1.
4. Сазыкин В. Г. Методологические аспекты эксплуатации изношенного оборудования//Промышленная энергетика. – 2000. – № 2.
5. Сазыкин В. Г. Электрогериатрия – новая технология эксплуатации электрооборудования//Промышленная энергетика. – 2000. – № 11.
6. Сазыкин В. Г., Кудряков А. Г., Пронь В. В., Сильченков А. В. Проблемы организации эксплуатации изношенного электрооборудования: Проблемы экономики, организации и управления в России и мире: Материалы VI международной научно-практической конференции (22 октября 2014 года). – Прага, Чешская Республика: Изд. WORLD PRESS s. r.o., 2014.

*Shantarin Vladislav Dmitrievich,  
Professor at the Department of «Transportation of hydrocarbon resources»,  
Doctor of technical sciences, professor*

*Zemenkov Yuri Dmitrievich,  
Head of the Department of «Transportation of hydrocarbon resources»,  
Doctor of technical sciences, professor Tyumen state oil and gas university,  
E-mail: shantarin33@mail.ru*

## Alternative source of power production from carbon-containing wastes

**Abstract:** The work presents the investigations of the method of increase of effectiveness of thermal recycling of oil slimes and oil-contaminated soil by way of increasing the value of secondary useful products obtained as a result of high temperature pyrolysis recycling of carbon-containing wastes and its feasibility from the point of geo-ecology of functioning of environmental protection technology.

**Key words:** pyrolysis, recycling, pyrolysis gas, carbon-containing wastes, synthetic gas, methanol.

The mankind has exhausted all possibilities of safe stocking and storing of wastes on the surface of the Earth

[1]. Particularly, there is a problem of cleaning of oil-contaminated lands and recycling of oil slimes formed

during the construction of oil and gas wells, operations at production fields, cleaning of sewage water containing oil products as well as cleaning of reservoirs and other equipment.

Objective prerequisites for usage of the present type of wastes are: the need to preserve natural resource potential; replacement of primary resources with secondary ones; considerable economic potential hidden in secondary resources.

Pyrolysis is one of the most promising directions of «struggle» with oil slimes from the point of both ecological safety and obtaining of secondary useful products [2, 3]. It provides an opportunity to perform an economically beneficial, ecologically clean and technically easy recycling of oil wastes.

Technical results obtained from realization of the work include the increase of efficiency of the recycling method of carbon-containing wastes as well as ensuring of maximal non-waste course of the pyrolysis process with simultaneous repeated use in the operations of the process of pyrolysis of working substances obtained in previous operations, with obtaining of synthetic gas at the outlet of the pyrolysis process, which can be used

further in energy purposes.

To increase the efficiency of the pyrolysis method of recycling of carbon-containing wastes, the following technical solution was made: complete the existing installation with module sections. Figure 1 shows the scheme of improvement of a pyrolysis installation [4]. The main technological units of the installation are high temperature pyrolysis reactor with arc heating and synthesis gas production reactor with sine-shaped spool. The model of carbon-containing wastes consisting of three samples (sawdust, oil slimes and oil contaminated soil) was used as recycling material during the research works.

The complete process consists of several stages. The first stage is the receipt of high temperature flow of the heat carrier realized with the help of arc discharge. As a result of pyrolysis the stock of heat should be enough for a complete thermal decomposition to useful products. The second stage is the outlet of pyrolysis gas. As a result, there should be a mixture with set temperature and composition. The third stage is the reactor of methanol synthesis, which allows converting pyrolysis gas into the product of organic chemistry. Figure 2 shows the solenoid spool of synthesis reactor.

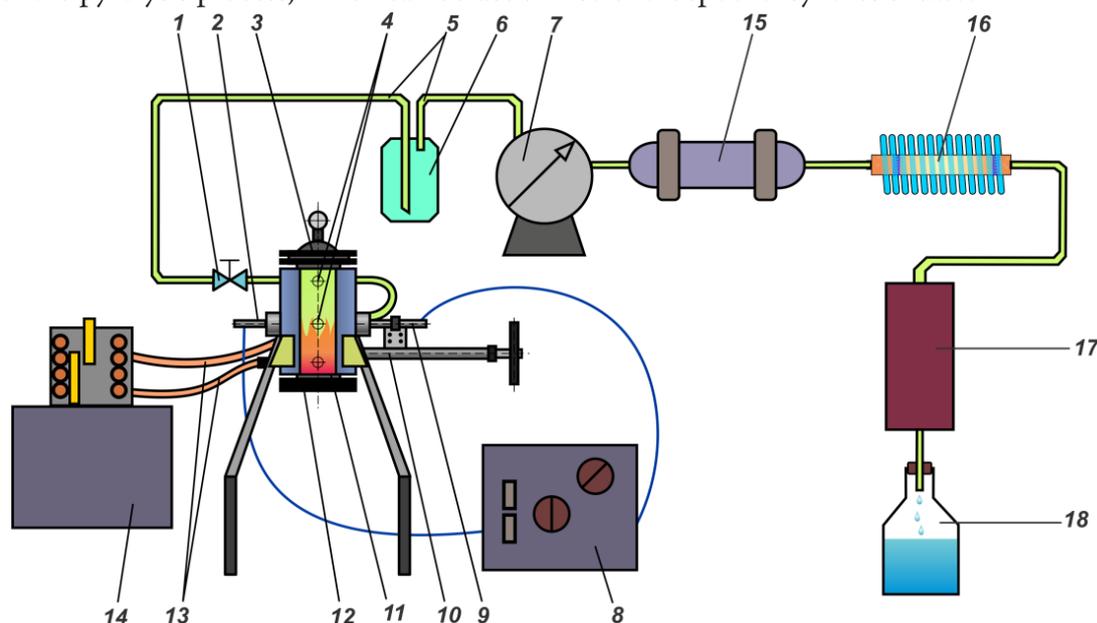


Fig. 1. The scheme of improvement of a pyrolysis laboratory installation

- 1 — gas outlet regulator; 2 — big electrode; 3 — loading hole with gas pressure control device; 4 — pockets for temperature devices; 5 — gas lines; 6 — condensate tank; 7 — gas meter; 8 — welding transformer; 9 — small electrode; 10 — small electrode feeding device; 11 — reactor; 12 — unloading hole of the reactor; 13 — water lines; 14 — thermostat; 15 — gas cleaning device; 16 — synthesis reactor; 17 — heat-exchange; 18 — methanol collector.

The experimental stand includes a laboratory installation the basis of which is the reactor designed to recycle organic wastes and is an electric arc furnace of indirect action. The peculiarity of the installation is the fact that electric arc appears between two horizontally located

electrodes. The heat from the arc is supplied to the recycled material through emission, convection and heat conductivity. Electrodes are placed in the isolated dielectric rings and equipped with packing devices, which allows conducting experiments at excessive pressure in

the installation. The supply of electrodes is performed manually with the help of a screw feeder. The excessive pressure in the installation is achieved with the help of formed pyrolysis gas by way of blocking the gas outlet regulator at the initial moment of processing. Outside the installation the gas passes through the gas outlet regulator made in the form of a ball valve through gas pipelines to condensate collector, where the liquid phase is deposited. Synthesis gas ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ) obtained at the outlet goes to the methanol synthesizer, where it is converted into methanol  $\text{CH}_3\text{OH}$  on the zinc-chromic catalyzer under the effect of electromagnetic field. The mixture of gaseous products at the outlet of methanol synthesizer goes into storage tank. In its upper part there is a filter

tube, which products that didn't react in the processes are burnt up. The main unit in this process is synthesis reactor. Laboratory sample was made of bronze blank of 50 mm in diameter. Sizes: 160mm total length, operating reactor length — about 140mm, internal diameter — 33 mm, the wall thickness — approximately 5mm, i. e. external diameter — about 50mm and plugs of the same diameter, their thickness — 20mm. Reducing sleeves or simply connecting jointless steel pipes with internal diameter of 6mm and wall thickness of 2mm are put in the holes to plugs and welded. Granular zinc-chromic catalyzer was cut to powder condition in the ratio one to one with ferrite powder and placed inside synthesis catalyzer. Figure 3 depicts the scheme of synthesis catalyzer.

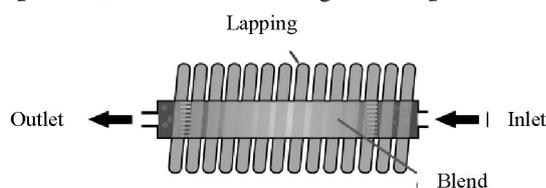


Fig. 2. Solenoid spool of synthesis reactor

Activation of the catalyzer inside the synthesis reactor was performed by way of combining it with ferromagnetic powder and impact on the given mixture

by electromagnetic field created by solenoid spool reeled on the synthesizer housing.

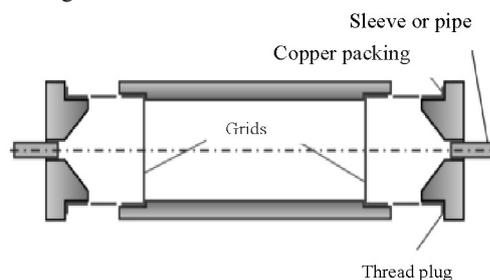


Fig. 3. The scheme of synthesis catalyzer

In order to investigate the possibilities of activation of the process of methanol obtaining in the synthesis reactor by magnetic field in the presence of ferromagnetic particles and catalyzer, 3-layered solenoid spool of the total diameter of 140mm and inductivity  $L=5,2$  mH reeled with a copper wire of the diameter of  $d=0,2$ mm was prepared in the work. The evaluation of optimal parameters of solenoid spool is based on the following well known physical correlations: a) the value of intensity of the magnetic field inside the solenoid  $H = I \cdot n$ , where  $I$  is the current through solenoid.  $n$  is the number of turns per unit of the sloop length equal to  $l_{\text{solenoid}}$  herewith  $n \approx l_{\text{wire}} / \pi d_{\text{reactor}} l_{\text{solenoid}}$ , the Ohm law for the area of the chain of alternative current with the voltage  $U$ , frequency  $\omega$ , inductivity  $L$  and active resistance  $R$ :

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

The performed measurements of the parameters of several spools showed that at the frequency  $\omega=50$  Hz, their inductive resistance is much less than active one, i. e.  $\omega L \ll R$  ( $L=5,2$  mH,  $\omega L=1,6$  Om,  $R=72$  Om).

Thus, the conditions  $\omega L \ll R$  for it is quite fair; consequently, current through solenoid  $I \approx U/R$ . Since the active resistance  $R$  of solenoid spool can be found in the correlation:

$R = \rho l_{\text{wire}} / S_{\text{wire}} = 4 \rho l_{\text{wire}} / \pi d_{\text{wire}}^2$ , the intensity of magnetic field inside the solenoid will be determined with a formula:  $H \approx (U d_{\text{wire}}^2) / (4 \rho d_{\text{reactor}} l_{\text{solenoid}})$

The main effect of the magnetic field on methanol obtaining lies in the very activation of the catalyzer at the expense of shifting its particles with the particles of ferromagnetic powder, the reorientation of which is ensured by external magnetic field. Given the shifting of the particles of the catalyzer, it interacts with a big volume

of synthesis gas, as a result, increasing the results of methanol outlet. This effect becomes bigger, if the amplitude of the shift of particles of the catalyzer set by reorientation of particles of the ferromagnetic powder is bigger. This reorientation will be maximal in sine-shaped alternate magnetic field. The optimal number of turns of the spool was evaluated on the basis of calculations.

The determination of methanol after the passing of pyrolysis gas through synthesis reactor was initially performed at the branch of the federal budgetary establishment «Center for laboratory analysis and

technical measurements in the Ural federal district» in Tyumen region. The determination of methanol was conducted by photometric method at an accredited laboratory on the photoelectric colorimeter KFK-3. Gas that passed through the synthesis reactor went to a vessel with water from which the samples were taken to determine the concentration of methanol in it.

The dependence of the yielding of the methanol concentration in the water solution from the current rate and voltage created in solenoid spool of the synthesis reactor is shown in Table 1.

Table 1. – Actual composition of the methanol concentration in the water solution of the gas obtained after the passing of pyrolysis gas through the synthesis reactor.

Concentration of methanol in the water, mg/dm <sup>3</sup>	Current rate in the spool of the synthesis reactor, A.	Voltage on the spool of the synthesis reactor, B.
less than 0,1	<b>0</b>	0
3,35	<b>0,95</b>	70
7,4	<b>1,24</b>	113
7,77	<b>1,48</b>	121
14,9	<b>1,87</b>	150
16,7	<b>2,02</b>	158
20,2	<b>2,25</b>	169

The obtained results certify about the effective impact of the magnetic field on the outlet of methanol. The limit of values of the current rate and voltage on the solenoid spool is ensured by the limit of electric resistance in the spool.

Increasing the current rate and voltage on the solenoid spool of the synthesis reactor when applying electromagnetic field in the presence of ferromagnetic particles and catalyzer in the reaction mass, we increased the velocity of chemical reaction and methanol outlet. The chemistry of the process is traditional. Methanol technology in industrial scale is known and its production and implementation is cumbersome. Oversized chemical reactors, heat exchanging units, vessels for mixing reagents in the presence of the catalyzer have considerable sizes. An additional reactor for mobile installation for processing of hydrocarbon wastes with high temperature pyrolysis should be miniaturized. The result allowing involving the formed wastes in the resource turnover at the spot using local installations was obtained with the help of a small synthesis reactor. It is more cost effective than traditional ways of deactivation or burying of wastes at a field or construction of expensive waste-recycling factories. In order to miniaturize the process, we used a small-scale facility. Mobile low-tonnage miniaturized ecological complex can be located at the very places of

extracting, transportation, refining of oil, natural gas and gas condensate. The traditional and main method of fighting with hydrates formation in the gas industry is the use of an inhibitor of hydrates formation — methanol. Specific consumption parameters of methanol as the inhibitor of hydrates formation directly depend on the composition of the extracted natural gas as well as technology of preparation of the natural gas for transportation. To reduce specific consumption is possible with the help of a mobile small-tonnage technological complex described above: the original product of methanol obtaining is carbon-containing wastes recycled into pyrolysis gas, the component composition of which is mainly monoxide of carbon and hydrogen. The wastes almost don't have any cost compared to extracted natural gas. The preservation of them is quite costly and it is more profitable to recycle them. Transportation costs for delivery of natural gas to methanol factories and then transportation of the ready methanol, production of which also requires expenses, back to the field is ecologically ineffective and economically unprofitable. There are serious ecological risks during the transportation of chemical reagent to gas extraction facilities. Transportation of methanol as a dangerous cargo of sub-class 6a (volatile flammable toxic agents) to faraway gas fields requires special safety measures that will exclude accidents,

spills, leakage and inflammation. Thus, during the transportation of methanol, operations of discharge and filling, there is a danger of accidents causing ecological damage. Subsequently, production and consumption of methanol should be performed in the areas of oil and gas extraction, which will ensure environmental safety and economic efficiency of the process.

**Conclusions.** In the course of experimental investigations of the process of recycling of oil slimes and oil-contaminated soil secondary products in the form of synthesis gas and methanol, the most valuable from the ecological and economic view, were revealed. The component composition of gaseous fraction presupposing opening of waste reserves and their recycling into a useful product was determined. The construction of installation at the expense of implementation of pump reactor

having a positive effect as a combination of technical and consumption properties of the process of pyrolysis of carbon-containing wastes was developed.

The obtained results of the research can be used by industrial enterprises of oil and gas complex in order to reduce industrial load which the processes of natural self-recovery of natural ecosystems cannot «manage» and to obtain methanol from wastes to reduce the risks of negative impact on the environment and increase economic, ecological and social effect of the process at the expense of usage of elevated consumer properties of secondary products.

As a result of conversion of carbon-containing wastes, the synthesis gas, a raw material for obtaining methanol used as inhibitor of hydrates formation in oil and gas industry, was obtained.

#### References:

1. Basics of state policy in the sphere of ecological development (approved by President of the Russian Federation as of April 30, 2012).
2. Shantarin V.D., Korovin I. O., Pyrolysis recycling of solid household wastes. – Tyumen: 2005, – 138 p.
3. Shantarin V.D., Medvedev A. V. Pyrolysis method of recycling of depositions of sewage water of city cleaning facilities. – Tyumen: 2005. – 182 p.
4. Prokofyeva N. G., Shantarin V. D., Tretyakov N.Yu. Increase of the efficiency of pyrolysis method of recycling of carbon-containing wastes // Oil and gas. – 2013. – № 3. – P. 118–121.

*Turumbetov Bairam Kongratbaevich,*

*Nukus branch of the Tashkent University of information technologies,  
Assistant teacher of the Department of «Telecommunicational Engineering»*

*E-mail: bayram\_tuit@rambler.ru*

*Fayzullaev Bayram Artykbaevich,*

*Nukus branch of the Tashkent University of information technologies,  
Assistant teacher of the Department of «Telecommunicational Engineering»*

*Utebergenov Jetkerbay Sakbergenovich,*

*Nukus State Pedagogical Institute,  
Assistant teacher of the Department of «Informatics and information technologies»*

*Atamuratov Aydos Turdymuratovich,*

*Nukus branch of the Tashkent University of information technologies,  
Master of the Faculty of «Computer engineering»*

## Formalizational presentation of emergency situation of chemical-technological processes using a model of semantic networks

**Abstract:** In this article is considered the problem of decision making in support of chemical-technological processes. There was given the algorithm of diagnostics systems of chemical-technological processes based on the model of semantic networks.

**Keywords:** emergency situation, semantic network, leakage, discharge, decompression, explosive decomposition.

*Турумбетов Байрам Конгратбаевич,  
Нукусский филиал Ташкентского университета информационных технологий,  
Ассистент-преподаватель кафедры «Телекоммуникационный инжиниринг»  
E-mail: bayram\_tuit@rambler.ru*

*Файзуллаев Байрам Артыкбаевич,  
Нукусский филиал Ташкентского университета информационных технологий,  
Ассистент-преподаватель кафедры «Телекоммуникационный инжиниринг»*

*Утепбергенов Жеткербай Сакбергенович,  
Нукусский государственный педагогический институт,  
Ассистент-преподаватель кафедры «Информатика и информационные технологии»*

*Атамуратов Айдос Турдымуратович,  
Нукусский филиал Ташкентского университета информационных технологий,  
Магистр факультета «Компьютерный инжиниринг»*

## **Формализованное представление аварийных ситуаций химико-технологических процессов с помощью модели семантических сетей**

**Аннотация:** В статье рассматриваются проблемы поддержки принятия решения в химико-технологических процессах. Приведен алгоритм системы диагностики химико-технологических процессов на основе модели семантических сетей.

**Ключевые слова:** аварийные ситуации, семантическая сеть, утечка, выброс, разгерметизация, взрывное разложение.

**Введение.** Одним из важнейших направлений организации промышленного производства является обеспечение безопасности технологических процессов. В данной работе решение этой проблемы рассматривается с точки зрения создания информационной системы промышленной безопасности, где под технологической безопасностью понимается теоретико-множественное определение, предложенное в статье [1]. Современные информационные системы технологической безопасности являются сложными иерархически организованными человеко-машинными системами, в которых можно выделить подсистему оценки состояний технологии и организационно-технологическую подсистему управления безопасностью. Одной из основных задач таких систем является своевременное обнаружение и ликвидирование опасностей, которые приводят к штатным и внештатным ситуациям, причем, для их выявления ещё на ранней стадии развития необходима количественная оценка технологической безопасности.

**Постановка задачи.** Методологические основы принципа построения системы диагностики состояний и управления технологической безопасностью, опираются на работу [2].

В нашей работе для создания технологического процесса рассмотрим пример химико-технологических процессов (ХТП). Моделирование должно обеспечивать не только достаточно точное описывание

процесса, а в качестве эксперта, анализирующего ситуацию, выступает лицо, поддержки принять решения. Здесь идут обе интеллектуальные задачи, первый из них диагностика состояния технологического процесса и вторая, поддержка принятия решения. Для диагностики состояний и принятия решения содержится база данных и база знаний. Современный этап разработки интеллектуальных систем управления в значительной степени ориентирован на разработку систем с интеллектуальным интерфейсом, гибридных систем искусственного интеллекта и моделей представления знаний. В нашей работе из них используется семантическая сеть.

**Формализация для создания модели.** В основе моделей этого типа лежит семантическая сеть, которую формально можно представить в виде  $H = \langle I, C_1, C_2, \dots, C_n, \Gamma \rangle$ . Здесь  $I$  — множество информационных единиц;  $C_1, C_2, \dots, C_n$  — множество типов связей между информационными единицами;  $\Gamma$  — отображение, задающее конкретные связи, из заданного набора типов связей, между информационными единицами.

Слово «семантика» означает значение, смысл слова, объекта, явления и т. д., переданных с помощью каких либо выражений и представлений.

Представление знаний, основанное на семантических сетях, заключается в рассмотрении проблемной среды как совокупности объектов (сущностей)

и связей (отношений) между ними. В данной случае проблемной областью являются аварийные ситуации ХТП.

Существуют различные виды семантических сетей [3]. Общим является то, что базовым функциональным элементом в них служит структура, состоящая из двух компонентов: «узлов» и связывающих их «дуг». Каждый узел представляет некоторое понятие, а дуга — отношение между парами понятий. Причем каждая из этих пар понятий представляет простой факт. Узлы помечаются именем соответствующего отношения. Дуга имеет направленность, благодаря чему она отражает отношение «субъект-объект» между понятиями. Однако в семантических сетях отсутствуют ограничения на число связей между узлами, благодаря чему обеспечивается формирование сети фактов. Например, для представления в виде семантической сети ниже приведены ключевые фразы, отражающие следующие аварийные ситуации ХТП.

*Ситуация 1. Неконтролируемый, неуправляемый процесс.* В объекте имеется или накапливается энергия, достаточная для разрушительной работы. Авария происходит вследствие превышения допустимого значения энергии из-за отсутствия контроля, потери прочностных характеристик оборудования, невозможности отключения источника увеличения энергии, несрабатывания защитных устройств и т. д. В модели изменение энергии определяется процессами первого вида, нарушение контроля и прочностных свойств — второго вида.

*Ситуация 2. Внешнее воздействие.* В объекте сосредоточено достаточное для аварии количество энергии, авария происходит при опасном возбуждающем воздействии — механическая и электрическая перегрузка, ошибочные действия персонала.

Модель рассматриваемой аварийной ситуации — вероятностное описание процесса появления воздействия, вызывающего аварию. *Ситуации 1 и 2* характерны для технологических процессов с высоким энергетическим потенциалом взрывоопасности [3].

*Ситуация 3. Утечка, выброс, разгерметизация.* В объекте протекают химико-технологические процессы, связанные с переработкой или получением пожаро и взрывоопасных веществ. В результате нарушения герметичности и других неполадок оборудования происходят утечка или выброс вещества из аппарата, машины, трубопровода в окружающую среду. Авария возникает при появлении возбуждающего воздействия или самовозгорания вещества вне оборудования.

Модель данной ситуации отражает процессы возникновения утечки, самовоспламенения, появления возбудителей взрыва и пожара. Анализ аварий показывает, что в последние годы около 50% взрывов на химических производствах произошло от залповых выбросов горючих продуктов.

*Ситуация 4. Опасная смесь.* В сложном химико-технологическом объекте на различных стадиях используются вещества, из которых могут образоваться пожаро и взрывоопасные смеси. Аварии возникают в результате недопустимого соединения (контакта) таких веществ с образованием опасных смесей.

Для *ситуации 4* модель должна учитывать возможность получения опасных смесей на основе рассмотрения большого числа сочетаний факторов и последовательностей различных взаимосвязанных событий.

*Ситуация 5. Взрывное разложение.* В объекте протекают процессы с взрывоопасными и другими нестабильными основными и побочными продуктами, склонными к самоускоряющим экзотермическим физико-химическим превращениям. Авария происходит в результате отложения и накопления в аппаратуре и трубопроводах таких веществ. Взрывному разложению подвержены ацетилен и его производные, нитрит-нитратные соли аммония, нитрофоска, пероксидные соединения и др.

*Ситуация 6. Остановка, незапуск.* Объекты большой единичной мощности запускают и останавливают в соответствии с определенными требованиями. Авария возникает при внезапной остановке, неправильном пуске или невозможности пуска вследствие различных нарушений оборудования.

Все рассмотренные и другие ситуации для химико-технологического объекта имеют различные версии, отличающиеся видом возбудителя аварии, местом утечки, составом опасной смеси и т. д.

Для каждой версии необходима соответствующая модель. Число версий для одной аварийной ситуации сложного объекта может быть достаточно большим, их анализ значительно облегчается при использовании методов моделирования и вычислительной техники. Для этого необходимо осуществить нахождение оценок переменных состояния и параметров модели, которые можно представить в следующей последовательности.

1. Разработка модели. Подготовка математического описания технологического процесса. Можно использовать динамические или статические модели.

2. Сбор данных. Проведение необходимых экспе-

риментов и наблюдений, чтобы обеспечить наибольшую возможную точность оценок.

3. Нахождение оценок. Для получения расчетов целесообразнее использовать стандартные программы, нежели разрабатывать новую, потому что для надежного программирования алгоритмов требуется большая изобретательность и мастерство.

4. Моделирование неполадок. Как детерминированный, так и стохастический подход к моделированию сказывается на чувствительности оценок. Вместо моделирования неполадок было бы идеальным вводить их в сам процесс для того, чтобы установить диапазоны наблюдаемых переменных состояния и/или коэффициентов модели. Однако это очень редко допустимо в производственных условиях, так, как приходится полагаться на косвенные методы определения допустимых диапазонов.

5. Обнаружение неполадки. Для того чтобы обнаружить неполадку, мы принимаем гипотезу о том, что процесс функционирует удовлетворительно, а затем проверяем эту гипотезу, используя экспериментальные данные, полученные в ходе наблюдения за процессом.

6. Диагностика неполадки. Установление местонахождения неполадки (или неполадок) в процессе является более сложной задачей, чем просто обнаружение неисправного состояния. При выявлении одной или нескольких конкретных неполадок могут быть использованы как переменные состояния, так и коэффициенты модели. Моделирование неполадки или анализ предшествующих данных о процессе (связанных с уже известными неполадками) дают ключ к выявлению конкретных случаев отклонений от нормальной работы.

Таким образом, вышеперечисленные типовые аварийные ситуации ХТП представили в виде семантической сети на рис. 1. При этом достоинство представления знаний в виде семантических сетей заключается в том, что они хорошо поддаются обработке на компьютере. Семантические сети и их модули — будь то сети на уровне отношений или сети на уровне программ — создаются инженером по знаниям (когнитологом). Это обстоятельство вполне устраивает пользователей, работающих, например, в области проектирования и управления технологическими процессами. Для каждого варианта технологического процесса и системы управления им прикладной программист (пользователь) будет формировать семантическую сеть на уровне отношений.

### Алгоритм построения модели знаний.

1-уровень: Аварийные ситуации в химико-технологическом объекте.

2-уровень:

1. Неконтролируемый процесс;
2. Неуправляемый процесс;
3. Внешнее воздействие;
4. Утечка;
5. Выброс;
6. Разгерметизация;
7. Опасная смесь;
8. Взрывное разложение;
9. Остановка;
10. Незапуск.

3-уровень:

1. Нарушение прочностных условий;
2. Энергетический потенциал взрывоопасности и пожароопасности;
3. Появление внешнего воздействия;
4. Возникновение утечки (выброса);
5. Расход и объем вытекшего продукта;
6. Возникновение контакта веществ;
7. Достижение опасной концентрации;
8. Достижение предельной массы;
9. Момент остановки или нарушения при пуске;
10. Накопленная энергия.

4-уровень:

1. Вид накапливаемой энергии;
2. Характер нарушения, воздействия;
3. Место нарушения, воздействия;
4. Вид взрывоопасной среды;
5. Вид нарушения (утечка, выброс, разгерметизация);
6. Состав смеси;
7. Место и причина возникновения контакта веществ;
8. Вид опасного продукта;
9. Место накопления;
10. Вид нарушения, ведущего к внезапной остановке или невозможности пуска.

5-уровень:

1. Сосуды под давлением;
2. Взрывоопасная и пожароопасная среда;
3. Горючие газы, легко воспламеняющиеся жидкости, токсичные и другие вредные вещества;
4. Объекты, содержащие компоненты опасных смесей;
5. Продукты, склонные к взрывному разложению;
6. Объекты большой единичной мощности.

Ниже представлены нумерация дуг, узлов и приведена схема алгоритма (рис. 1).

**Представим дуги следующим образом:**

1. Ситуация (Какая?);
2. Момент возникновения аварий (Что явилось причиной?);
3. Версии возникновения ситуаций (Почему?

От чего?);

4. Объекты, среда, продукты (Где?).

Нумерациями дуг являются W, X, Y, Z которые показаны на рис. 1.

**Нумерация узлов:**

1-уровень — А	2.1-уровень — А1	3.1-уровень — В1	4.1-уровень — С1	5.1-уровень — D1
	2.2-уровень — А2	3.2-уровень — В2	4.2-уровень — С2	5.2-уровень — D2
	2.3-уровень — А3	3.3-уровень — В3	4.3-уровень — С3	5.3-уровень — D3
	2.4-уровень — А4	3.4-уровень — В4	4.4-уровень — С4	5.4-уровень — D4
	2.5-уровень — А5	3.5-уровень — В5	4.5-уровень — С5	5.5-уровень — D5
	2.6-уровень — А6	3.6-уровень — В6	4.6-уровень — С6	5.6-уровень — D6
	2.7-уровень — А7	3.7-уровень — В7	4.7-уровень — С7	
	2.8-уровень — А8	3.8-уровень — В8	4.8-уровень — С8	
	2.9-уровень — А9	3.9-уровень — В9	4.9-уровень — С9	
	2.10-уровень — А10	3.10-уровень — В10	4.10-уровень — С10	

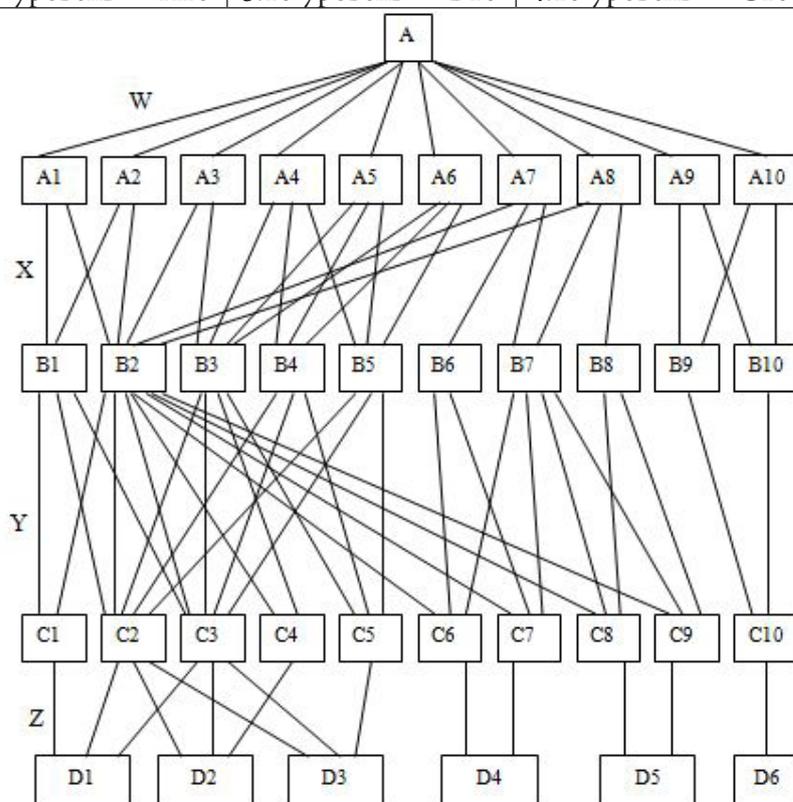


Рис. 1. Общая схема разработанного алгоритма.

**Вывод.** В работе даны алгоритм системы диагностики химико-технологических процессов. На основе вышеуказанного алгоритма составлена программа

на языке Delphi. Их можно использовать в процессе поддержки принятия решения для диагностики и управления сложными химико-технологическими системами.

**Список литературы:**

1. Бесчастнов М. В. Взрывобезопасность и противоаварийная защита химико-технологических процессов. – М: Химия, 1983, 471 с.
2. Богатиков В., Вицентий А., Охота С., Палюх Б. Проектирование информационного обеспечения задач управления безопасностью технологических процессов//Информационные ресурсы России. 2004. – No 3. – С. 5–8.
3. Острейковский В. А. Информатика. – М.: Высшая школа, 2000, 511 с.

## Section 10. Transport

*Tulenov Aidarali Tulenovich, Cand.Sci (Technics), professor of the South Kazakhstan State University named after M. Auezov, Shymkent city, E-mail: tulenov-2011@mail.ru*

*Gorskaya Nataliya Aleksandrovna, Master's degree (Transport) South Kazakhstan State University named after M. Auezov, Shymkent city, E-mail: gorskaya39@mail.ru*

*Aitmukhamed Sagimbekovich Junusbekov, Cand.Sci (Technics) South Kazakhstan State University named after M. Auezov, Shymkent city, E-mail: aitmukhamed@mail.ru*

*Tortbayeva Dinara Ryskulbekovna, Cand.Sci (Technics) South Kazakhstan State University named after M. Auezov, Shymkent city, E-mail: dinash@mail.ru*

### Operational car safety allowance optimization

**Abstract:** The authors suggest the mathematical models showing the values of the assembly components safety index, which maximum tear provides for the failure, and the wear velocity depends on the technical maintenance periodicity.

**Key words:** safety, failure, accrued operating time, wear, operation, wastes compensation costs

*Туленов Айдарали Туленович, к. т.н., профессор, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, E-mail: tulenov-2011@mail.ru*

*Горская Наталия Александровна, магистр транспорта, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, E-mail: gorskaya39@mail.ru*

*Джунусбеков Айтмухамед Сагимбекович, к. т.н., Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауэзова, г. Шымкент, E-mail: aitmukhamed@mail.ru*

*Тортбаева Динара Рыскулбековна, к. т.н., Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауэзова, г. Шымкент, E-mail: dinash@mail.ru*

### Оптимизация нормативов надежности машин в эксплуатации

**Аннотация:** Предложены математические модели, выявляющие значения показателей надежности сборочных единиц, предельный износ которых вызывает их отказ, а скорость изнашивания зависит от периодичности технического обслуживания.

**Ключевые слова:** надежность, отказ, наработка, износ, ресурс, эксплуатация, стоимости компенсации потерь.

Выполненные исследования в области эксплуатационной надежности машин создали предпосылки к оптимизации нормативов машин и их конструктивных элементов. Критерием оптимизации нормативов

надежности в общем случае может быть минимальная сумма  $C(t)$  средней удельной стоимости: амортизационных отчислений  $C_{AM}$ ; устранения отказов и неисправностей (текущий ремонт)  $C_{ТР}$ ; компен-

сации потерь, обусловленных износом (снижение производительности, повышение расхода эксплуатационных материалов и т. п.)  $C_{КП}$  [1, 52–53]. Эти стоимости в среднем удельном исчислении определяются на единицу наработки  $t_{AM}$  за амортизационный срок службы. Для снижения скорости изнашивания и обеспечения требуемого уровня вероятности безотказной работы выполняется техническое обслуживание, стоимость которого  $C_{об}$  относится к периодичности выполнения  $t_{об}$  обслуживания.

Ограничением при таком критерии является постоянная производительность машины. Так как она уменьшается по мере увеличения наработки из-за роста параметра потока отказов и сопутствующих им простоев, а также увеличения износов, то требуется дополнительное количество машин, стоимость которых следует учитывать при определении минимума затрат. Кроме того, ограничением является предельный износ  $U_{n\max}$ , выявляемый по критериям невозможности дальнейшей эксплуатации: в результате износа происходят поломки деталей, заклинивание механизма и т. п. или сборочная единица попадает в зону интенсивного выхода из строя.

Огрубление модели, как общепринято, является то, что стоимость устранения отказа считается независимой от наработки на отказ и значения допустимого износа, а стоимость технического обслуживания не зависит от периодичности его выполнения. Принято также, что техническое обслуживание полностью восстанавливает систему.

Машина, ее агрегат или узел (сборочная единица) работает до списания  $v(t)$  циклов и подвергается  $v(t) - 1$  раз капитальному ремонту, при этом  $v(t) - 1$  — целое положительное число. Капитальный ремонт сборочной единицы является текущим ремонтом агрегата, в который она входит. То же относится к агрегату и машине.

Примем общий процесс восстановления, при котором ресурс  $t_p$  до первого отказа (капитального ремонта) больше, чем ресурсы  $t_p$  между отказами (капитальными ремонтами), но последние имеют одно и то же значение. Отношение между ресурсами  $K = \frac{t_p}{t_p} < 1$ . Это относится к машине, агрегату, сборочной единице.

Стоимость  $C_{AM}$  объекта определяется стоимостью  $C_o$  его изготовления или приобретения, уменьшенной на значение стоимости при списании, а также стоимостью капитальных ремонтов  $C_{КР}(v(t)-1)$  за амортизационный срок службы. Стоимость за цикл экс-

плуатации устранения отказов  $C_{ТР}$  и компенсации потерь  $C_{КП}$  можно принять величинами не зависящими от порядкового номера цикла. С учетом этого целевая функция имеет следующий вид

$$C(t) = \frac{v(t)}{M} \cdot \frac{C_{AM.O} + C_{ТР} + C_{КП}}{t_p} + \sum_{t_{об}} \frac{C_{об}}{t_{об}} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$t_{AM} = M \cdot t_p \quad \text{и} \quad M = 1 + K(v(t) - 1); \quad C_{AM} = C_{AM.O} v(t) \quad \text{и} \\ C_{AM.O} = [C_o + C_{КР}(v(t) - 1)] / (v(t)),$$

где  $C_{AM.O}$  — средняя стоимость амортизации, приходящаяся на одно предельное состояние объекта.

Для выявления минимума стоимости  $C(t)$  по соотношению (1) необходимо определить оптимальные значения ресурса  $t_p$ , периодичности  $t_{об}$  обслуживания, предельного износа  $U_n$ , учитывая их взаимосвязь, что относится к большинству объектов. Рассмотрим зависимости, во-первых, ресурса от периодичности обслуживания, во-вторых, стоимости компенсации потерь от наработки и периодичности обслуживания и в третьих, стоимости текущего ремонта от наработки.

Выявим каждую из перечисленных зависимостей.

Зависимость износа  $U$  от наработки  $t$  выражается, как это принято, формулой

$$U = at^a \quad (2)$$

и отражена кривой 1 на рисунке, где также показаны предельно-допустимый износ  $U_n$  и износ  $\Delta U$  за наработку  $t = t_{об}$ .

Наработку  $t = t_{pi}$  за износ при применении обслуживания с периодичностью  $t_{об}$  определим на графике склеенной кривой 2 или после ее аппроксимации — прямой 3. В аналитическом виде эту зависимость отразим формулой

$$t_{pi} = \frac{U_n}{U_{об}} t_{об} = \frac{U_n}{at_{об}^{a-1}} \quad (3)$$

Здесь следует отметить, что при  $t_{об} = \text{const}$  износ  $U$  для любой наработки  $t = t_{pi}$  определяется соотношением

$$U = at_{об}^{a-1} \cdot t, \quad (4)$$

а при  $t = t_p$

$$U_n = at_{об}^{a-1} \cdot t_p$$

Стоимость компенсации потерь  $C_{КП}$  может быть задана либо по аналогии с износом суммарным значением

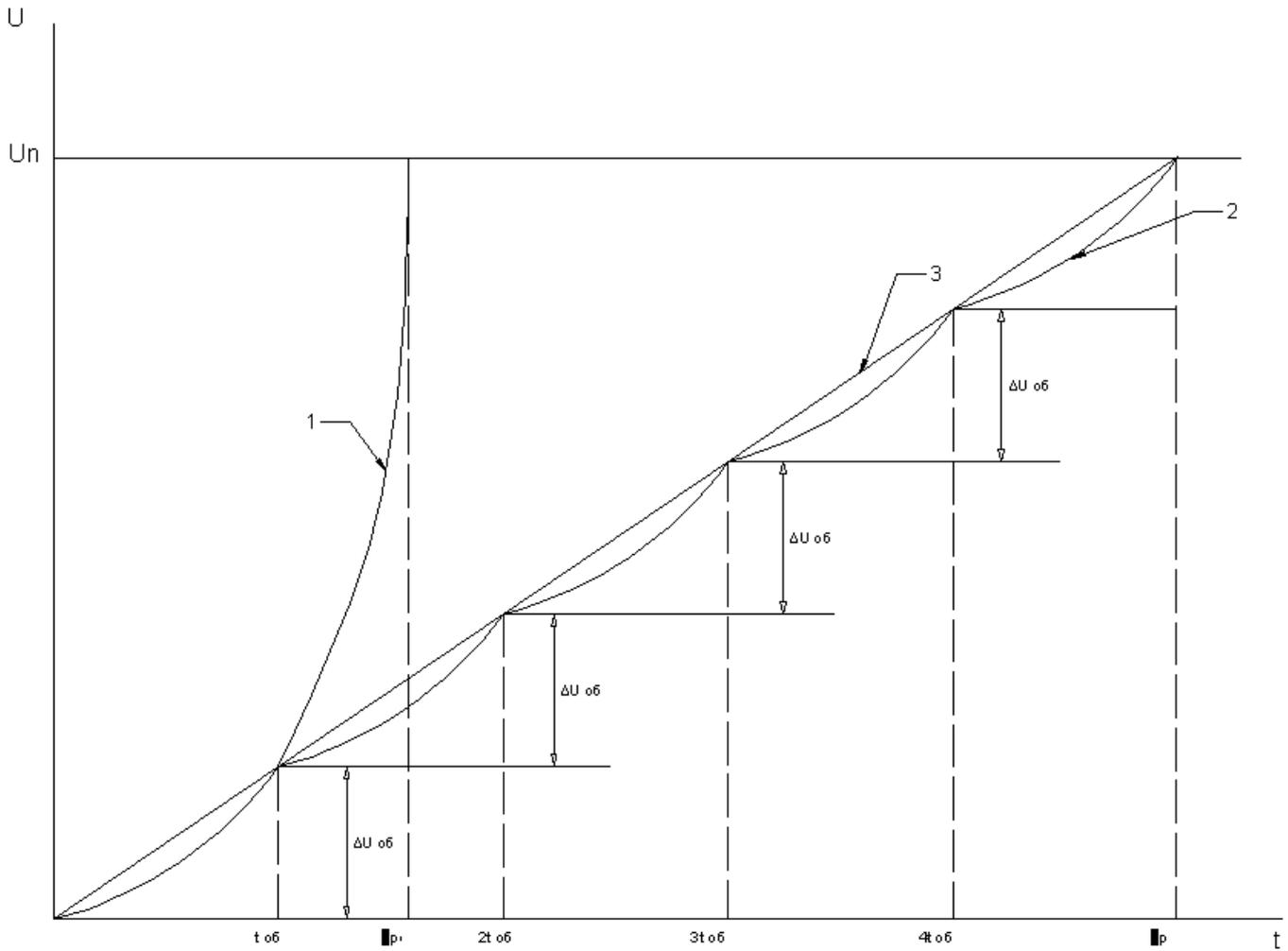
$$C_{КП} = cU_n^\beta, \quad (5)$$

либо по интервалам износа

$$C_{КП_{ин}}(U) = cU^\beta. \quad (6)$$

Очевидно, что

$$C_{КП} = cU^\beta = \int_0^U c x^\beta dx = \frac{c}{\beta + 1} U^{\beta+1}, \quad (7)$$

Рисунок 1. Зависимость износа  $U$  от наработки и периодичности ТО

откуда

$$C = \frac{c}{\beta + 1} \text{ и } \beta = \beta' + 1$$

Для определения  $C_{\text{КП}}$  как функции  $t$  и  $t_{\text{об}}$  на первом цикле эксплуатации преобразуем (5) с помощью (4). Получим

$$C_{\text{КП}} = c \cdot a^\beta \cdot t_{\text{об}}^{(\alpha-1)\beta} t^{\beta-1}. \quad (8)$$

Для расчета стоимости компенсации потерь в среднем удельном исчислении  $C_{\text{КП,ср}}(t)$  соотношение (8) следует разделить на  $t$

$$C_{\text{КП,ср}}(t) = c \cdot a^\beta \cdot t_{\text{об}}^{(\alpha-1)\beta} t^{\beta-2}, \quad (9)$$

а, в интервальном исчислении  $C_{\text{КП,ин}}(t)$  соотношение (8) требуется проинтегрировать

$$C_{\text{КП,ин}}(t) = \beta \cdot c \cdot a^\beta \cdot t_{\text{об}}^{(\alpha-1)\beta} t^{\beta-1}, \quad (10)$$

Стоимость устранения отказов и неисправности зададим в интервальном исчислении

$$C_{\text{ТР,ин}}(t) = bt^\alpha \quad (11)$$

Следовательно, для расчета в среднем удельном исчислении получим соотношение

$$C_{\text{ТР,ср}}(t) = \frac{1}{t} \int_0^t bx^\alpha dx = \frac{b}{\alpha + 1} t^{\alpha+1} \quad (12)$$

и в суммарном за наработку  $t$ 

$$C_{\text{мп}} = \frac{b}{\alpha + 1} t^{\alpha+1} \quad (13)$$

Таким образом, полученные соотношения (8) и (10), (11) и (13) необходимы для создания нормативов, позволяющих управлять реализацией ресурсов, а соотношения (9) и (12) удобно использовать для выявления минимальной стоимости  $C(t)$ , применяя наработку  $t = t_p$ . Полученные соотношения позволяют оптимизировать показатели надежности различных объектов.

Выполненные разработки использованы для нормирования показателей надежности автомобильного двигателя КамАЗ-740 по критерию угара моторного масла и стоимости устранения отказов.

Специально проведенными испытаниями определены численные характеристики кривых: износа гильз цилиндра  $a=0,27$  мкм/тыс.км $^\alpha$  ( $\alpha=1,64$ ); стоимости компенсации потерь  $c=3,31 \times 10^{-4}$  руб/мкм и  $\beta=2,2$ ; стоимости текущих ремонтов в интервальном исчислении  $b=2,7642 \times 10^{-3}$  руб/тыс.км $^{\alpha+1}$ .

**Список литературы:**

1. Совершенствование метода управления изнашиванием автомобильных двигателей. Туленов А. Т., Горская Н. А. и др. Техника и технология: новые перспективы развития: Материалы XII Международной научно-практической конференции. – Москва: Издательство «Спутник +» 2014. – 140 с.

## Section 11. Chemistry

*Byk Mykhaylo Volodumurovich,  
Nationale Technisch Universität der Ukraine, Dozent,  
Fakultät der Chemischen Technologien,  
Linucheva Olga Volodumurivna,  
Hulian Roman Ivanovuch,  
Hulian Alina Oleksandrivna,  
Redko Raisa Makarivna  
E-mail: bmv2000@ukr.net*

### Die funktionale Mehrfachbeschichtung der Oberfläche von quarzartigen Resonatoren

**Abstrakt:** Die Bildung einer Spiegelschicht auf quarzhaltiger polierter Oberfläche mit weiterer Befestigung mit Hilfe vom mehrschichtigen galvanischen Überzug.

**Stichworte:** Der Spiegelschicht, Die Galvanischen Überzug, Der Lasergeräten Verschiedener, Der Reflexionsflächen für Pumpkammern

#### Einleitung

Da die Anzahl von Lasergeräten verschiedener Typen immer größer wird, unverändert bleibt ein Bedarf für die Schaffung von wirksamen Reflexionsflächen für Pumpkammern. Die Schwierigkeit bei der Schaffung solcher Produkte sind hohe Anforderungen an das Reflexionsvermögen und die Haltbarkeit der resultierenden Beschichtungen zum Temperaturabfall. In dieser Arbeit ist die Methode des sequentiellen chemischen und elektrochemischen Ansetzens von funktionaler Reflexionsschicht für die Lasertechnik vorgeschlagen und in die Praxis umgesetzt.

Das Produkt, das man mehrmals reflektierend beschichten musste, war ein Quarzrohr mit einem Durchmesser von 22mm und einer Länge von 80mm. Innerhalb des Rohrs befindet sich die Blitzlampe und Laserstreckenmessgerät. Das Rohr ist ein Reflektor des Blitzlampenabstrahlens auf Ausstrahler. Die Blitzlampenleistung ist 1 kW, und auch wenn sie in einem gepulsten Modus mit einer so kleinen Arbeitsvolumen arbeitet, werden die Temperaturabfälle von 80–150 °C in der Kammer erreicht. In dieser Hinsicht sind zur aufbringenden Beschichtung Überforderungen zur Reflexionsfähigkeit und Standfestigkeit der Temperaturänderungen notwendig. Entsprechend den Anforderungen der Entwickler soll der Spiegelbelag nur an der äußeren Oberfläche und Ende des Rohres aufgebracht

werden. Das Eindringen der Beschichtung im Inneren des Rohres ist nicht erlaubt, weil abgesehen von hohen chemischen Beständigkeit des Silbers, mit signifikanten periodischen Temperaturschwankungen Silberschicht oxidiert wird, was zu einem Verlust der Reflexionsfähigkeit, Überhitzung und zur Brechung der Vorrichtung führen kann.

#### 2. Analyse der veröffentlichten Daten und Problemstellung

Es ist bekannt, dass die höchste Reflexionsfähigkeit aller Metalle das chemisch gefällte Silber ist [1]. In diesem Fall wird das Metall in einer dünnen Schicht mit wenigen Defekten abgeschieden. Mit zunehmender Dicke verschlechtert sich die Qualität der Beschichtung. Die Schichthöhe bei der chemischen Abscheidung von Silber ist 0,1–0,3 mkm [2].

Derzeit gibt es viele Möglichkeiten, um die gespiegelte Silberfolie zu erhalten. Das häufigste Verfahren ist die Rückgewinnung von Metall aus ammoniakalischen Lösungen von komplexen Silberverbindungen mit Hilfe von einigen organischen Stoffen, die Aldehydgruppe enthalten, beispielsweise Formalin oder Glucose [1].

Rückgewinnung von metallischem Silber aus seinen Verbindungen, sowie seine gleichmäßige Verteilung auf dem Glassubstrat ist ein sehr komplexes chemisches Verfahren, das die Verwendung von Spezialchemikalien und die Einhaltung eines bestimmten Modus erfordert.

Die Technologie des Belegens mit einer Silberschicht des Spiegels wird sowie durch die Art des Spiegelbelages (vorderer oder hinterer, vollflächiger oder halbdeckender), als auch durch strukturellen Parameter von Spiegeln (Abmessungen, Oberflächenform) bestimmt [3]. Die Technologie des Belegens mit einer Silberschicht besteht aus vier Hauptgruppen von Operationen: 1) Oberflächenvorbereitung des Details zur Versilberung; 2) Ansatz einer Lösung zum Versilbern; 3) Rückgewinnung von metallischem Silber; 4) Auftragen der Schutzschichten auf der Silberschicht [1].

Um eine vollflächige Spiegelbeschichtung zu erhalten, soll man die Oberfläche der Details gründlich vor Verschmutzung reinigen. Dazu wird die Oberfläche mit konzentrierter Salpetersäure für 5–10 min behandelt; mit gefiltertem erwärmtem auf 15–20 °C Waschwasser übergeschwängt, mit 20-Prozent-Lösung von Alkali (Natriumhydroxid und Kaliumhydroxid) geputzt und wieder mit gefiltertem erwärmtem auf 20–25 °C Wasser geputzt. Wenn es auf der Oberfläche des Details Haut oder Verunreinigungen gibt, die man mit Hilfe von Chemikalien nicht entfernen kann, soll sie poliert werden. Zur Beschleunigung des Prozesses der Versilberung und zum Erhöhen der Qualität der gespiegelten Folie wird die Oberfläche des Details mit 0,1–0,05-prozentiger Lösung von Zinnchlorid ( $\text{SnCl}_2$ ) behandelt [3]. Als Ergebnis dieses Verfahrens werden auf der Glasoberfläche zweiwertige Zinnionen adsorbiert. Durch Hydrolyse gebildetes Zinnhydroxid  $\text{Sn}(\text{OH})_2$  ist in der Lösung im kolloidalen Zustand und wird von Glasoberfläche adsorbiert. Dank der starken Reduktionseigenschaften adsorbierter Moleküle des Hydroxides entsteht auf der Glasoberfläche eine Wiederherstellung des metallischen Silbers aus Silberlösung, Silberpartikeln, die auf der Glasoberfläche abgeschieden wurden, sind die Kristallisationszentren in der Weiterbildung der gespiegelten Beschichtung [4].

Der Versilberungselektrolyt besteht aus einer alkalischen Silberlösung  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$  und reduzierenden Lösung [3]. Um eine vorzeitige Bildung von Kristallen des metallischen Silbers zu vermeiden, wird das Mischen der Arbeitslösungen vor Anfang der Versilberung durchgeführt. Notwendig ist es überschüssiges Ammoniak zu vermeiden. Einen negativen Einfluss auf Verfahren der Versilberung haben Fette, Schwefelverbindungen, Eisensalze, kolloidale Substanzen.

Die Versilberung dauert 10–15 min. bei 15 °C., die Lösung wird dann abgeschüttet und die Details mit destilliertem Wasser gespült.

Diese Operation wird 3–4 Mal wiederholt, bis eine Folie des kristallinen Silbers mit erforderlichen opti-

schen Eigenschaften entsteht.

Zum Schutz der Silberschicht wird sie mit den Schutzschichten bedeckt, die sie von mechanischen, chemischen und physikalischen Einflüssen lokalisieren. Die Beschichtungen sollen inert gegenüber dem Silber sein, so dürfen sie keine organische Säuren, Schwefel, Schwefelverbindungen haben. Spiegelschichten werden in der Regel mit zwei Schichten geschützt — Kupfer und Lack. Die Verkupferung wird in Elektrolysezellen durchgeführt, dabei wird das Detail eingespannt, so nah an den Rand des Details. Der Elektrolyt ist eine wässrige Lösung von Kupfersulfat und Schwefelsäure. Weiter wird das Detail gewaschen und in einem Strom von gefilterter Luft getrocknet. Aber eine solche Deckung schützt nicht die Silberschicht gegen einige Witterungseinflüssen (Kohlendioxid, Wasser, Sauerstoff, Schwefel und Schwefelgase), so ist Auftragen des Lacks sinnvoll. Bakelitharzlack wird verwendet, der mit der Aluminiumpulver und Glimmerstaub gefüllt wird. Es werden mindestens zwei Schichten mit einem Intervall von 30 Minuten zum Trocknen der vorhergehenden Schicht aufgebracht. Die Schichthöhe soll 3–4 mkm sein [2]. Es ist auch möglich, der dritte dekorative Überzug — Lackfarbstoff anzuwenden (Ruß, Aluminiumpulver usw.) [3].

Gespiegelte Silberbeschichtungen müssen die folgenden Anforderungen erfüllen: Reflexionsverhältnis — nicht weniger als 88%, eine Schicht aus Silber — 0,3 bis 0,5 Mikrometer, dabei keine äußere Mängel (Flecke, Punkte, Kratzer), Kupferschicht — 0,8 bis 1,0 mm, lückenlos, Lackhautdicke von nicht weniger als 0,1 mm, ohne Blasen und Abblätterungen.

Der Hauptvorteil dieses Verfahrens ist die relative Einfachheit der Ausrüstung, die dieses Verfahren praktisch auf jedem Betrieb ermöglicht [1]. Gleichzeitig eine chemische Versilberung hat eine Reihe von Nachteilen: eine hohe chemische Reinheit der verwendeten Reagenzien wird erfordert, der Reflexionskoeffizient geringfügig niedriger als die durch Eindampfen erhaltene Folie ist, Schutzfolien müssen aufgebracht werden, — langes und arbeitsintensives Verfahren.

### 3. Ziele und Aufgaben der Untersuchung

Das Ziel dieser Arbeit war es, die Bildung einer Spiegelschicht auf quarzhaltiger polierter Oberfläche mit weiterer Befestigung mit Hilfe vom mehrschichtigen galvanischen Überzug.

### 4. Ergebnisse und Diskussion

Für die Erfüllung dieser Aufgabe wurde Technologie der chemischen Abscheidung dünner Silberfolie auf der Oberfläche des Werkstückes mit der weiteren galvanischen Vermehrung von Schutzschichten vorgeschlagen.

Eines der Kriterien für die qualitative chemische Abscheidung von Silber auf der Metalloberfläche ist die Sauberkeit der Oberfläche vor der Abscheidung. Besonders schädlich sind die Anwesenheit von Oxidationsmitteln, organischen Substanzen und Chlorionen. So wurden alle Lösungen für die chemische Abscheidung von Silber mit destilliertem Wasser hergestellt. Die Details wurden bei durchgeführten Operationen mit Leitungswasser und dann mit destilliertem Wasser.

Nach der Vorbereitung der Oberfläche sollte sie nicht in Kontakt mit Objekten stehen, die die Oberfläche kontaminieren können, so wurden für die Halterung des Materials spezielle Anpassungen aus konischen Fluorkarbonkorkgeweben und Federklammern aus dickem isoliertem Kupferdraht hergestellt. Solche Anpassungen verhinderten das Eindringen von chemischen Lösungen in der Röhre und gleichzeitig ermöglichten, ungehindert die Oberfläche zu bearbeiten.

Zur Grobreinigung der Rohre von groben mechanischen Verunreinigungen wurde Durchreiben mit Hilfe der Paste von Wiener Kalk verwendet. Danach wurden die Details gründlich mit Leitungswasser und destilliertem Wasser gewaschen.

Die Oberfläche des Details ist poliert, so wird für die Verbesserung der Beschichtungshaftung mit dem Material Beizverfahren der Oberfläche in konzentrierter Salpetersäure im Laufe von 10–15 Minuten mit weiterem Spülen zuerst mit Leitungswasser und dann mit destilliertem Wasser durchgeführt. Oberflächenreinigung unter Verwendung von Chrommischung gibt negative Ergebnisse wegen der Glasundichtigkeit und des Sorbierens von Dichromat. Danach wurde zum Neutralisieren der Säure und zur weiteren Entwicklung der Oberfläche das Ätzen in einer Lösung von Natriumhydroxid (20%) im Laufe von 10 Minuten durchgeführt. Zur Sensibilisierung der Oberfläche wurde vor dem Auftragen der Silberschicht 0,5% Zinn-II-Chlorid-Lösung in 10% der Salzsäure benutzt. Das Verfahren der Sensibilisierung wurde im Laufe von 0,5–1 Minuten durchgeführt. Nach dem gründlichen Waschen wurde auf das Detail Werkspiegelsilberbeschichtung durch chemische Dampfabscheidung einer Lösung aufgebracht.

Es gibt viele Lösungen für die Versilberung. Was sie Gemeinsames haben, ist die Verwendung von 2 Lösungen, die unmittelbar vor Gebrauch gemischt werden. Eine der Lösungen ist entweder eine Ammoniak- oder Hexazyanoferat Komplex von Silber, die zweite — Reduktionsmittel. Als Reduktionsmittel werden Invertzucker, Glukose, Seignettesalz, Pyrogallol, Formaldehyd, Hydrazin, und einige andere Substanzen benutzt [5].

Bei Verwendung von Formaldehyd als Reduktionsmittel (Reaktion „Silberspiegel“) ist es notwendig, die Lösung zu erwärmen und in den meisten Fällen wird sie für die Abscheidung der Folie auf die innere Oberfläche von Behältern verwendet. Außerdem hat die entstehende Folie eine geringere Haftfestigkeit. Die Benutzung des raffinierten Zuckers als Reduktionsmittel bietet starke Haftung der Folie, aber das ist mit der Notwendigkeit der Erhaltung von Invertzucker durch längeres Kochen verbunden. So wird für das Auftragen der Spiegelschicht Zwei-Komponenten-Lösung mit einem Reduktionsmittel Rochelle-Salz gewählt. Sie erlaubt, eine Silberfolie ohne Erwärmen zu erhalten und niedrige Silberabscheidung dieser Lösungen hilft, feinkristallische Beschichtungen mit hohem Reflexionsvermögen sicherzustellen.

Eine Lösung von ammoniakalischem Silberkomplex wurde durch Neutralisieren einer Lösung von Silbernitrat durch wässrigen Ammoniak hergestellt, um eine leicht trübe Lösung zu bilden. Eine Lösung des Reduktionsmittels — Seignettesalz wurde durch Lösung von Seignettesalz hergestellt, indem man beim Einkochen das Silbernitrat zugegeben wurde, um die Rückstandsbildung zu bilden. Anschließend wurden beide Lösungen filtriert und in einem dunklen dicht geschlossenen Behälter bis der Anwendung gelagert. Bevor Versilberung wurden die Lösungen in einem Verhältnis von 1: 1 gemischt. Die Versilberung wurde zweimal im Laufe von 15 Minuten durchgeführt, um eine Folienstärke von 0,5–0,8 mm zu erhalten.

Der wichtigste Schritt ist es, die erhaltene Silberschicht zu festigen. Zu diesem Zweck wurde oben durch galvanisches Aufwachsen Feststellschicht aus Nickel 10 mkm, Pufferschicht aus Kupfer 50 mkm und die Schutzschicht aus Nickel 30 mkm aufgebracht.

Am schwierigsten ist das erste Auftragen der Haftungsschicht. Sie können als Befestigungsschicht sofort Kupferschicht anwenden [6]. Der Elektrolyt für das Auftragen dieser Beschichtung unterscheidet sich von dem Standard-Sulfat-Elektrolyt der Verkupferung durch geringeren Gehalt der Schwefelsäure (10–15 g/l). Aber auch eine so niedrige Konzentration der Säure ätzt frischgefällte Silberbeschichtung unter, was zum Abtrennen von der Oberfläche des Erzeugnisses führt. Hierzu ist die Anwesenheit von organischen Substanzen — Ethylalkohol auch nachteilig für die Festigkeit der Schichten, obwohl es von den Autoren [6] als Vorwäsche vor galvanischer Beschichtung der galvanischen Schichten auf frischgefällte chemische vorgeschlagen ist.

Für das Auftragen des Nickels werden vor allem Elektrolyte mit Sulfat und Nickelchlorid, Borsäure als Puffersubstanz und verschiedene Glanzbinder, Einebnungsmittel [7]. Die aus Elektrolyten hergestellten Beschichtungen mit Glanzzusätzen zeichnen sich durch hohe innere Spannungen. Darüber hinaus arbeiten sie nur bei erhöhten Temperaturen, die in diesem Fall ausgeschlossen ist. Da die Temperaturdifferenz zwischen der Lösungen der Silberbeschichtung und der Haftungsschicht sollte 2–3 °C nicht überschreiten [6].

Für das Auftragen der Nickel-Überzugsschicht bei Umgebungstemperatur wurde Elektrolyt entwickelt, der enthält (g/l): Nickelsulfat-Heptahydrat 180–220; Nickelchloridhexahydrat 10–20; Borsäure 25–45; Magnesiumsulfat 80–120. Arbeitsstromdichte von 0,2 bis 1 A/dm<sup>2</sup>. Nickelchlorid wird zugesetzt, um den Betrieb der Anoden zu gewährleisten. Natriumsulfat, das üblicherweise verwendet wird, um die elektrische Leitfähigkeit zu erhöhen, wurde von dem Elektrolyten ausgestoßen, da es zur Bildung vom Fällen und Abblättern führt.

Stromleiter des Erzeugnisses wurde mit Hilfe des Federkontaktpunktes von Kupfer durchgeführt.

Details wurden unter dem Strom begichtet. Um die Einheitlichkeit der Beschichtung zu gewährleisten, wird

Stromdicht bei seiner Spannungsminderung von 0,2 bis 1 A/dm<sup>2</sup> gesteigert.

Nach der Erhöhung der Festschicht wird das Detail gewaschen, in 10% igen Schwefelsäure und der Pufferschicht aktiviert und es wird Kupferpufferschicht aus einem einfachen Kupfersulfat (g/l) aufgebracht: Kupfersulfat 180–250; Schwefelsäure 80–100.

Die Erhöhung von Kupferschicht wurde allmählich mit zunehmender Stromdichte von 0,5 bis 2 A/dm<sup>2</sup> durchgeführt.

Das Abscheiden der oberen Schutzschicht der Nickelbeschichtung kann aus einer Nickelsulfatelektrolyt durchgeführt werden, der zur Fixierung der Festschicht benutzt wurde und auch für die Verminderung der Zeit des Auftragens aus Sulfamatelektrolyt, der für Galvanof ormung empfehlenswert ist (g/l): Nickelsulfamat 600–800; Borsäure 25–40; Nickelchlorid 12–15; Natriumlaurylsulfat 0,5 bis 1,5. Arbeitsstromdichte ist 1 A/dm<sup>2</sup>.

Nach dem Auftragen der Endschicht wurden die Details gewaschen und an der Luft getrocknet.

#### **Zusammenfassung:**

In dieser Arbeit wird die Technologie zur Herstellung von mehrschichtiger Spiegelbeschichtung für Lasergeräte vorgestellt. Gemäß der vorgeschlagenen Technologie wird die Partie von Endprodukten hergestellt.

#### **Referenz:**

1. Бардин А. Н. Технология оптического стекла: Учебник для студентов приборостроительных вузов; Под ред. И. Г. Саркина, В. В. Полякова, Н. М. Медведева, Л. В. Иванова. 3-е изд., перераб. и доп. – Высшая школа, 1963. – 518 с.
2. Зубаков В. Г. Технология оптических деталей: Ученик для студентов оптических специальных вузов./В. Г. Зубаков, М. Н. Семибратов, С. К. Штандель; Под ред. М. Н. Семибратова. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 368 с., ил.
3. Бардин А. Н. Технология оптического стекла: Учебное пособие для студентов приборостроительных вузов; Под ред. В. М. Винокурова, Ф. Л. Бурмистров, Л. Ю. Курты, В. Н. Рождественского. – Москва, 1953. – 158 с.
4. Бардин А. Н. Технология оптического стекла: Учебник для студентов приборостроительных вузов; Под ред. И. Г. Саркина, В. В. Полякова, Н. М. Медведева, Л. В. Иванова. – Москва, 1955. – 496 с.
5. Никитин М. К., Мельникова Е. П. Химия в реставрации. Справочное пособие. Л.: 1990. – 304 с.
6. Вансовская К. М., Волянюк Г. А. Промышленная гальванопластика–/Под ред. П. М. Вячеславова. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986.– 105 с., ил. – (Б-чка гальванотехника, Вып. 10).
7. Дасоян М. А., Пальмская И. Я., Сахарова Е. В. Технология электрохимических покрытий. Л., «Машиностроение», 1989. – 391 с.

*Kazimzadeh Ali Kazim oglu, Azerbaijan National Academy of Sciences  
Academician A. M. Guliyev Institute of Chemistry  
of Additives, doctor of chemical Sciences, professor  
E-mail: aki05@mail.ru*

*Nagiyeva Elmira Ali gizi, Azerbaijan National Academy of Sciences  
Academician A. M. Guliyev Institute of Chemistry  
of Additives, doctor of technical Sciences, associate professor  
E-mail: Nagiyeva1946@mail.ru*

*Farzaliyev Vagif Madjid oglu, Azerbaijan National Academy of Sciences  
Academician A. M. Guliyev Institute of Chemistry  
of Additives, doctor of chemical Sciences academic  
E-mail: aki05@mail.ru*

*Gadirov Ali Ashraf oglu Azerbaijan National Academy of Sciences  
Academician A. M. Guliyev Institute of Chemistry  
of Chemistry of Additives, PhD in Chemistry, associate professor  
E-mail: qadirov.58@mail.ru*

*Mammadova Rakhila Amiraslan gizi, Azerbaijan National Academy of Sciences  
Academician A. M. Guliyev Institute of Chemistry of Additives, scientific collaborator  
E-mail: aki05@mail.ru*

## **Modified sulphurcontaining alkylphenolate additive to motor oils**

**Abstract:** The results of research by synthesis of new ИХП-157 sulphurcontaining alkylphenolate additive, consisting of carbonated calcium acid of condensation product with thioglicol acid and formaldehyde of alkylphenol are given in this article. High exploitation qualities of additive ИХП-157 allow to use it for developing modern motor oils.

**Key words:** additive, alkylphenol, formaldehyde, thioglicol acid, motor oil.

*Кязим-заде Али Кязим оглы, Национальная Академия Наук Азербайджана (НАНА),  
Институт химии присадок имени академика А. М. Кулиева, докт.хим. н., профессор  
E-mail: aki 05@mail.ru*

*Нагиева Эльмира Али кызы, Национальная Академия Наук Азербайджана,  
Институт химии присадок имени академика А. М. Кулиева, докт.техн. н., ст. н.сотр  
E-mail: Nagiyeva 1946@mail.ru*

*Фарзалиев Вагиф Меджид оглы, Национальная Академия Наук Азербайджана (НАНА),  
Институт химии присадок имени академика А. М. Кулиева, докт.хим. н., академик  
E-mail: aki 05@mail.ru*

*Гадиров Али Ашраф оглы, Национальная Академия Наук Азербайджана (НАНА),  
Институт химии присадок имени академика А. М. Кулиева, канд.хим. н., доцент  
E-mail: qadirov.58@mail.ru*

*Мамедова Рахила Амираслан кызы, Национальная Академия Наук Азербайджана,  
Институт химии присадок имени академика А. М. Кулиева, н.сотр.*

## **Модифицированная серосодержащая алкилфенолятная присадка к моторным маслам**

**Аннотация:** Приведены результаты исследований по синтезу новой серосодержащей алкилфенолятной присадки ИХП-157, представляющей собой карбонатированную кальциевую соль продукта конденсации алкилфенола с формальдегидом и тиогликолевой кислотой. Предлагаемая присадка получается по упрощенной технологии и с экономией энергии. Высокие эксплуатационные свойства присадки ИХП-157 позволяют использовать ее для разработки современных моторных масел.

**Ключевые слова:** присадка, алкилфенол, формальдегид, тиогликолевая кислота, моторное масло

Одной из важнейших задач современной химической технологии является разработка эффективных присадок многофункционального действия [1, 2]

Применение многофункциональных присадок перспективно с точки зрения сокращения числа компонентов в смазочных композициях, что дает в конечном итоге значительный экономический эффект.

Ранее нами [3] приведены результаты синтеза и исследований новой многофункциональной присадки ИХП-150, представляющей собой карбонатированную кальциевую соль продукта конденсации алкилфенола с формальдегидом и аминокусусной кислотой. Присадка ИХП-150 проявляет высокие антиокислительные, антикоррозионные и моющие свойства, в масле М-8 как в индивидуальном виде, так и в составе композиций моторных масел различных групп.

Высокая эффективность присадки обусловлена наличием в составе молекулы присадки атома азота в сочетании с карбоксилатной группой.

В связи с этим представляет определенный научный и практический интерес синтез и исследования серосодержащего аналога присадки ИХП-150, присадка ИХП-157.

Процесс получения указанной присадки ИХП-157 состоит из следующих стадий:

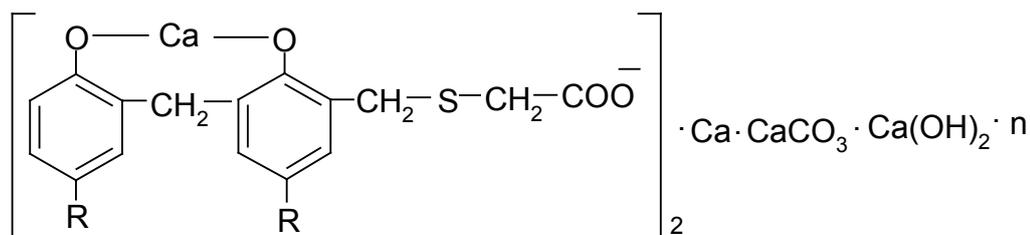
— последовательной конденсации алкилфенола с формальдегидом и тиогликолевой кислотой (10:30:10), температура реакции 60–98° С;

— нейтрализации продуктов конденсации гидроксидом кальция; температура реакции 80–85° С (расход гидроксида кальция 35–40% масс. на алкилфенол);

— карбонатации избытка гидроксида кальция в продукте нейтрализации, температура карбонатации 85–90° С;

— сушки (температура сушки 115–130° С) и центрифугирования (отделение механических примесей) продуктов карбонатации.

Предполагаемая формула присадки:



R-C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub>, C<sub>12</sub>

В табл. 1 представлены физико-химические и функциональные свойства, полученной присадки ИХП-157 в сравнении с присадкой ИХП-150, а также

с известными товарными присадками ВНИИНП-714, ОЛОА-218 А (карбонатированные сульфидалкилфеноляты кальция) и МАСК (карбонатированный алкилсалицилат кальция).

Таблица 1. – Физико-химические и функциональные свойства присадок

	Присадки	Щелочное число, мгКОН/г	Зольность сульфатная, %	Масло М-8 с 5% присадки			Диаметр износа, (Δ <sub>и</sub> ), мм
				Коррозионность на пластинках из свинца, г/м <sup>2</sup>	Индукционный период осадкообразования, (ИПО), осадок, %	Моющие свойства по ПЗВ, балл	
1	ИХП-157	152,4	16,2	0,25	отс.	0–0,5	0,35
2	ИХП-157	146	15,8	0,20	отс.	0,5	0,40
3	ВНИИНП-714	155	20,5	6,7	отс.	0,5	0,35
4	ОЛОА-218 А	147,0	18,0	9,6	отс.	0,5	0,35
5	ИХП-150	160,1	16,9	0,3	отс.	0–0,5	0,45
6	МАСК	140	16,8	4,5	отс.	0–0,5	0,5

ИХП-157 – присадка № 1 получена на основе алкилфенола, где R-C<sub>12</sub>

ИХП-157 – присадка № 2 получена на основе алкилфенола, где R-C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub>

Таблица 2. – Физико-химические и функциональные свойства опытного масла М-12 В<sub>2</sub> с присадкой ИХП – 157

Наименование показателя	Норма на масло М-12 В <sub>2</sub> ТУ 38.1011198–89	Опытное масло М-12 В <sub>2</sub>	Масло фирмы Shell Rimula С-30, аналог масла М-12 В <sub>2</sub>
Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с, при 100 <sup>0</sup> С	11,5–13,0	11,65	11,8
Индекс вязкости, не менее	77	80	60
Температура вспышки, опр. в открытом тигле, ° С не ниже	205	210	238
Температура застывания, ° С, не выше	Минус 15	Минус 20	Минус 24
Щелочное число, мгКОН на 1 г масла, не менее	5,0	7,5	6,4
Зольность сульфатная, %, не более	1,3	1,0	0,8
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м <sup>2</sup> , не более	10	отс.	отс.
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	0,5	0,5	0,5
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч, выдерживает	40	40	40

Как видно из данных табл. 1, присадка ИХП-157 по антиокислительным, антикоррозионным и моющим свойствам находится на уровне присадки ИХП-150, но несколько превосходит последнюю по противоизносным свойствам.

Кроме того, присадка ИХП-157 по антикоррозионным свойствам превосходит товарные присадки ВНИИНП-714, МАСК и ОЛОА-218 А.

На основании проведенных исследований можно заключить, что присадки ИХП-150 и ИХП-157, содержащие в своем составе атом азота или серы в сочетании с карбоксилатной группой заметно улучшают

эксплуатационные свойства моторного масла М-8, повышая их до уровня выдвинутого техническим требованиям.

Присадка ИХП-157 изучена также в составе масла М-12 В<sub>2</sub> с композицией присадок, которое по своим физико-химическим и функциональным свойствам соответствует предъявляемым требованиям на это масло и не уступает по эксплуатационным характеристикам зарубежному аналогу фирмы Shell (табл. 2).

Таким образом, присадка ИХП-157 с композицией присадок позволяет создать моторное масло на уровне зарубежных аналогов.

#### Список литературы:

1. Нагиева Э. А., Присадки на основе функционально замещенных фенолов к моторным маслам//Нефтепереработка и нефтехимия. – 1998.–№ 10. – С. 38–43.
2. Селезнева И. Е., Левин А. Я., Трофимова Г. Л., Иванова О. В., Будановская Г. А. Новая сверхщелочная алкилфенольная присадка к моторным маслам//Химия и технология топлив и масел. – 2009. № 4. – С. 10–12.
3. Кязим-заде А. К., Нагиева Э. А., Мамедова А. Х. Моюще-диспергирующая алкилфенолятная присадка//Азербайджанское нефтяное хозяйство-2007. – № 10. – С 47–49.

*Mamedov Elnur Shamkhal oglu, Azerbaijan National Academy of Sciences, Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry named after acad. M. F. Nagiyev, senior research assistant. Azerbaijan, Az1143, Baku-143, Javid Ave, 113.  
E-mail: iradam@rambler.ru*

*Veliyeva Dilara Safar kizi, Azerbaijan National Academy of Sciences, Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry named after acad. M. F. Nagiyev, senior research assistant. Azerbaijan, Az1143, Baku-143, Javid Ave, 113.  
E-mail: iradam@rambler.ru*

*Kulibekova Tamilla Nasraddin kizi, Azerbaijan National Academy of Sciences, Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry named after acad. M. F. Nagiyev, senior research assistant. Azerbaijan, Az1143, Baku-143, Javid Ave, 113.  
E-mail: iradam@rambler.ru*

*Safaraliyeva Zubeyda Sabir kizi, Azerbaijan National Academy of Sciences, Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry named after acad. M. F. Nagiyev, research assistant. Azerbaijan, Az1143, Baku-143, Javid Ave, 113.  
E-mail: iradam@rambler.ru*

*Guseynova Sara Enver kizi, Azerbaijan National Academy of Sciences, Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry named after acad. M. F. Nagiyev, research assistant. Azerbaijan, Az1143, Baku-143, Javid Ave, 113.  
E-mail: iradam@rambler.ru*

## The synthesis of 1,4-dithienes on the base of cycling ketones

**Abstract:** It has been shown, that the interaction of ethandithiol with the cycling ketones (chlor, brom), cyclopentanols and 2-chlor (brom) cyclohexanols at the presence of n-toluenesulfoacid goes just in one direction with formation of corresponding 1,4-dithienes.

**Keywords:** Synthesis mercaptan, cyclic and acyclic mono- di- and polysulfides, ketones.

*Мамедов Эльнур Шамхал оглы, Институт Катализа и Неорганической Химии им. М. Ф. Нагиева Национальной АН Азербайджана, к. х.н., ст.научный сотрудник, Az1143, Баку-143, пр. Г. Джавида,113  
E-mail: iradam@rambler.ru*

*Велиева Дилара Сафар кызы, Институт Катализа и Неорганической Химии им. М. Ф. Нагиева Национальной АН Азербайджана, к. х.н., вед. научный сотрудник, Az1143, Баку-143, пр. Г. Джавида,113  
E-mail: iradam@rambler.ru*

*Кулибекова Тамилла Насраддин кызы, Институт Катализа и Неорганической Химии им. М. Ф. Нагиева Национальной АН Азербайджана, к. х.н., вед. научный сотрудник, Az1143, Баку-143, пр. Г. Джавида,113  
E-mail: iradam@rambler.ru*

*Сафаралиева Зибейда Сабир кызы, Институт Катализа и Неорганической Химии им. М. Ф. Нагиева Национальной АН Азербайджана, научный сотрудник, Az1143, Баку-143, пр. Г. Джавида,113  
E-mail: iradam@rambler.ru*

*Гусейнова Сара Энвер кызы, Институт Катализа и Неорганической Химии им. М. Ф. Нагиева Национальной АН Азербайджана, научный сотрудник, Az1143, Баку-143, пр. Г. Джавида,113  
E-mail: iradam@rambler.ru*

## Синтез 1,4-дитиенов на основе циклических кетонов

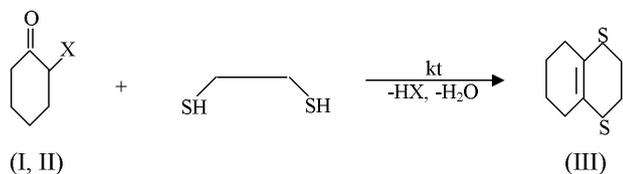
**Аннотация:** Было показано, что взаимодействие этандитиола с циклическими кетонами (хлор, бром), циклопентанолами и 2-хлор (бром) циклогексанолами в присутствии *p*-толуолсульфаниламида идет только в одном направлении, с образованием соответствующих 1,4-дитиенов.

**Ключевые слова:** синтез, меркаптан, циклические и нециклические моно- ди- и полисульфиды, кетоны.

Многочисленные производные двухвалентной серы: меркаптаны, циклические и нециклические моно- ди- и полисульфиды находят самое широкое применение в нефтехимической, лакокрасочной и резино-технической промышленности, в медицине [1, 2], в качестве присадок к смазочным маслам [3, 4], в качестве различных биологически и физиологически активных веществ [5, 6]. Одним из наиболее интересных и наименее изученных представителей двухвалентной серы являются 2.3-непредельные 1,4-дитиены, которые получают реакцией этандитиола с нециклическими  $\alpha$ -хлоркетонами.

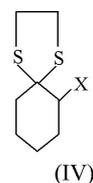
Известно (7), что нециклические  $\alpha$ -бромкетоны при взаимодействии с этандитиолом дают соответствующие 2-и 2,3-дизамещенные 1,4-дитиены-2 с выходами 50–60%. Учитывая большую доступность  $\alpha$ -хлоркетонов и относительно большую стабильность их по сравнению с  $\alpha$ -бромкетонами, а также тот факт, что известные методы синтеза 1,4-дитиенов (5–11) отличаются многостадийностью и малыми выходами конечных продуктов, можно полагать, что обнаруженная нами реакция взаимодействия этандитиола с  $\alpha$ -хлоркетонами явится доступным методом синтеза различных замещенных 1,4-дитиенов.

Продолжая исследования в этом направлении нами разработан препаративный метод синтеза 1,4-дитиенов-5. Выявлено, что взаимодействием 2-галогенциклогексанонов (I, II) с этандитиолом в растворе бензола и в присутствии каталитических количеств паратолуолсульфокислоты (*p*-T<sub>2</sub>SOH) образуется с хорошим выходом 1',2',3',4'-тетрагидро-1,4-дитиен-5 (III):

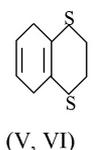


X=Cl, Br(I, II)

Как видно из схемы, реакция протекает в одном направлении и при этом не обнаружено образование ожидаемых тиокеталей 2-галогенциклогексанонов (IV):



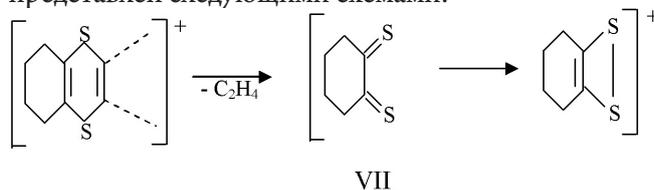
Исследования показали, что при взаимодействии этандитиола с  $\alpha$ -хлор (бром) циклопентанолами, последние претерпевают аналогичное превращение и вместо ожидаемых циклических тиоэтиленкеталей получены соответствующим образом 1,4-дитиены (V, VI):



Доказательство строения (III, V, VII) основывалось на данных элементного анализа, а также спектроскопических данных на примере соединения III.

Так, в ИК – спектрах отсутствовали полосы поглощения, характерные для колебаний C = O и C – Cl связей, но имелись полосы поглощения при 1610 см<sup>-1</sup> ( $\nu$  C = C) и 570 см<sup>-1</sup> ( $\nu$  C = S). В ПМР-спектре имеются два мультиплета с центрами при 1,65 (-CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> –) и 2,0 м. д. (-CH<sub>2</sub> – C = C – CH<sub>2</sub> –), а также синглет с  $\delta$ =3,05 м. д. (-S – CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> – S –).

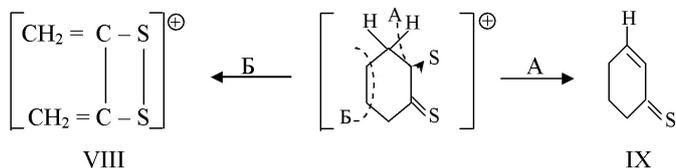
В масс-спектре соединения III имеется интенсивный пик с *m/e* 172, характеризующий молекулярный ион M<sup>+</sup>. Характер дальнейшей фрагментации последнего под действием электронного удара подтверждает строение исследуемого соединения и может быть представлен следующими схемами:



Промежуточный ретродиеновый ион VII в дальнейшем распадается в двух направлениях:

На масс-спектрограмме соединения III имеются интенсивные пики соответствующие ионам VII, VIII и IX с *m/e* 144, 116 и 111 соответственно.

При взаимодействии этандитиола с  $\alpha$ -бромциклогексаноном реакция протекает аналогично с хорошим выходом и приводит к 1',2',3',4'-тетрагидро-1,4-дитиену-5.



### Экспериментальная часть

#### Получение 1',2',3',4'-тетрагидро-1,4-дитиен-5 (III).

Раствор 13,25 г (0,1 моля)  $\alpha$ -хлорциклогексанона, 9,4 г (0,1 моля) этандитиола и 0,1 г *p*-толуолсульфокислоты в 100 мл сухого бензола кипятили с водоотделителем в течение 3ч. После выделения теоретического количества воды реакционную смесь промывали раствором бикарбоната натрия, дважды

водой, затем сушили над  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Бензол отгоняли, а остаток перегоняли в вакууме. Получено 12,0 г (~70%) 1',2',3',4'-тетрагидро-1,4-дитиен-5 с т.кип. 96–98° С (1 мм) и  $n_D^{20}$  –1,6082.

Взаимодействие этандитиола с  $\alpha$ -хлорциклопентаном проводилось по аналогичной методике. При этом из 11,85 г (0,1 моля)  $\alpha$ -хлорциклопентанона было получено 12,0 г (выход –76%) соединения III. 1',2',3'-тригидро-1,4-дитиен-5 (IV): т.кип. 91–93° С/3,  $n_D^{20}$  –1,6142. ИК-спектр; 1600 и 585  $\text{cm}^{-1}$  при отсутствии поглощения в области валентных колебаний C = O и C – Cl. ПМР-спектр; мультиплеты при 1,60 и 1,95 м. д., а также синглет  $\delta=3,0$  м. д. с относительными интегральными интенсивностями 1:2:2.

### Список литературы:

1. Method of the acting patients under going kidney dialysis. Пат. 7235589 США МПК АО К 31/10 (2006, 01). Bio Aumerik Pharmaceuticals. Оpubл. 26.06.2007
2. Prod rugs and conjugates of thiol and selenolcontiniug compounds and methods of use thereof. Пат 6340746 США, МПК<sup>7</sup> С 07 15/00. Оpubл. 22.01.2002
3. Гаджиева И. Б., Алиев А. Б., Новоторжина Н. Н. Присадки к смазочным маслам на основе производных ксантогенов и тритиоугольной кислоты. // «Нефтепереработка и нефтехимия» 2009, № 2, с. 39–41.
4. Присадки к трансмиссионным маслам. Тезисы докладов 26 Международной научно-технической конференции «Реактив 2012» Минск, 2–4 октября 2012 г., с. 82
5. Medicinal disulfide salts. Пат 7282602, США МПК С 07 с 309/00 (2006.01). Оpubл. 16.10.2007
6. Formulation and methods of redicing toxicity of anticoplastic agents. Пат. 6040312. США МПК<sup>7</sup> А61 К 31/44. Оpubл. 21.03.2000
7. Керимов Ф. Ф. Синтез и превращения 2,3-непредельных 1,4-дисульфидов. Дисс., Сумгаит, 1986 г.
8. Bottini A. T., Botinel E. F. J. Org. Chem., 31, 385, 1966;
9. Bottini A. T., Muulikta J. A., Morris C. J. J., Org. Chem., 29, 373, 1964;
10. Parham W. E., Heberling J., Wynberg J. Am.Chem.Soc., 77, 1169, 1955;
11. Rothstein E., Whitly R., J. Chem.Soc., 4012, 1953.

*Khagani Farzulla ogli Mamedov,*  
*nstitute of Radiation Problems of Azerbaijan National Academy of Sciences,*  
*head of Department of complex Recearxhes*  
*E-mail: xagani06@mail.ru*

## Directions of the formation and development of the teory of chain reactions. Description of the revealed chain reactions occuring in gas, liquid, amorphous and solid phases

**Abstract:** The directions of the formation and development of the theory of chain reactions has been discussed. Mechanisms of straight and branched chain processes, conditions of inhibition and acceleration of chain reactions, features and criteria that characterize the chain mode of chemical processes has been described in the specific examples. The current state of the theory of chain processes has been analyzed. A brief description of the revealed chain processes occurring in the gas, liquid, amorphous and solid phases has been described.

**Keywords:** photolytic and radiolytic transformations, gas-phase mixtures, water solutions of xenobiotics and natural toxins, the theory of chain reactions.

Хагани Фарзулла оглы Мамедов,  
Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджанской Республики,  
к. х. наук, начальник управления комплексных исследований,  
E-mail: xagani06@mail.ru

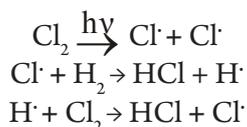
## Направления формирования и развития теории цепных реакций. Описание выявленных новых цепных реакций, протекающих в газообразной, жидкой, аморфной и твердой фазах

**Аннотация:** Обсуждены направления формирования и развития теории цепных реакций. В конкретных примерах изложены механизмы неразветвленных и разветвленных цепных процессов, условия ингибирующие и ускоряющие цепные реакции, признаки и критерия характеризующие цепную природу химических процессов. Обсуждено современное состояние теории цепных процессов. Приведено краткое описание, выявленных новых цепных процессов, протекающих в газообразной, жидкой, аморфной и твердой фазах.

**Ключевые слова:** фотолитические и радиолитические превращения, газофазные смеси, водные растворы ксенобиотиков и природных токсинов, теория цепных реакций.

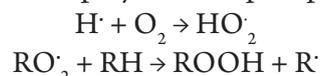
Экспериментальными и теоретическими предпосылками создания теории цепных реакций являлись наблюдение необычного химического поведения различных газовых смесей, свечение паров фосфора в кислородсодержащих смесях при различных давлениях и погашение этого свечения в присутствии микрочастиц серы, сгорание водорода со взрывом, влияние посторонних примесей (метана, закиси азота, сероводорода, этилена, катализаторов), температуры, давления, формы и материала сосудов на скорость протекания реакций, воспроизведенная в 1913 году немецким физикохимиком Максом Боденштейном фотохимическая цепная реакция образования хлористого водорода в газообразной среде. Созданные в течение эмпирического (с конца XVII века до начала XIX века), эмпирико-теоретического (с начала XIX века до 70-е годы XIX века) периодов и в течение периода систематического изучения газовых смесей (с конца XIX века до начала XX века) экспериментальные и теоретические предпосылки послужили основой для разработки теории неразветвленных цепных реакций [1, 2].

В отличие от теории «энергетических» цепей М. Боденштейна впервые в работе немецкого физикохимика Вальтера Нернста (1918 г.) был изложен радикально-цепной характер реакции образования хлористого водорода в газообразной фазе, активными центрами которой являются атомы хлора и водорода [3].



Лауреат Нобелевской премии, академик Н. Н. Семенов изучал влияние размера и материала стенки,

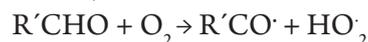
присутствие посторонних веществ — ингибиторов на скорость цепной реакции, обосновал нейтрализацию активных центров, обрыв реакционной цепи. В 1931–1933 годах для объяснения кинетических закономерностей окисления углеводородов Н. Н. Семеновым была выдвинута теория цепных реакций с вырожденным разветвлением цепей [4]. Приблизительно до 200 °С в бимолекулярных реакциях продолжения цепи образуются гидропероксиды:



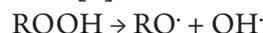
При более высоких температурах наряду с гидропероксидом по мономолекулярной реакции образуется и альдегиды:



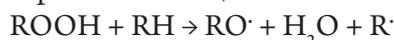
При высоких температурах альдегиды приводят к разветвлению цепи:



При газофазном окислении с повышением температуры и снижением концентрации окисляющегося вещества повышается скорость изомеризации и мономолекулярного распада гидропероксидов с образованием радикалов, приводящие к вырожденному разветвлению цепи [5]:

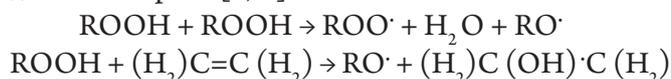


В жидкой фазе помимо мономолекулярного распада происходит бимолекулярное взаимодействие гидропероксида с окисляющимся веществом и вырожденное разветвление цепи:

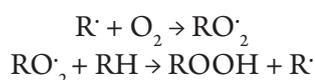


По данным Н. Н. Семенова эта реакция взаимодействия двух насыщенных молекул энергетически более выгодно, чем мономолекулярный распад молекул гидропероксидов на свободные радикалы [5].

В трудах Л. Бейтмана и Е. Т. Денисова показаны, что при достаточном образовании в системе гидроперекисей, происходит их распад по бимолекулярному механизму и это взаимодействие облегчается предварительной ассоциацией молекул гидропероксидов путем образования между ними водородной связи. При окислении олефинов гидропероксиды реагируют с двойной связью и образуют радикалы  $RO\cdot$  и радикалы олефина [4, 6]:

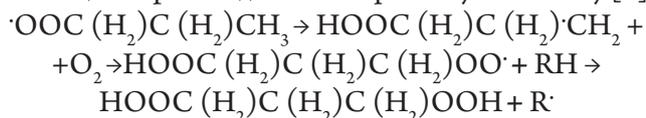


Образованные в стадии иницирования радикалы реагируют с молекулами исходного вещества и обеспечивают продолжение цепи. При окислении органических веществ продолжение цепи осуществляется реакциями:



В жидкой фазе эти реакции протекают очень быстро и практически без энергии активации [4, 6].

При твердофазном окислении полимеров продолжение цепи происходит по эстафетному механизму [4]:



За счет диффузионных затруднений реакция соединения радикалов с молекулами кислорода в полимерах замедляются, а продолжение цепи при этом осуществляется реакцией:



Присутствующие в полимерной матрице заметные количества низкомолекулярных продуктов окисления, играют существенную роль в продолжении цепи [4].

Обрыв цепей происходит при взаимной рекомбинации активных центров (атомов, радикалов, ионов), а также при взаимодействии активных центров со стенкой или с ингибиторами.

На рисунке 1 приведены кинетические кривые разделяющие область каталитического окисления водорода и область воспламенения стехиометрической смеси водорода с кислородом (режим разветвлено-цепного окисления водорода изученный С. Н. Хиншельвудом и Н. Н. Семеновым). При температурах выше  $460^\circ\text{C}$  как при очень низких давлениях (несколько мм.рт.ст.), так и при значениях давления, лежащие выше верхней кривой, а при температурах ниже  $450^\circ\text{C}$  при любых значениях давления смеси, наблюдается протекание медленного каталитического процесса окисления. Только во внутренней области пересечения двух кривых наблюдается разветвлено-цепной процесс окисления (воспламенение). Кривые характеризуются равенством скорости разветвления цепи и скорости обрыва цепи. Значения давления, лежащие над верхней кривой экспоненциально зависят от  $E$  и  $T$  ( $p = \text{const}e^{-E/RT}$ ,  $p$  — общее давление смеси на пределе воспламенения,  $E=18$  ккал/моль,  $T$  — абсолютная температура) [1, 2]. На рис. 2 приведены подобные кривые для смесей углеводородов с кислородом.

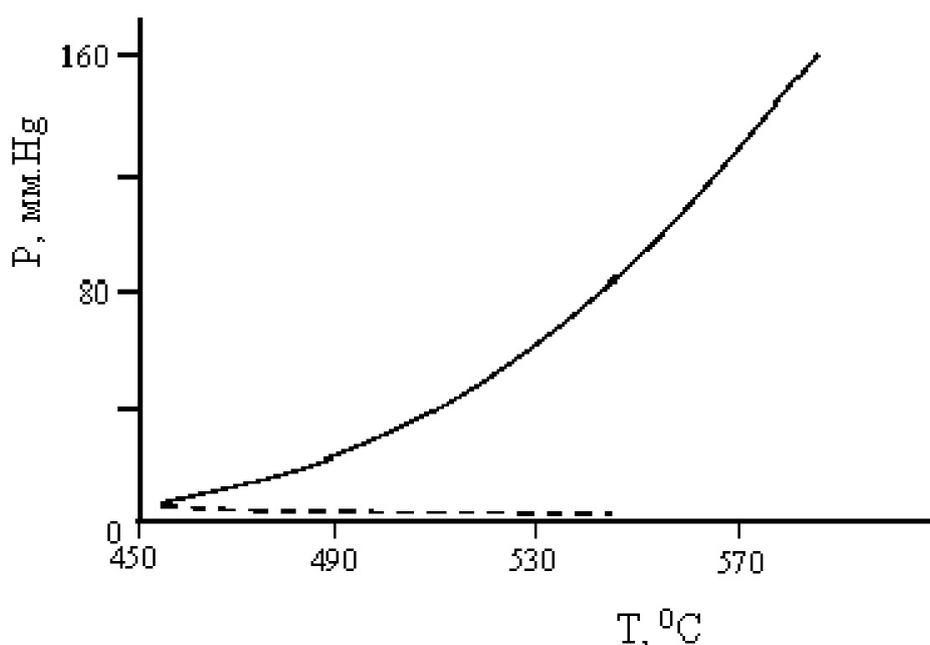


Рис. 1. Область воспламенения (разветвленно-цепной процесс окисления) стехиометрической смеси водорода с кислородом.

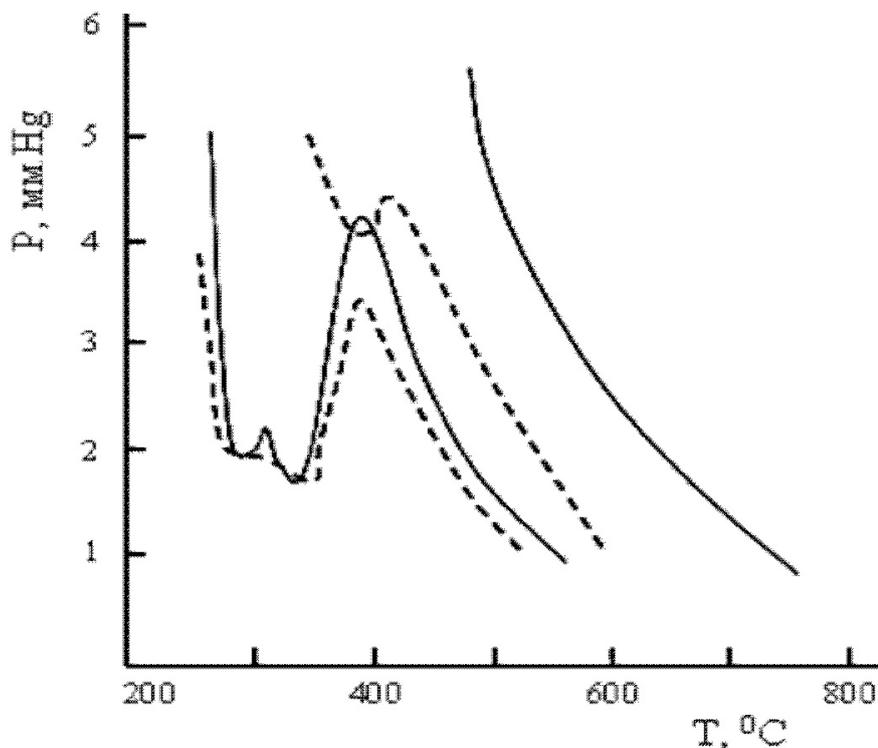


Рис. 2. Области воспламенения смесей углеводородов с кислородом.

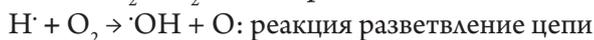
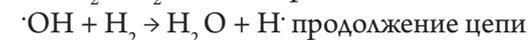
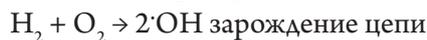
**Примечание:** 1–1,5% метана в воздухе, кварцевый сосуд;

2–1,8% гексана в воздухе, стеклянный сосуд;

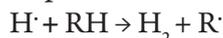
3–1,8% гексана в воздухе, стальной сосуд;

4–2,6; изобутана в воздухе, стальной сосуд.

Пределы воспламенения газообразного водорода и оксида углерода и механизм протекания этих процессов более подробно изучены В. Воеводским, Б. Льюисом, Г. Эльбе [1, 4].



В дальнейшем в реакционные схемы, для газофазных цепных процессов, были включены реакции атомарного кислорода с углеводородом и тримолекулярные реакции обрыва цепи:



Условия перехода из стационарного режима в режим воспламенения (см. рис. 1) определяется уравнением:

$$2k_2[\text{O}_2] - (k_4 + k_6[\text{O}_2][\text{M}]) = 0$$

При температурах существенно выше темпе-

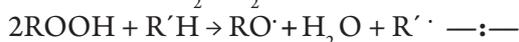
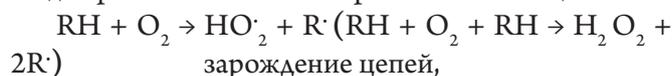
ратуры мыса значения первого ( $P_1$ ) и второго ( $P_2$ ) предельных давлений определяются выражениями:

$$P_1 = k_4/2k_2\gamma, P_2 = 2k_2/2k_6$$

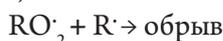
— где  $\gamma$  — молярная доля кислорода.

В 50-х годах XX века Н. М. Эмануэлем была определена следующая последовательность превращения продуктов при окислении органических веществ [4] «углеводород — гидропероксид — спирты или кислоты». Образовавшиеся гидропероксиды помимо превращения в спирты, прямо или через стадию образования кетонов превращаются в органические кислоты.

Во второй половине прошлого века были изучены радикальные и ионные цепные процессы полимеризации. Н. М. Эмануэлем, Д. Г. Кнорре, Е. Т. Денисовым [4, 6] была составлена принципиальная схема для жидкофазного окисления органических веществ:



$\text{R}\cdot + \text{R}'\cdot \rightarrow$  бимолекулярный обрыв цепи в жидкой фазе,





Последняя реакция этой схемы, как правило, является бимолекулярной реакцией обрыва цепного процесса в жидкой фазе, т. к. константа скорости этой реакции значительно больше константы скорости реакции гидропероксида с органическим соединением (RH). При окислении органических соединений образуются промежуточные молекулярные продукты, которые в дальнейшем распадаются на свободные радикалы, образуя новые цепи и ускоряя общий процесс, т. е. процесс окисления органических веществ является химическим процессом с вырожденным разветвлением цепи.

Основоположниками теории цепных и разветвлено-цепных реакций/С. Н. Хиншельвудом, Н. Н. Семёновым/изучены, также, критерии оценки цепных процессов. Для решения этого вопроса в каждом случае необходимо рассматривать все полученные экспериментальные данные. В большинстве случаев скорость цепных реакций зависит от высоких и непостоянных концентраций реагирующих веществ, имеют меняющийся порядок. Но, и нецепные сложные реакции могут иметь такие характеристики. Нецепные сложные реакции, наподобие цепным реакциям, могут иметь зависимость скорости от диаметра и материала сосуда реакции и присутствия инертного газа в нем. Иногда, имеются неоспоримые критерии однозначно доказывающие цепную природу протекания процесса, такие как большой квантовый или радиационно-химический выходы, соответственно фотохимического и радиационно-химического процессов, а также присутствие областей цепного или вырождено-цепного протекания процессов [1, 2].

Во второй половине XX века Дж. Поляни и В. Л. Тальрозе активно велись научные поиски по выявлению и созданию химических лазеров на основании частичной или полной инверсиях на колебательно-вращательных уровнях в молекулах, а также с поиски лазерного эффекта в цепных реакциях. В XX веке А. Е. Чичибабинов были синтезированы органические вещества содержащие одновременно два трехвалентные углеродные атомы — органические бирадикалы, А. Е. Фаворским и И. Н. Назаровым были синтезированы подобные металлкетилы жирного ряда, О. Л. Лебедевым, С. Н. Казарновским, М. Б. Нейманом были синтезированы стабильные нитроксильные радикалы — органические парамагнитные вещества. Эти вещества часто вступая в реакцию не теряют свободные валентности, используются в качестве спиновых ловушек меченых активных ком-

понентов в самых различных областях физико-химических исследований (в химической кинетике, изучении механизма цепных процессов, для исследований с применением ЭПР и т. д.), а также в медицине (разработке методов диагностики, противоопухолевых препаратов и т. д.) [4, 7].

Конверсию монооксида углерода с водяным паром:  $CO + 3H_2 + H_2O \rightarrow CO_2 + 4H_2 + 41 \text{ кДж}$ ; процесс проводят при 370–440 °С в присутствии железохромового катализатора и при 230–260 °С в присутствии цинкхроммедного катализатора. Изучена также цепная реакция конверсии монооксида углерода в молекулярный водород при радиоллизе смеси  $CO - H_2O$  [8].

При высоких давлениях, при всестороннем сжатии в зависимости от температуры происходит стеклование (фазовый переход эластомера в структурно-твердое состояние, т. е. «замораживание» аморфной структуры) или же кристаллизация (скачкообразный фазовый переход первого рода, сопровождается упорядочением макромолекул) аморфных эластомеров. В филиале НИФХИ им. Л. Я. Карпова В. К. Милинчуком, Э. Р. Клишпонтном, В. П. Кирюхином были изучены и разработаны радиационно-химические радикально-цепные процессы сшивания эластомеров при высоких давлениях [9].

В экспериментах проведенные нами использовались реактивы марки “ХЧ”, трижды дистиллированная вода, кислород, очищенный путем пропускания через активированный силикагель. Для очистки воды от растворенных газов применяли многократную откачку паров надо льдом, до оттаяния. Откачку газов и паров проводили вакуумной установкой, снабженной вакуумными лампами, ловушками, масляным и ртутным манометрами, стеклянными сосудами с трехходовыми вакуумными кранами. Воздух ( $O_2$ ) барботировали через раствор во время облучения (расход воздуха 600 мл/мин). Содержание перекиси водорода в исследуемых растворах определяли фотокалориметрически по интенсивности окраски перекиси водорода с  $Ti(SO_4)_2$  [10]. Фотолиз проведен в стеклянной ячейке ( $l=10 \text{ см}$ ,  $V=100 \text{ см}^3$ ) снабженной окошком из LiF и вакуумным краном и в ячейке из очищенного кварца. Реакционную ячейку закрепляли лапами металлического штатива вертикально. При фотолизе, лучи УФ-света были направлены снизу вверх, перпендикулярно к LiF окошке реакционной ячейки.

В качестве источника ультрафиолетового излучения использовали ртутную лампу высокого давления (работающая с естественным охлаждением в непре-

рывном режиме) ДРК-120 снабженный пускорегулирующей аппаратурой и бактерицидный облучатель ОБПе-450 (с лампами низкого давления). При облучении растворов лампой ДРК-120, мощность поглощенной дозы (при фиксированном положении реакционной ячейки), измеренная ферриоксалатным актинометром и по образованию моноокси углерода из ацетона ( $T=413\text{ }^\circ\text{K}$ ,  $P_{\text{CH}_3\text{COCH}_3}=5,3\text{ кПа}$ ,  $\Phi_{\text{CO}}=1$ ) составляла  $3,2 \cdot 10^{15}$  эВ/г·с, а в случае применения бактерицидной лампы ОБПе-450 составляла  $1,41 \cdot 10^{15}$  квант/г·с [11].

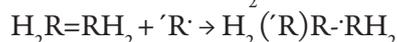
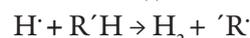
Бактерицидный облучатель ОБПе-450 создает интенсивность излучения  $3,6\text{ Вт/м}^2 = 3,6\text{ Дж/(м}^2 \cdot \text{с)}$  на расстоянии 1 метра. В гранулах комбикорма массой 1 кг, распределенным в форме монослоя на поверхности облучаемой полки площадью  $3000\text{ см}^2$  в течение 30 мин, поглощается энергия УФ-излучения равная  $2\text{ кДж}$ .

В качестве источника гамма-излучения использовали Стационарную Радиационно-исследовательскую Установку К-25 с изотопом  $^{60}\text{Co}$  и мощностью поглощенной дозы, равной  $0,33\text{ Гр/сек}$  ( $2,06 \cdot 10^{15}$  эВ/г·сек). Мощность поглощенной дозы в облучаемых системах измерялась метановой и ферросульфатной дозиметрией с учетом электронных плотностей, а радиационно-химический выход продуктов определяли с учетом поглощенной дозы в облучаемой системе. Радиационно-химический выход поперечного сшивания углеводородных цепей в эластомерах определяли методом «золь-гель анализа» (экстракция в сакслете горячим циклогексаном и определение высушенной в вакууме зольной фракции), с дальнейшим расчетом количеств поперечных сшиваний формулой Чарльзби-Пиннера.

Качественное и количественное определение исходных и конечных компонентов, проводили с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии (LC-10AVP, LCMS-8040), газовой хроматографии (ЛХМ-80, GC-2010), хроматомасспектрометрии (GCMS-QP2010, GCMS-TQ8030) и IFA-анализаторов фирм R-Biopharm и Текпорол. Изучения соединений содержащих электроны с неспаренными спинами проводили с использованием радиоспектрометра электронного парамагнитного резонанса РЭ-1301, идентификацию органических соединений проводили спектроскопией облученных растворов спектрометрами «Specord-IR», «Specord-UV» (Carl-Zeiss).

Используя экспериментальную базу и вышеописанную известную методику (облучение эластомеров дозами  $10\text{--}100\text{ кГр}$  ионизирующего излу-

чения  $^{60}\text{Co}$ , с максимальным объемом эластомера  $0,2\text{--}1,0\text{ см}^3$  в толстостенном металлическом сосуде с двойной стенкой, внутри которого гидравлическим прессом создается высокие давления, [9]), изучали радикально-цепные процессы радиационного сшивания эластомеров (метилбутадиеновые эластомеры, бутадиен-стирольные) НК, СКН-40, СКС-30. Значение радиационно-химического выхода поперечного сшивания цепей в этих эластомерах при нормальных условиях ( $1\text{ атм.}, 300\text{ }^\circ\text{K}$ ) составляли  $3\text{--}20$ , при  $300\text{ }^\circ\text{K}$  и давлении  $2\text{ ГПа}$   $15\text{--}150$ , при  $450\text{ }^\circ\text{K}$  и давлении  $2\text{ ГПа}$   $30\text{--}250$  шшивок/100эВ. Облучение эластомеров ионизирующим излучением при высоких давлениях обеспечивал практически полное сшивание всех углеводородных цепей в эластомерах и образование единой массы, полимера устойчивой к воздействию физических воздействий, трению и облучению. Повышение температуры облучения при высоких давлениях привела к усилению вышеуказанных свойств. Как видно, в примерах исследованных эластомеров были наблюдаемы радикально-цепное сшивание углеводородных цепей, несмотря на снижение образования радикалов с повышением давления.

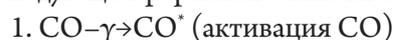


В сшитых эластомерах при высоких давлениях и низких температурах ( $77\text{ }^\circ\text{K}$ ) цепной процесс сшивания приобретает ионный характер, т. к. в ЭПР спектрах этих облученных и сшитых при низких температурах полимеров наблюдаются сверхтонкие структуры.

В Институте Радиационных Проблем НАН Азербайджана (в 1984-м году Сектор Радиационных Исследований при Президиуме АН АР) нами была изучена цепная реакция конверсии молекулярного водорода в моноокись углерода [12].

Далее изучены термическое превращение карбонилсульфида (COS), радиационно-химические и фотохимические превращения в газофазных системах  $\text{CO}-\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{S}-\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}-\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}-\text{CH}_4-\text{O}_2$  при различных температурах. Составлены механизмы цепных радиолитических и фотолитических превращений  $\text{CO} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{H}_2 + \text{COS}$  ( $\text{H}_2 + \text{CO} + \text{S} + \text{CO}_2 + \text{CS}_2$ ),  $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2 + \text{SO}_2$  ( $\text{H}_2 + \text{S}_n + \text{H}_2\text{S}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ) [11].

Для объяснения вышеуказанных закономерностей образования молекулярных продуктов, нами предложена следующая формально-кинетическая схема:



3.  $\text{CO}^* + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{H} + \text{SH} + \text{CO}$
4.  $\text{H} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{H}_2 + \text{SH}$
5.  $\text{CO} + \text{SH} \leftrightarrow \text{COS} + \text{H}$
6.  $\text{SH} + \text{SH} + \text{M} \rightarrow \text{продукты}$
7.  $\text{H}_2\text{S}^* - \gamma \rightarrow \text{H}_2 + \text{S} (\text{H} + \text{SH})$  (активация  $\text{H}_2\text{S}$ )
8.  $\text{H} + \text{H} - \text{M} \rightarrow \text{H}_2$
9.  $\text{H} + \text{SH} - \text{M} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$
10.  $\text{CO} + \text{SH} \rightarrow \text{COSH}$

Значения для констант скоростей реакций (4) и (-5) приведены в литературе [13]:

$$k_4 = 9 \cdot 10^9 \cdot e^{-850/T} \text{ M}^{-1}\text{c}^{-1}, k_5 = 5,5 \cdot 10^9 \cdot e^{-1925/T} \text{ M}^{-1}\text{c}^{-1}.$$

Пользуясь термодинамическими данными для компонентов реакции и законом Вант-Гоффа для равновесия между прямой и обратной реакцией ( $\Delta G = -RT \ln K_{\text{равн.}}$ ), для соответствующих обратных реакций (-4) и (5) получим:

$$k_{-4} = 5,5 \cdot 10^9 \cdot e^{-62500/RT} \text{ M}^{-1}\text{c}^{-1}, k_{-5} = 2,5 \cdot 10^7 \cdot e^{-63800/RT} \text{ M}^{-1}\text{c}^{-1}.$$

Используя интервалы варирования констант скоростей исходных реакций и обратных реакций для соотношения скоростей реакций (5) и (-4) получим:

$$W_5/W_{-4} = (0,4 \text{ -- } 2,2) \cdot 10^{-2} [\text{CO}]/[\text{H}_2].$$

Отсюда легко оценивать стационарную концентрацию водорода, которая не превышает 2,2% исходного количества монооксида углерода в смеси  $\text{CO}-\text{H}_2\text{S}$ :

$$[\text{H}_2]_{\text{стац.}} = (0,4 \text{ -- } 2,2) \cdot 10^{-2} [\text{CO}].$$

Из условий равенства скоростей радиационного зарождения и обрыва активных центров, а также равенства скорости обрыва и продолжения цепи при равно-

весии, т. е. при достижении стационарных концентраций исходных и конечных компонентов реакции ( $W_i = G_o \cdot J \cdot 10^{-2} = W_{\text{обрыв}} = k_{\text{обрыв}} \cdot [\text{SH}]^2 \cdot [\text{M}] = W_{\text{прмети}} = k_5 \cdot [\text{SH}] \cdot [\text{CO}]$ ;  $k_5 = 2,5 \cdot 10^7 \cdot e^{-63800/RT} \cdot [\text{SH}] \cdot [\text{CO}]$ ) получается зависимость температуры от мощности поглощенной дозы от источника ионизирующего излучения:

$$T = (-Ea_{\text{пр.ц.}}/R) / (\ln((k_{\text{обр.}} \cdot [\text{M}] \cdot G_o \cdot 10^{-2})^{1/2} / (k_o^{\text{пр.ц.}} \cdot [\text{CO}])) + \ln J)$$

где:  $J$  — мощность поглощенной дозы в системе, эВ/см<sup>3</sup>·с (1 Гр/с = 7,8·10<sup>12</sup> эВ/см<sup>3</sup>·с);

$$G_o = 7; k_{\text{обр.}} = k_o, k_o^{\text{пр.ц.}} = k_o^o.$$

Из условий равенства скоростей радиационного и термического зарождения активных центров ( $W_i = G_o \cdot J \cdot 10^{-2} = W_{\text{термо.з.}} = k_o^o \cdot e^{-Ea/RT} \cdot [\text{H}_2\text{S}] \cdot [\text{M}]$ ;  $k_7 = 2 \cdot 10^{11} \cdot e^{-37290/T} \text{ M}^{-1}\text{c}^{-1}$ ) получается зависимость температуры от мощности поглощенной дозы от источника ионизирующего излучения:

$$T = (-Ea/R) / (\ln(G_o \cdot 10^{-2} / (k_o \cdot [\text{H}_2\text{S}] \cdot [\text{M}])) + \ln J)$$

где:  $k_o = k_o^o$ .

На рисунках 3 и 4 приведены зависимости мощностей поглощенных доз (при которой реализуется данный цепной процесс) от температуры, вычисленные из условий равенства скоростей радиационного зарождения и обрыва активных центров (нижние кривые) и из условия равенства скоростей радиационного и термического зарождения активных центров (верхние кривые) при различных соотношениях исходных компонентов смеси  $\text{CO}-\text{H}_2\text{S}$ , разделяющие режимы протекания реакции.

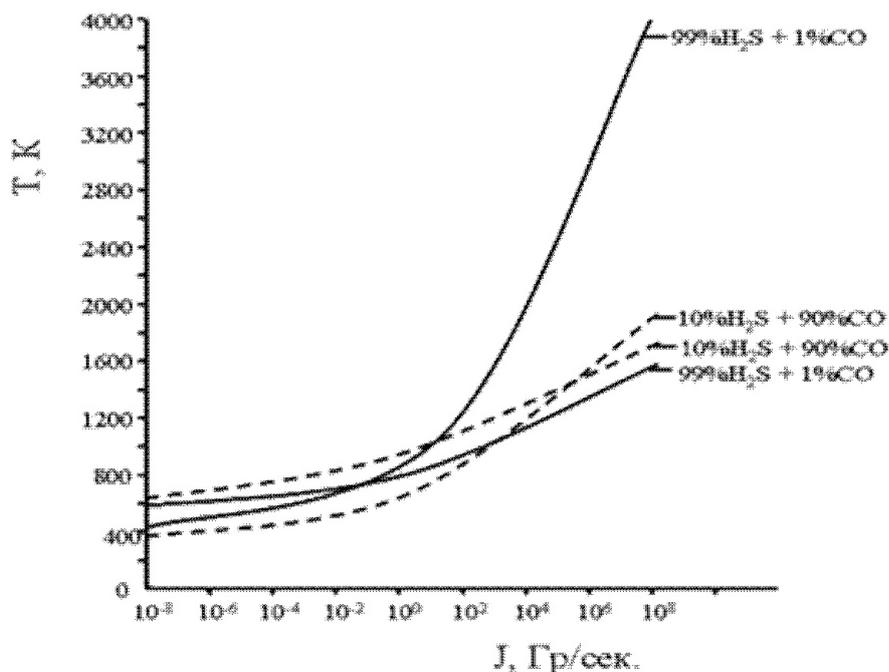


Рис. 3. Кривые зависимости мощности поглощенной в смесях  $\text{CO}$  (90%)- $\text{H}_2\text{S}$  (10%) и  $\text{CO}$  (1%)- $\text{H}_2\text{S}$  (99%).

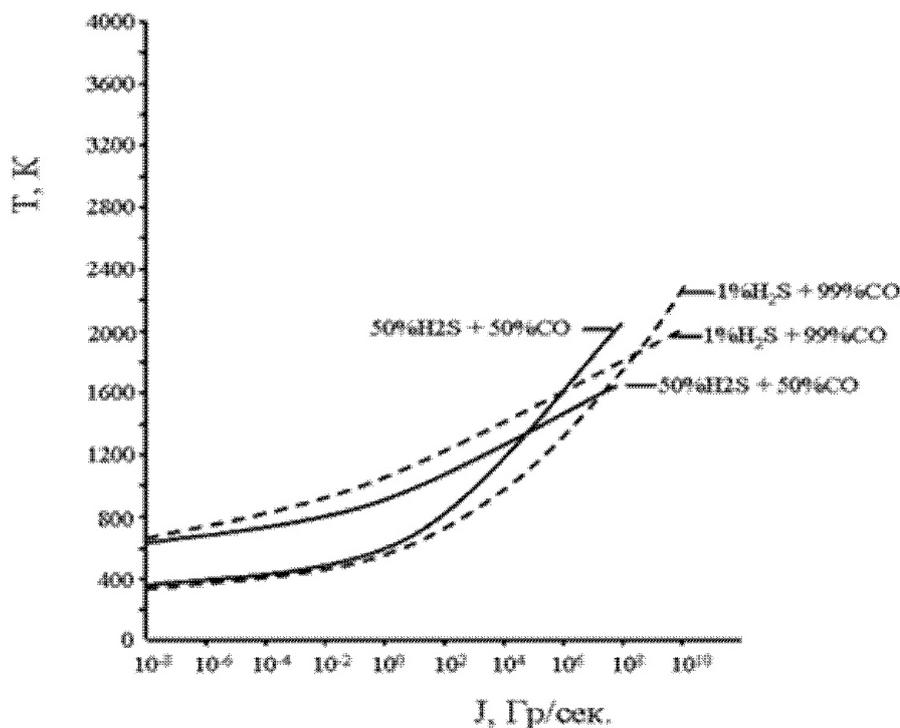


Рис. 4. Кривые зависимости мощности поглощенной в смесях  $CO$  (99%)– $H_2S$  (1%) и  $CO$  (50%)– $H_2S$  (50%).

**Примечание:** Области под нижними кривыми — нецепное радиационное инициирование процесса, области над верхними кривыми — преимущественно термическое инициирование цепного процесса, области между верхними и нижними кривыми — преимущественно радиационное инициирование цепного процесса.

Области под нижними кривыми характеризуют зоны исключительно радиационного инициирования реакции ( $CO + H_2S \rightarrow COS + H_2$ ), протекающая в нецепном режиме. Область находящийся внутри соответствующей нижней и верхней кривой характеризует зону преимущественно радиационного инициирования реакции, протекающая в цепном режиме, области над верхними кривыми характеризуют зоны преимущественно термического инициирования реакции, протекающая в цепном режиме.

Области преимущественно радиационного инициирования цепных процессов превращения при различных соотношениях исходных компонентов, — позволяют выбрать оптимальные условия проведения этих процессов в зависимости от существующего вида и формы радиационно-химической установки, мощности дозы и ионизирующего излучения, создаваемые конкретным видом установки.

В дальнейшем нами, на основе изучения термодинамических данных элементарных реакций фотолитических и радиолитических процессов протекающих в бескислородных и кислородсодержащих

водных растворах фенола, кинетических закономерностей образования этих продуктов предложены, подробно изложенные и удовлетворительно описывающие экспериментальные результаты, механизмы фотолитических и радиолитических процессов, протекающих в бескислородных и кислородсодержащих водных растворах фенола. Установлены, что в кислородсодержащих растворах фенола фотолитические и радиолитические процессы приобретают цепной характер. При фотолитической обработке кислородсодержащих водных растворов конечными продуктами фотолитического цепного процесса являются, практически инертные в сравнении с фенолом, теломеры и олигомеры (продукты полимеризации фенола) и следовательно процесс фотолитической обработки кислородсодержащих водных растворов фенола является эффективным технологическим процессом. Основными продуктами радиолитических процессов являются гидроксизамещенные фенолы, (гидрохинон, пирокатехин, гидроксигидрохинон, резорцин, флороглюцин). Составлены механизмы фотолитических и радиолитических процессов описывающие превращения в бескислородных и кислородсодержащих водных растворах фенола.

Изученные фотолитические и радиолитические процессы были использованы нами для разработки высокоэффективных цепных процессов разложения природных токсинов, загрязняющих растительные продукты.

После облучения дозой 2,5 кДж/кг УФ-света, потребительские и органолептические свойства, микробиологические и физико-химические показатели облученных растительных продуктов и товаров не ухудшались. Однако, при этом полнота детоксикации, — т. е. подавление токсических свойств токсинов микроскопических грибов (микотоксинов), полное превращение токсинов в нетоксичные соединения или же снижение их концентраций до значений ниже ПДК — не достигается. Эффективные квантовые выходы превращения микотоксинов в водных растворах в среднем в 2 раза выше, чем в сухих растительных продуктах. Эффективные квантовые выходы превращения микотоксинов во влажных растительных продуктах имеют промежуточные значения между этими двумя значениями. Эффективные квантовые выходы превращения микотоксинов растут в среднем в 2–3 раза при барботировании воздухом водных растворов микотоксинов. Основными каналами фотолитического превращения микотоксинов являются образование их гидроксизамещенных производных, органических перекисей и димеризация (полимеризация) через кислородные мостики.

Поглощенная в исследуемых продуктах доза ионизирующего излучения  $^{60}\text{Co}$ , равная 10 кГр, приводит к уменьшению выявленных микроколичеств (4–400 мкг/кг) микотоксинов до значений ниже их предельно допустимых концентраций. При  $\gamma$ -облучении кислородсодержащих водных растворов микотоксинов и загрязненных микотоксинами влажных растительных продуктов, доля элементарных реакций разветвления цепи в общем процессе превращения микотоксинов существенна. Все активные центры реакций разветвления цепи направлены, как все первичные радикалы, на образование макрорадикалов микотоксина, продуктов его диспропорционирования, их перекисей и гидроксизамещенных производных, которые сравнительно медленно соединяются через кислородные мостики с другими макрорадикалами, а также с макрорадикалами ор-

ганической матрицы растительных продуктов. Этот важный эффект может быть учтен и при радиолитической очистке воды, загрязненной органическими ксенобиотиками.

Радиолитический метод детоксикации по достигнутой высокой степени деструкции микотоксинов превосходит все традиционные методы (механические, физические, химические) детоксикации. Скорость процесса радиолитического разложения природных токсинов растет по мере увеличения степени влажности облучаемых продуктов.

Наблюдаемые низкие значения радиационно-химического выхода разложения 2,3,7,8-тетрахлордибензодиоксина и бенз (а)пирена (10–4–10–5/100 эВ в зависимости от их концентрации), достаточны для обеспечения детоксикации комбикормов, загрязненных этими органическими ксенобиотиками. Скорость процесса радиолитического разложения органических ксенобиотиков растет по мере увеличения степени влажности облучаемых продуктов. Продукты реакции образуются как при взаимной рекомбинации макрорадикалов органических ксенобиотиков, так и при их рекомбинации с макрорадикалами органической матрицы растительных продуктов. Радиолитический метод детоксикации является единственным процессом очистки загрязненных органическими супертоксикантами (диоксины, бенз (а)пирен) растительных продуктов и животноводческих кормов.

Продукты радиолитического превращения природных токсинов и органических ксенобиотиков, в отличие от исходных молекул, не проявляют характерные для природных токсинов и органических ксенобиотиков физико-химические свойства.

Составлены механизмы фотолитических и радиолитических процессов разложения ксенобиотиков и природных токсинов в водных растворах и растительных продуктах [11, 12, 14, 15].

Изученные процессы в газовых, жидких, аморфных и твердых фазах являются существенным прорывом в области изучения цепных химических процессов.

#### Список литературы:

1. Льюис Б., Эльбе Г. Горение, пламя и взрывы в газах. Гос. Издат. Иностран. Литер. Москва, 1948, 438 с.
2. Зельдович Я. Б., Баренблатт Г. И., Либрович В. Б., Михвизладзе Г. М. Математическая теория горения и взрыва. М.: Наука, 1980. 478 с.
3. Мошкин П. А. Окисление углеводородов в жидкой фазе. Под ред. Н. М. Эмануэля. М.: Изд-во АН. 1959. с. 255–267.
4. Эмануэль Н. М., Заиков Г. Е., Крицман В. А. Цепные реакции. Исторический аспект. М.: Наука, 1989, 335 с.
5. Семенов Н. Н. О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности: Свободные радикалы и цепные реакции. 2-е изд., перераб. М.: Изд-во АН. 1958. 686 с.

6. Денисова Л. Н., Денисов Е.Т, Метелица Д. И. Окисление фенола и нафтолов молекулярным кислородом. //Изв. АН СССР. Сер. хим., 1969, № 8, с. 1657–1663
7. Тальрозе В. А. К теории радиационно-химического инициирования цепных реакций. Химия высоких энергий. 1974. т. 8, № 6, с. 519–527.
8. Dzantiev V. G., Ermakov A. N., Shitomirsky V. M., Popov V. M. Kinetik and mechanism of thermoradiation on the water vapour and its mixture with acceptors. Radiation Physical Chemistry, 1985, V. 26, N:5, pp. 559–562
9. Клишпонт Э. Р., Кирюхин В. П., Милинчук В. К. Радиационно-химические процессы в полимерах при высоких давлениях. Мю: НИИТЭХИМ. 1982. 49 с.
10. Подзорова Е. А., Плотникова В. П., Бычков Н. В., Касперович А. И. Радиолитическое разложение фенола в присутствии окислителей. //Химия высок. энергий. 1976. т. 10, № 5, с. 423–427
11. Мамедов Х. Ф. Эффективные процессы разложения ксенобиотиков и природных токсинов. Радиолитическое и фотолитическое разложение ксенобиотиков и микотоксинов (монография). LAP LAMBERT Academic Publishing, Heinrich-Bockig Str.6–8, Saarbrucken, Германия, 2014, 419 с.
12. Курбанов М. А., Искендерова З. И., Дзантиев Б. Г., Мамедов Х. Ф. Цепные превращения при радиолитическом разложении газозольных смесей  $\text{CO}_2\text{-H}_2$ . Химфизика № 1, 1986, стр. 135–136.
13. Safaric I, Strausz O. P. The reactions of hydrogen atom with organosulfur compounds. Rew. Chem. Int., 1985. V.6. pp. 143–173.
14. Mamedov Kh. F. Radiolysis and photolysis of water solutions of phenol. European Researcher. 2014, V. 78. N:7–1. pp.1216–1236.
15. Мамедов Х. Ф. Радиолитическое превращение природных токсинов в загрязненных растительных продуктах и водных растворах. Sci.J. “Science Rise”. 2014. N:4/2 (4). pp. 116–121.

## Section 12. Electrical engineering

*Fedotov Alexander Ivanovitch,  
Kazan State Power Engineering University  
Professor, department «Electrical Power Systems and Networks»  
E-mail: Fed.ai@mail.ru*

*Akhmetshin Azat Rinatovich,  
Kazan State Power Engineering University,  
Associate professor, department «Electrical Power Systems and Networks»  
E-mail: Ahmetshin.ar@mail.ru*

*Vagapov Georgii Valerianovich,  
Kazan State Power Engineering University  
Associate professor, department «Electrical equipment of companies,  
organizations and institutions»  
E-mail: vagapov@list.ru*

*Chernova Natalia Vladimirovna,  
Kazan State Power Engineering University,  
Associate professor, department «Electrical Power Systems and Networks»  
E-mail: nv.chernova@list.ru*

### Techniques for improving the quality of electricity on the basis of reactive power compensation

**Abstract:** The article examines the economic feasibility of deep reactive power compensation. Influence of deep reactive power compensation on the voltage level. The analysis of the generalized network parameter to determine the voltage at substations for single-line and main electrical distribution networks. The numerical calculations show the need for a harmonized application of reactive power compensation and selection of booster transformers.

**Keywords:** reactive power compensation, power quality, capacity of power lines, power factor, power distribution networks

#### **Determination of economical way of reactive power compensation**

Because compensating devices are expensive equipment, it is necessary to assess the feasibility of deep reactive power compensation, i. e. in the range of reactive power factor change from its normative value to zero [1]. For this cover line 0, 4kv with load  $(P)_n + jQ_n$  fig. 1, on which end has PFC (capacitor installation of Ku, fig. 1).

As the center of power (CPU) used tire low voltage transformer substation. The economic effect of the additional installation of KU was calculated under the following assumptions: the cost of the devices has been adopted on the basis of the PFC data hosted on the website: <http://www.elprivod.ru/>; the cost of losses of the electric power-1,5 rubbles/kWh; the number of hours of use maximum load was taken under [2] to

3200 h Linear resistance lines, fig. 1, set in accordance with the cross-section, which, in turn, was coordinated with a maximum permissible current.

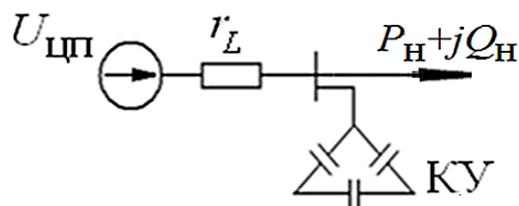


Fig. 1 scheme for distribution network

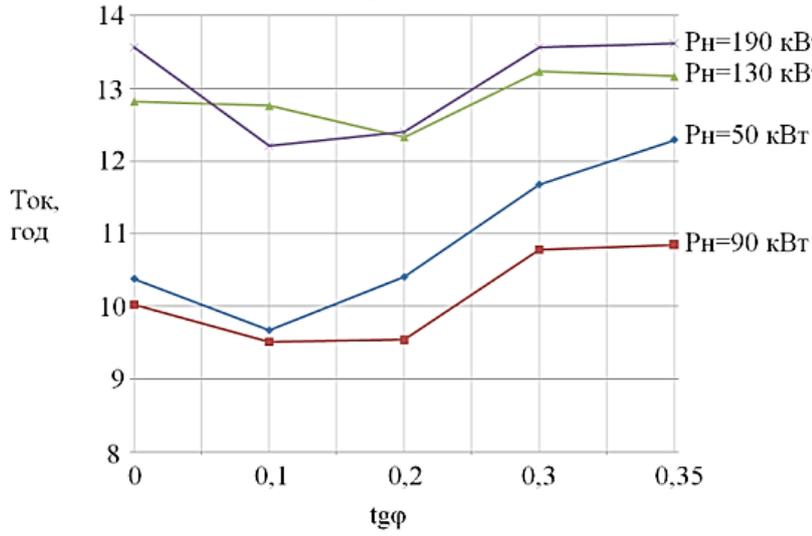
In fig. 2 the results of calculations payback period of nominal parameters of PFC device. As you can see from the graphs, the minimum is achieved in most cases, values of  $\text{tg}\varphi=0.1$ .

The full compensation of reactive power, when  $\text{tg}\varphi = 0$ , slightly increases the payback period and may be useful

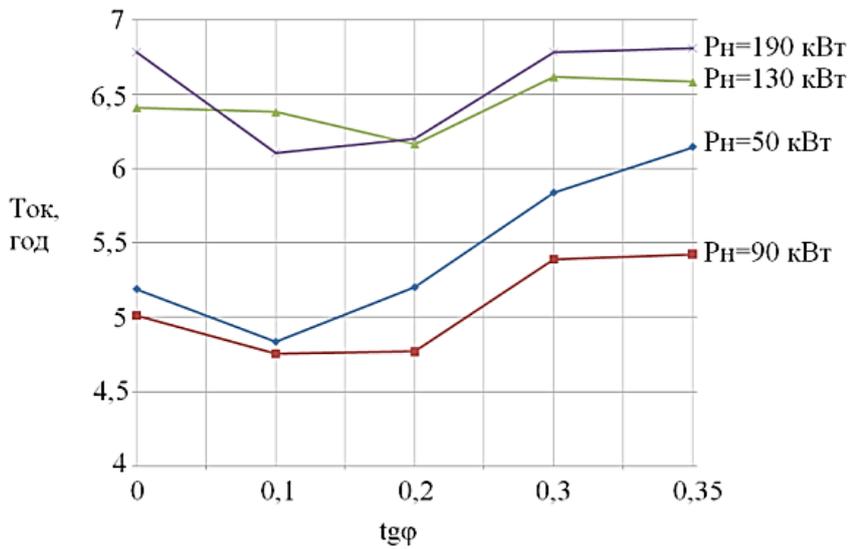
to increase the voltage to the transformer.

In General, estimates indicate that the decisive factor in determining the cost effectiveness of deep

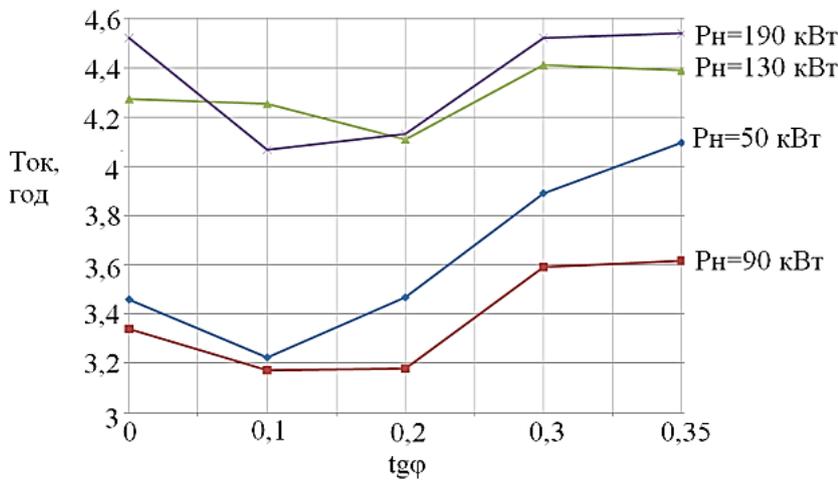
reactive power compensation, • is the distance from the substation. The edge length you can take the 200 m, in which case the rate of return does not exceed 6.5 years.



a-when the remoteness of consumers is 100 m



b-the remoteness of consumers is 200 m



v-the remoteness of consumers is 300 m

Fig. 2 based on the payback period from the depths of the PFC

### Raising the voltage level on the basis of the total reactive power compensation

Consider the technical effect of reactive power compensation in full, namely to increase the voltage to the transformer. Determine how dependent voltage level substation, depending on the settings in the power supply, Fig. 3, and from the voltage values prior to the installation of PFC.

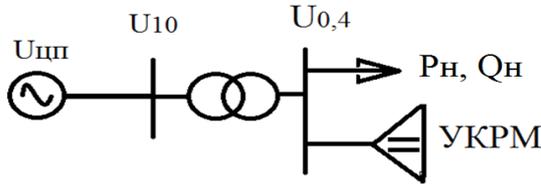


Fig..3. the concept of electricity

The voltage on the transformer substation (TS) with low sides to PFC devices shall be calculated by the formula:

$$U'_{0,4} = U_{III} - \frac{P_H \cdot r_{\Sigma} + Q_H \cdot x_{\Sigma}}{U'_{0,4}} = U_{III} - \frac{P_H \cdot (r_{\Sigma} + \operatorname{tg}\phi_H \cdot x_{\Sigma})}{U'_{0,4}}, \quad (1)$$

Where  $U_{III}$  — voltage to the CPU;  $P_H$  и  $Q_H$  - active and reactive power of the load,  $r_{\Sigma}, x_{\Sigma}$  — Summary of active and reactive resistance up to 0.4 kV, including tire resistance line and transformer; the voltage at the low side tires of TP;  $\operatorname{tg}\phi_H$  – reactive power factor loads.

If the TP makes full compensation of reactive power, the reactive component of the load from the formula (1) is deleted and then the bus bar voltage low side TP  $U''_{0,4}$  (converted to high side) shall be calculated by the formula:

$$U''_{0,4} = U_{III} - P_H \cdot r_{\Sigma} / U''_{0,4}.$$

Connect the voltage at TP before and after total power factor correction:

$$U''_{0,4} = U_{III} - \frac{P_H}{U''_{0,4}} \cdot \frac{U_{III} \cdot U'_{0,4} - (U'_{0,4})^2 - P_H \cdot \operatorname{tg}\phi_H \cdot x_{\Sigma}}{P_H}.$$

Next, set the desired voltage level  $U''_{0,4}$  – is larger than the voltage  $U'_{0,4}$ , i.e

$$U''_{0,4} = k_U \cdot U'_{0,4},$$

where  $k_U$  - coefficient characterizing the percentage voltage after PFC. Then define the conditions under which it can be achieved depending on factors such as tire with low voltage side of the transformer, the load factor, active power reactive power load and the total reactance of up to 0.4 kV bus, including resistance line and transformer.

Denote:

$$U_{\beta}^2 = P_H \cdot \operatorname{tg}\phi_H \cdot x_{\Sigma}$$

And call it  $U_{\beta}^2$  generalized network parameter, which is a square 2.

We Get:

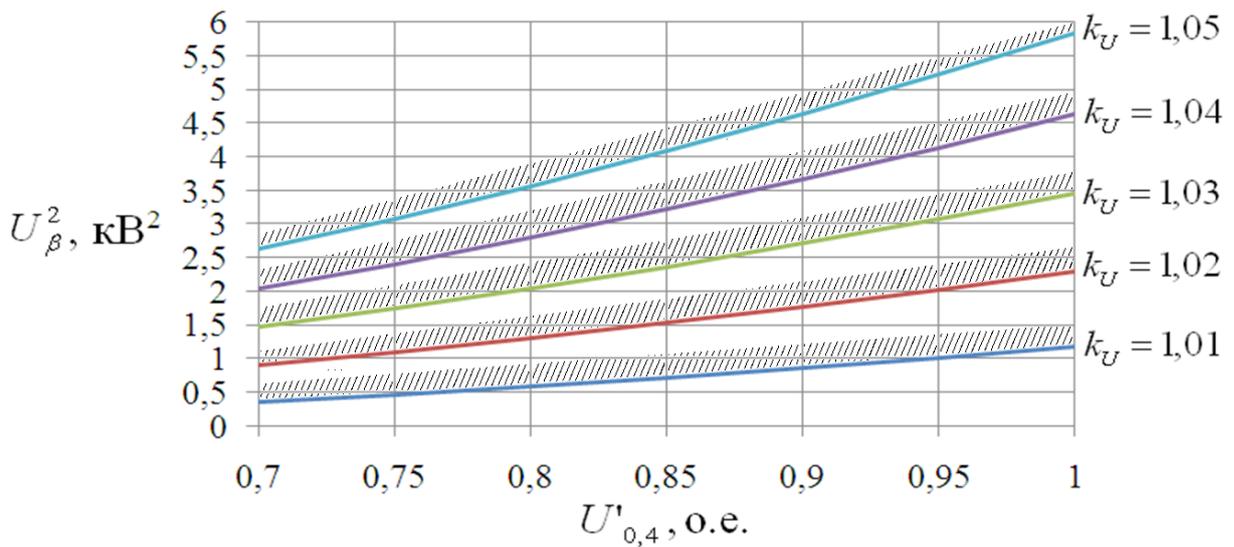
$$k_U \cdot U'_{0,4} = U_{III} - (U_{III} - U'_{0,4}) / k_U + U_{\beta}^2 / (k_U \cdot U'_{0,4})$$

Then

$$U_{\beta}^2 = (k_U^2 - 1) \cdot (U'_{0,4})^2 - U_{III} \cdot U'_{0,4} (k_U - 1).$$

The results of the calculations are presented in fig. 4.

On the basis of nomogram, fig.. 9, you can determine the level of the substation voltage reactive power compensation after total of generalized network parameters for any of the baseline. So, for example, if the source voltage 0.4 kV TSS side equal to 0.95 p. u. and  $U_{\beta}^2 = 0,5$  kB<sup>2</sup>, then the voltage will increase after the full compensation of reactive power at 1%; If the same and  $U_{\beta}^2 = 3,0$  kB<sup>2</sup>, the voltage will increase by 3%, fig. 9. The result is predictable: the longer the transmission line or the higher initial value load power  $P_H$  or its  $\operatorname{tg}\phi_H$ , the greater the effect of the reactive power compensation.



a —  $U_{III} - 10$ , kB

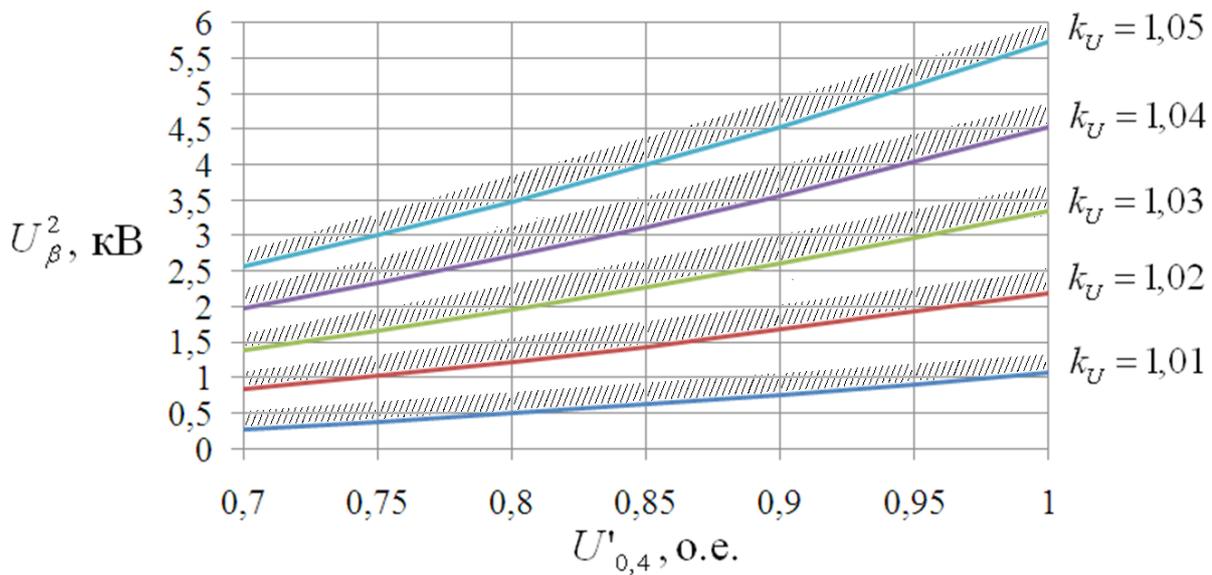
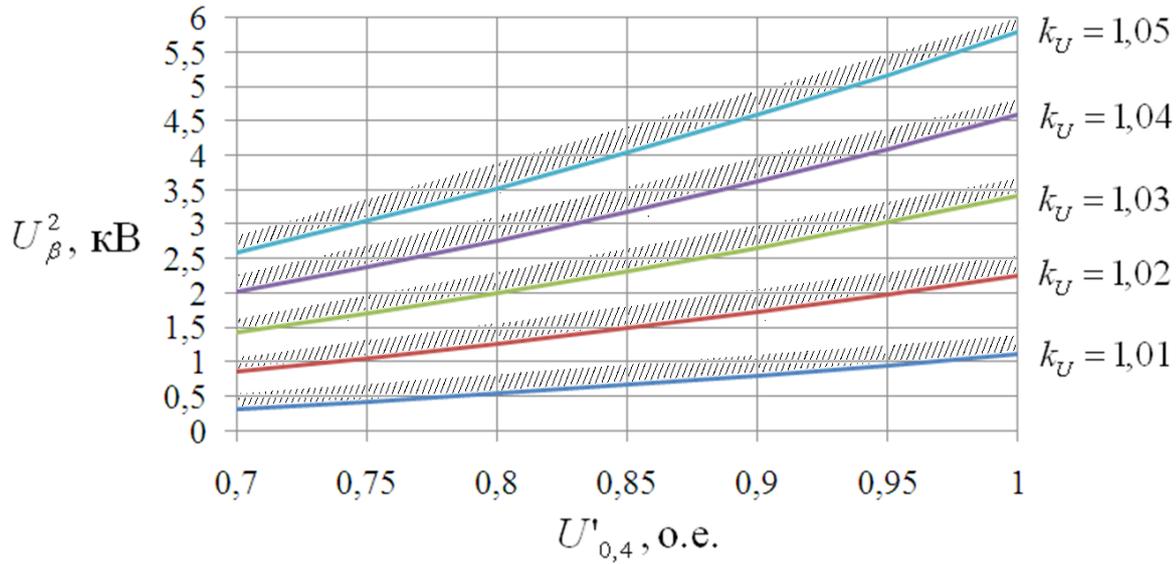


Fig. 4. The dependence of voltage  $U'_{0,4}$  on the value  $U_{\beta}^2$ .

Using common network settings is useful not only for the individual but also for main power fig. 5.

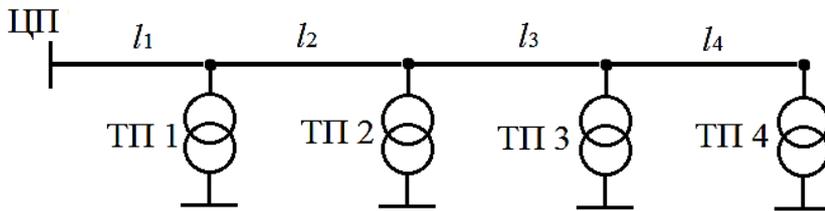


Fig. 5. The concept of RES 10 kV

To determine the voltage before and after PFC using the program to model the Simulink Model REFS provided in fig. 6.

The model consists of a CPU, power transmission lines, load. The CPU is a three-phase AC voltage source frequency 50 Hz. transmission lines represented by

three phase series-connected active and reactive resistance. The load is represented by three phase parallel connected active and reactive load. The complete PFC is by eliminating the reactive load of unit loads. Simulation results are presented in fig. 7, schedule b.

In order to use the dependencies, and fig. 4 obtained for single lines, you should determine the value of the  $U_{\beta}^2$  for each LAP, and fig. 5:

$$U_{\beta i}^2 = P_{n_{i,\dots,4}} \cdot \operatorname{tg} \phi_{n_i} \cdot x_0 \cdot l_i; i = 1, \dots, 4;$$

$$P_{n_{i,\dots,4}} = P_i + P_{i+1} + \dots + P_4.$$

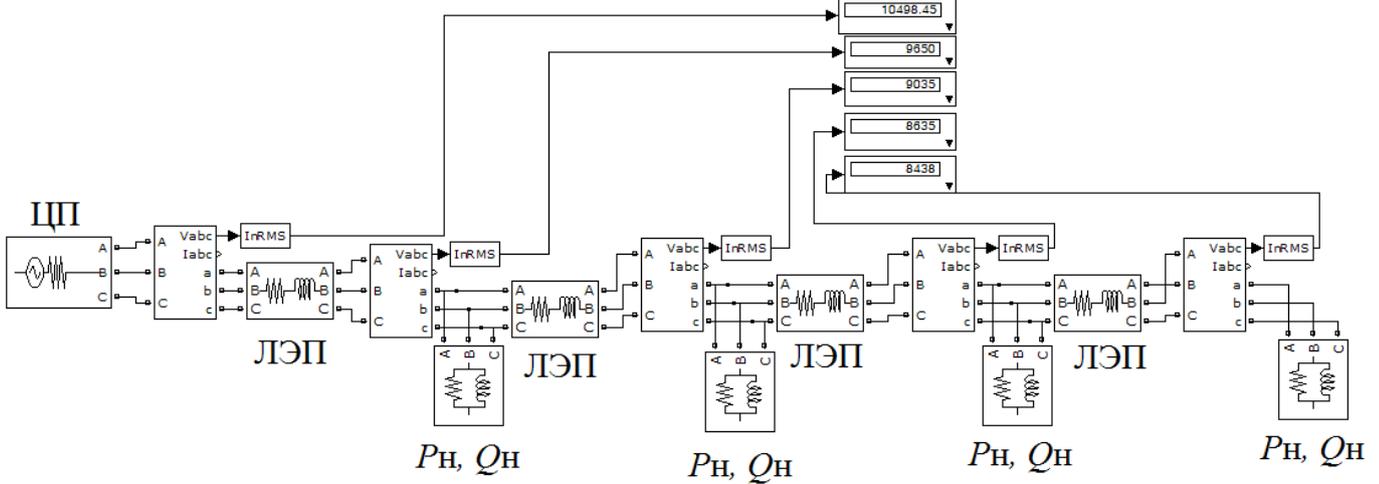


Fig. 6. The model REFS 10 kV in Simulink

To determine the voltage level in the main RECS offered the following:

№ 1 TP voltage at full PFC is determined by the formula:

$$U'_{n1} = U_{n1} \cdot k_{U1},$$

Where  $k_{U1}$  coefficient characterizing the percentage voltage after PFC to zero for no. 1 and the

formula for on the fig. 5. Voltage value for future TP is defined in the same manner and should take into account the factor that characterizes the required percentage of total voltage PFC the previous TP.

The results of calculations for the model fig. 7, where  $l1=2l=3l=l4= 10 \text{ km}$  are shown in Fig. 7.

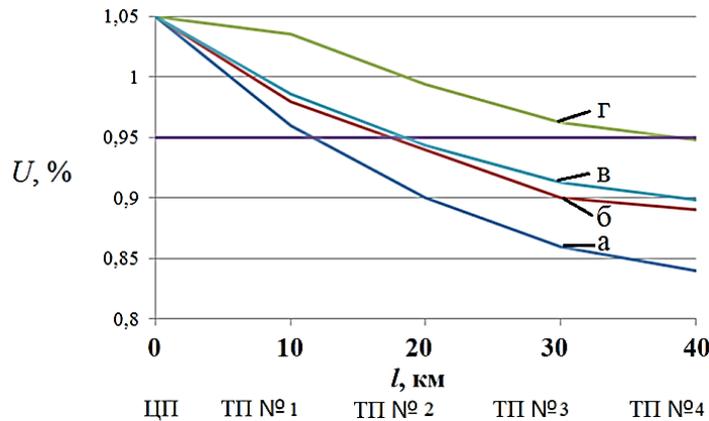


Fig. 7. The voltage levels on the TP RECS

a-voltage to PFC; b-tension after PFC based on calculations using the model fig. 6, g — voltage devices using WSP

From Fig. 7 it is seen that the values obtained for the voltage level using the proposed method and the results of simulation in the software product Simulink apart within 1% calculations show that for the longest electricity transmission, Fig. 5, where to install the WTD significant influence on their quantitative structure provides the level of PFC.

The technique of determining the voltage level on the sub-stations at full reactive power compensation on generalized network parameters and shows the need for a coordinated selection levels and the number and

parameters VDT. Calculations show the efficiency of the energy savings due to deep 0,1  $\operatorname{tg} \phi$ , that is, providing a reduction in the payback period of the installation of compensation of reactive power, in comparison with normative values  $\operatorname{tg} \phi$ .

The developed method allows you to select options VDT longitudinal control voltage of 0.4–10 kV networks, taking into account the effect of the regulatory burden. Must take into account the nature and magnitude of the change in the load on the voltage level to select the type of guy and VDT TVMG TVK and to provide

consumers with the desired voltage.

This article was prepared during the execution of R & D “Methods to improve power supply reliability and power quality in distribution networks”, the job

№ 2014/448 to perform public works in the field of scientific activities of the base part of the state task of the Russian Ministry.

### References

1. Akhmetshin A. R. activities to increase the bandwidth of the transmission lines in distributive networks 10 kV/A. Fedotov, A. R. Akhmetshin//Izvestiya vuzov. Energy issues.-No. 5–6, 2011.-s. 79–85.
2. Handbook for designing of electrical networks ed. D.I. Fajbisoviča.-3 ed., revised and additional charge.-m.: ENAS, 2009.-392 s.
3. GOST r 54149–2010 “electrical energy. Electromagnetic compatibility of technical equipment. Quality of electric energy supply systems General URL: <http://protect.gost.ru/nom.aspx?mode=doc&id=132893&nomentype=1&baseC=28&page=0&code=01>. (Date of circulation: 21.09.13).
4. Akhmetshin A. R. activities to increase the bandwidth of the transmission lines in distributive networks 10 kV/A. Fedotov, A. R. Akhmetshin//Izvestiya vuzov. Energy issues.-No. 5–6, 2011.-s. 79–85.
5. Site of the company “ECL-electro”. URL: <http://www.ske-electro.ru>
6. Danilov i. e., Lototsky K. V. electric machines m. Kolos. 527 s. 1972.

*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*

## The use of controlled filter to reduce non-linear distortion in the quadrature generators of harmonic signals

**Abstract:** The article deals with the construction of the controlled oscillator of harmonic quadrature signals. Calculated ratios were tested on the PSIM-9 mathematical model. The generator has a high performance in dynamic modes. The harmonic content of the generated oscillations does not exceed 0,011%.

**Keywords:** block diagram, transfer function, quadrature signals, frequency characteristics.

*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*

## Применение управляемого фильтра для уменьшения нелинейных искажений в генераторах квадратурных гармонических сигналов

**Аннотация:** В статье рассматриваются вопросы построения управляемого генератора гармонических квадратурных сигналов. Расчетные соотношения проверены на математической модели в программе PSIM-9.

Генератор имеет высокое быстродействие в динамических режимах. Коэффициент гармоник формируемых колебаний не превышает 0,011%.

**Ключевые слова:** структурная схема, передаточная функция, квадратурные сигналы, частотные характеристики.

**Введение**

В радиоэлектронике, автоматике, системах связи, измерительной технике, в автоматизированных системах управления находят широкое применение управляемые генераторы квадратурных гармонических колебаний [1–4].

В силовой преобразовательной технике (частотно-регулируемый привод, источники бесперебойного питания) также используются [5–7] генераторы квадратурных сигналов (ГКС).

Применение квадратурных сигналов позволяет сравнительно легко получить систему многофазных сигналов с постоянными фазовыми сдвигами в широком диапазоне изменения частоты [8].

На базе ГКС строятся [9–14] функциональные генераторы (ФГ), использующие принцип формирования линейно-изменяющегося сигнала из двух сигналов, сдвинутых друг относительно друга на 90 электрических градусов [15–22].

Широкий диапазон частот формируемых колебаний, высокая стабильность частоты и амплиту-

ды квадратурных сигналов, постоянство фазового сдвига между выходными сигналами, возможность микроминиатюризации, высокая надежность, простота схемотехнических решений — далеко не полный перечень требований, предъявляемых к подобным генераторам.

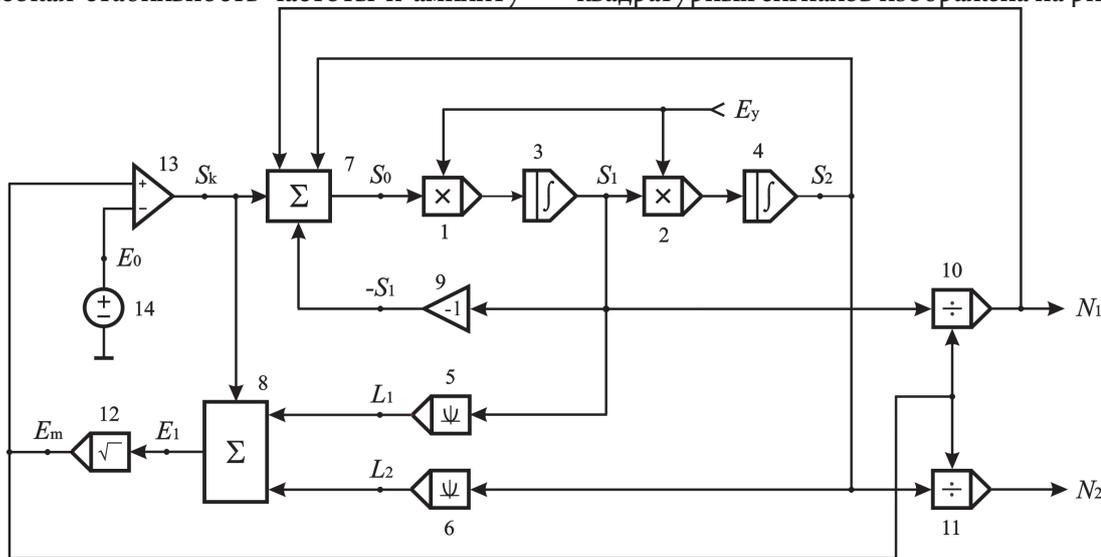
Решить весь комплекс задач, стоящих перед разработчиком, и выбрать лучшее решение — задача не тривиальная.

В основе предлагаемого решения используется генератор [23], который достаточно подробно рассмотрен в работах [24–26].

Задача заключается в улучшении спектральной чистоты формируемых квадратурных гармонических сигналов с помощью достаточно простого решения, при сохранении динамических характеристик, как в пусковом режиме, так и при быстрых переключениях с одной частоты на другую.

**Основная часть**

Структурная схема генератора гармонических квадратурных сигналов изображена на рис. 1.



1, 2 — умножители; 3, 4 — интеграторы; 5, 6 — квадраторы; 7, 8 — сумматоры; 9 — инвертор; 10, 11 — делители; 12 — вычислитель квадратного корня; 13 — компаратор; 14 — источник опорного напряжения.

Рис. 1. Структурная схема генератора

Умножитель 1 и интегратор 3 образуют первый управляемый интегратор (УИ-1) с передаточной функцией [24]

$$H_1(s) = -1 / (\tau_{y1} \cdot s),$$

где  $\tau_{y1} = \tau_1 / (m_1 \cdot E_y)$  — постоянная времени УИ-1;  $\tau_1$  — постоянная времени первого интегратора 3;  $m_1$  — масштабный коэффициент умножителя 1;

$E_y$  — управляющее напряжение;  $s$  — комплексная переменная.

Умножитель 2 и интегратор 4 образуют второй управляемый интегратор (УИ-2) с передаточной функцией

$$H_2(s) = -1 / (\tau_{y2} \cdot s),$$

где  $\tau_{y2} = \tau_2 / (m_2 \cdot E_y)$  — постоянная времени УИ-2;

$\tau_2$  — постоянная времени интегратора 4;  $m_2$  — масштабный коэффициент множителя 2.

При одинаковых значениях масштабных коэффициентов  $m_1 = m_2 = m$  и при равенстве постоянных времени интеграторов  $\tau_1 = \tau_2 = \tau$  также будут иметь одинаковые значения и постоянные времени первого и второго управляемых интеграторов  $\tau_{y1} = \tau_{y2} = \tau_y = \tau / (m \cdot E_y)$ .

Следовательно, и передаточные функции управляемых интеграторов в этом случае будут иметь одинаковые выражения

$$H_y(s) = -m \cdot E_y \cdot [1 / (\tau \cdot s)] = -1 / (\tau_y \cdot s).$$

Управляемые интеграторы, сумматор 7 и инвертор 9 образуют управляемый фильтр (УФ). При подаче на первый вход сумматора, то есть на вход УФ сигнала  $N_1(t)$ , на выходе управляемого фильтра формируются два сигнала  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$ .

Для нахождения амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик, а также определения резонансной частоты УФ, величины затухания и добротности фильтра найдем передаточные функции (ПФ) управляемого фильтра.

Найдем передаточную функцию УФ по первому  $W_1(s)$  и второму  $W_2(s)$  выходу при воздействии входного сигнала  $N_1(t)$ , для чего составим следующую систему уравнений в операторной форме:

$$\begin{cases} -S_0(s) = k_{11} \cdot N_1(s) + k_{12} \cdot S_2(s) - k_{13} \cdot S_1(s); \\ S_1(s) = S_0(s) \cdot H_1(s); \\ S_2(s) = S_1(s) \cdot H_2(s), \end{cases} \quad (1)$$

где  $k_{11}$ ,  $k_{12}$  и  $k_{13}$  — коэффициенты передачи сумматора 7 по соответствующим входам.

Используя метод исключения переменных в (1), запишем выражения для передаточной функции

$$W_1(s) = \frac{S_1(s)}{N_1(s)} = \frac{k_{11} \cdot \tau s}{\tau^2 s^2 + k_{13} \cdot \tau s + k_{12}} \quad (2)$$

и для передаточной функции

$$W_2(s) = \frac{S_2(s)}{N_1(s)} = \frac{-k_{11}}{\tau^2 s^2 + k_{13} \cdot \tau s + k_{12}}. \quad (3)$$

При  $k_{12} = 1$  выражение (3) можно привести к классическому виду для колебательного звена с передаточной функцией

$$W_2(s) = \frac{-k_{11}}{\tau^2 s^2 + 2\xi \cdot \tau s + 1}, \quad (4)$$

где  $\xi = k_{13} / 2$  — коэффициент затухания, определяющий избирательные свойства звена.

Передаточную функцию  $W_1(s)$  можно представить в виде последовательного соединения колебательного и дифференцирующего звеньев

$$W_1(s) = \frac{k_{11}}{\tau^2 s^2 + 2\xi \cdot \tau s + 1} \cdot \tau s. \quad (5)$$

Резонансную частоту  $\omega_0$  управляемого фильтра можно найти из характеристического уравнения, для чего знаменатель в уравнениях (4) и (5) следует приравнять нулю и найти корни этого уравнения

$$\omega_0 = 1 / \tau_y = m \cdot E_y / \tau.$$

Для нахождения комплексно-частотных функций в выражениях (4) и (5) необходимо заменить комплексную переменную  $s \rightarrow j\omega$

$$W_1(j\omega) = \frac{k_{11} \cdot j\omega\tau}{(1 - \omega^2\tau^2) + j2\xi \cdot \omega\tau}; \quad (6)$$

$$W_2(j\omega) = \frac{-k_{11}}{(1 - \omega^2\tau^2) + j2\xi \cdot \omega\tau}. \quad (7)$$

Из (6) и (7) следует, что фазовый сдвиг между выходными сигналами  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  будет определяться только параметрами дифференцирующего звена с передаточной функцией  $W_D(s) = \tau s$ , поскольку  $W_D(j\omega) = j \cdot \omega\tau$ .

Фазовый сдвиг

$$\Delta\varphi(\omega) = \varphi_2(\omega) - \varphi_1(\omega) = \pi / 2. \quad (8)$$

Из (8) следует, что фазовый сдвиг между выходными сигналами  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  не зависит от частоты и во всем диапазоне рабочих частот составляет 90 электрических градусов.

Амплитудно-частотные характеристики

$$W_1(\omega) = \text{mod } W_1(j\omega) = \frac{k_{11} \cdot \omega\tau}{\sqrt{(1 - \omega^2\tau^2)^2 + (2\xi \cdot \omega\tau)^2}}; \quad (9)$$

$$W_2(\omega) = \text{mod } W_2(j\omega) = \frac{k_{11}}{\sqrt{(1 - \omega^2\tau^2)^2 + (2\xi \cdot \omega\tau)^2}} \quad (10)$$

удобно представить в нормированном виде (фиг. 2), для чего введем в рассмотрение относительную расстройку по частоте

$$\delta = \omega / \omega_0 = f / f_0, \quad (11)$$

где  $\omega_0 = 1 / \tau_y$  — резонансная частота.

После подстановки (11) в (9) и (10) получим

$$W_1(\delta) = \frac{k_{11} \cdot \delta}{\sqrt{(1 - \delta^2)^2 + (2\xi \cdot \delta)^2}};$$

$$W_2(\delta) = \frac{k_{11}}{\sqrt{(1 - \delta^2)^2 + (2\xi \cdot \delta)^2}}.$$

Графические зависимости коэффициентов передачи  $W_1(\omega)$  и  $W_2(\omega)$  от величины относительной расстройки  $\delta$  приведены на рис. 2, где по оси ординат отложены в логарифмическом масштабе значения

$$R_1(\delta) = 20 \lg W_1(\delta) \text{ и } R_2(\delta) = 20 \lg W_2(\delta).$$

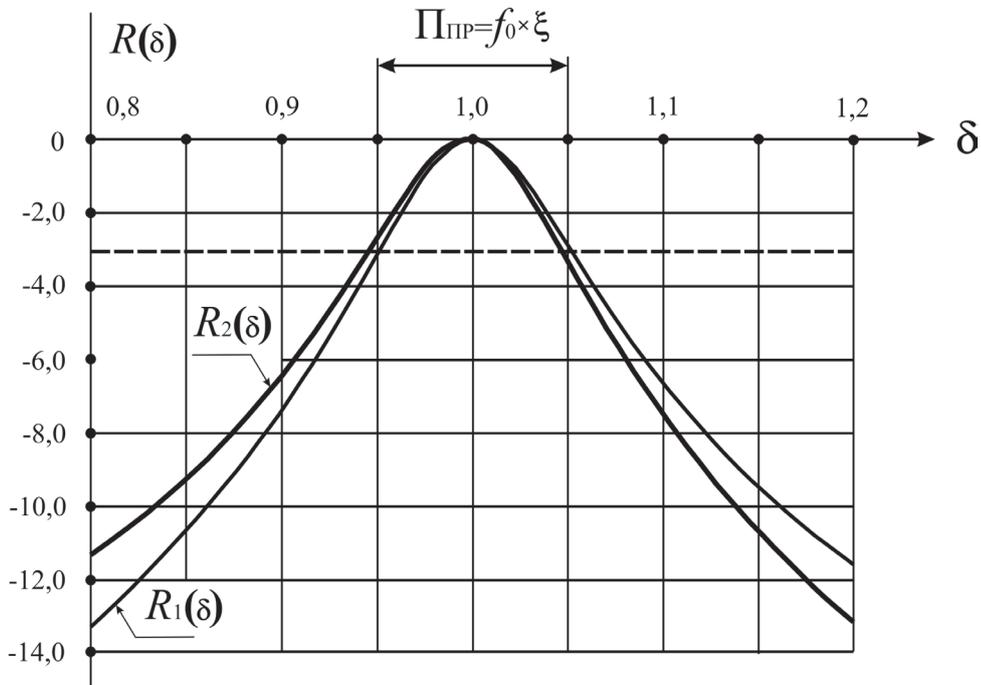


Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики

На резонансной частоте (при  $\delta = 1$ )

$$W_1(1) = W_2(1) = \frac{k_{11}}{2\xi} = \frac{k_{11}}{k_{13}}.$$

При равенстве коэффициентов  $k_{11} = k_{13}$  коэффициенты передачи также будут равны  $W_1(1) = W_2(1) = 1$ , при этом  $R_1(1) = R_2(1) = 0$  дБ.

Спектральная чистота формируемых сигналов  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  будет зависеть, как от формы сигнала  $N_1(t)$ , поступающего по цепи обратной связи, так и от добротности  $Q$  резонансной системы (управляемого фильтра), которая, в свою очередь, определяет (рис. 2) полосу пропускания  $\Pi_{\text{ПР}}$  фильтра.

Полосу пропускания  $\Pi_{\text{ПР}}$  условно определяют по резонансной кривой (фиг. 2) на уровне 0,707 (-3 дБ) от её максимального значения, соответствующего резонансной частоте.

Полоса пропускания управляемого фильтра

$$\Pi_{\text{ПР}} = \xi \cdot f_0 = f_0 / Q.$$

Добротность управляемого фильтра связана с коэффициентом затухания  $\xi$  следующим образом  $Q = 1/\xi = 2/k_{13}$ , следовательно, величину добротности  $Q$ , коэффициент затухания  $\xi$  и полосу пропускания  $\Pi_{\text{ПР}}$  можно регулировать с помощью коэффициента  $k_{13}$ , но при этом необходимо соблюдать равенство коэффициентов  $k_{11} = k_{13}$ .

В этом случае при любых значениях добротности на частоте резонанса амплитудные значения  $A_1$  и  $A_2$  сигналов  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  будут иметь одинаковые значения равные единице, а фазовый сдвиг между ними составит 90 электрических градусов. Таким образом,

на выходах управляемого фильтра формируются квадратурные сигналы стабильной амплитуды.

В предлагаемом решении на вход первого сумматора 7 подается квазигармонический сигнал  $N_1(t)$  стабильной амплитуды  $A^*$ , имеющий незначительное количество высших гармонических в своем составе.

Формирование сигнала обратной связи  $N_1(t)$  происходит следующим образом.

Квадраторы 5 и 6, сумматор 8 и блок извлечения квадратного корня 12 образуют безынерционный датчик напряжения (ДН).

При подаче на вход квадратора 5 гармонического сигнала  $S_1(t) = A_1 \sin(\omega t)$  на его выходе формируется сигнал

$$L_1(t) = m_3 A_1^2 \sin^2(\omega t),$$

где  $m_3$  — масштабный коэффициент квадратора 5.

При подаче на вход квадратора 6 гармонического сигнала  $S_2(t) = A_2 \cos(\omega t)$  на его выходе формируется сигнал

$$L_2(t) = m_4 A_1^2 \cos^2(\omega t),$$

где  $m_4$  — масштабный коэффициент квадратора 6.

В результате суммирования сигналов  $L_1(t)$  и  $L_2(t)$  на выходе сумматора 8 образуется напряжение

$$E_1 = k_{21} m_3 A_1^2 \sin^2(\omega t) + k_{22} m_4 A_2^2 \cos^2(\omega t),$$

где  $k_{21}$  и  $k_{22}$  — коэффициенты передачи сумматора 8 по первому и второму входам соответственно.

На выходе блока извлечения квадратного корня 12, то есть на выходе ДН, формируется напряжение

$$E_m = \sqrt{k_{21} m_3 A_1^2 \sin^2(\omega t) + k_{22} m_4 A_2^2 \cos^2(\omega t)}.$$

При выполнении условий  $k_{21} = k_{22} = 1$ ,  $m_3 = m_4 = 1$

и при равенстве амплитудных значений  $A_1 = A_2 = A$  напряжение

$$E_m = A\sqrt{\sin^2(\omega t) + \cos^2(\omega t)} = A,$$

то есть на выходе ДН напряжение будет в точности равно амплитудному значению  $E_m = A$ .

Во время динамических режимов, особенно при резких изменениях управляющего напряжения  $E_v$  в широких пределах, амплитудные значения сигналов  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  могут измениться, поэтому для стабилизации могут потребоваться двухканальные стабилизаторы амплитуды, некоторые варианты, реализации которых приведены в [27–29].

В предлагаемом решении роль двухканального стабилизатора амплитуды выполняют делители 10 и 11 и датчик напряжения ДН.

Процесс стабилизации амплитудных значений формируемых сигналов  $N_1(t)$  и  $N_2(t)$  происходит следующим образом.

На выходе делителя 10, то есть на первом выходе управляемого генератора квадратурных сигналов, формируется сигнал

$$N_1(t) = S_1(t) / E_m = A_1[\sin(\omega t)] / A = A^* \cdot \sin(\omega t),$$

где  $A^* = 1$  — нормированное значение амплитуды сигнала  $N_1(t)$ .

Аналогично работает второй делитель 11, на выходе которого также формируется стабильный по амплитуде сигнал

$$N_2(t) = S_2(t) / E_m = A_2[\cos(\omega t)] / A = A^* \cdot \cos(\omega t).$$

Стабилизированный по амплитуде сигнал  $N_1(t)$  с выхода делителя 10 поступает на первый вход сумматора 7, замыкая цепь обратной связи и создавая условия для возбуждения гармонических колебаний.

Частота колебаний  $\Omega_0$  в управляемом генераторе совпадает с резонансной частотой  $\omega_0 = 1/\tau_v$  и изменяется прямо пропорционально изменению управляющего напряжения

$$\Omega_0 = mE_v / (2\pi \cdot \tau).$$

Поскольку на вход управляемого фильтра с выхода первого делителя 10 подается гармонический сигнал, в котором практически нет высших гармонических составляющих, то спектральная чистота формируемых сигналов  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  намного выше, чем в прототипе [23].

Оценка нелинейных искажений выходных сигналов генератора проводилась на математической модели в программе PSIM-9. Нелинейные искажения на выходах управляемого генератора измерялись с помощью блока (THD — Total harmonic distortion) программы PSIM.

На первом выходе коэффициент нелинейных искажений не превысил 0,011%, что примерно в пять раз меньше по сравнению с прототипом.

На втором выходе управляемого генератора искажения сигнала  $N_2(t)$  будут еще меньше из-за фильтрующего свойства второго интегратора 4. Незначительное содержание высших гармоник выходных сигналов  $N_1(t)$  и  $N_2(t)$  является достоинством предлагаемого генератора.

Для сокращения времени запуска генератора на четвертый вход сумматора 7 поступает корректирующий сигнал  $S_k(t)$  с формирователя одиночного импульса, который выполнен из компаратора 13 и источника опорного напряжения 14.

Корректирующий сигнал  $S_k(t)$  подается также на третий вход сумматора 8, обеспечивая тем самым нормальную работу делителей 10 и 11, которые при отсутствии корректирующего сигнала формируют на своих выходах кратковременный выброс напряжения при запуске генератора и для устранения которого на выходах делителей 10 и 11 потребуются ограничители.

Введение корректирующего сигнала  $S_k(t)$  значительно улучшает динамику управляемого генератора, как в пусковом режиме (рис. 3), так и при переключении генератора с одной частоты на другую.

Длительность переходного процесса при запуске управляемого генератора квадратурных сигналов определяется (рис. 3) длительностью  $T_{и}$  корректирующего сигнала  $S_k(t)$  и значением коэффициента передачи по четвертому входу сумматора 7. Длительность  $T_{и}$  сигнала  $S_k(t)$  можно изменять с помощью напряжения смещения  $E_0$ , поступающего на вход компаратора 13 от источника опорного напряжения 14.

Графические зависимости, поясняющие принцип уменьшения переходных процессов в генераторе, приведены на фиг. 3. На рис. 3, а и рис. 3, б показаны графики для случая, когда величина опорного напряжения  $E_0 = 0,1$  В, а коэффициент передачи сумматора по четвертому входу  $k_{14} = 0,1$ . На рис. 3, в и рис. 3, г показаны графики для случая, когда величина опорного напряжения  $E_0 = 0,8$  В, а коэффициент передачи сумматора по четвертому входу  $k_{14} = 1,0$ . На рис. 3, д и рис. 3, е показаны графики для случая, когда величина опорного напряжения  $E_0 = 0,9$  В, а коэффициент передачи сумматора по четвертому входу  $k_{14} = 10,0$ .

Сигнал  $S_k(t)$  формируется только один раз при запуске генератора и в дальнейшей работе управляемого генератора участия не принимает.

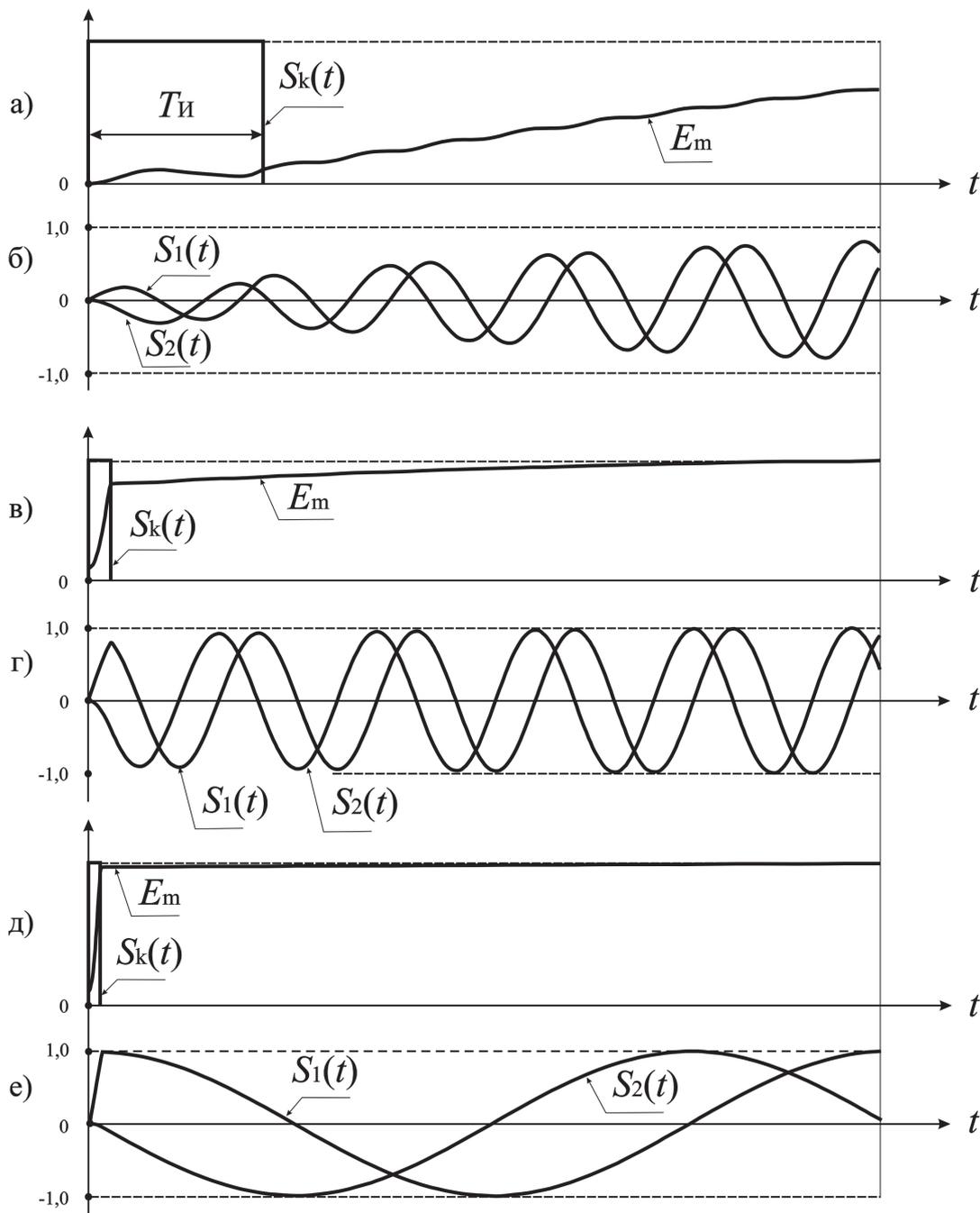


Рис. 3. Временные диаграммы

### Заключение

1. Разработана структурная схема управляемого генератора квадратурных гармонических колебаний.

2. Проведен эксперимент на математической модели в программном пакете PSIM-9. Результаты математического моделирования полностью подтвердили полученные расчетные соотношения.

3. Стабилизация амплитудных значений формируемых квадратурных сигналов осуществляется с помощью аналоговых делителей и быстродействующего датчика напряжения, не содержащего реактивных элементов.

4. Разработанный генератор обладает высоким

быстродействием в пусковом режиме и при быстрых переключениях с одной частоты на другую.

5. Коэффициент гармоник формируемых колебаний не превышает 0,011%.

6. Генератор может быть выполнен в интегральном или гибридном исполнении с использованием современных операционных усилителей и прецизионных аналоговых умножителей, не требующих наличия подстроечных элементов.

7. Управляемый генератор может найти применение в многофазных системах преобразовательной техники, в квадратурных модуляторах-демодуляторах систем связи, в умножителях частоты с системой ФАПЧ.

## Список литературы:

1. Белорусов Д. И. Современные методы обработки сигналов в радиоприемных устройствах./ Д. И. Белоусов, Ю. А. Щаденков// Специальная техника. – 2011. – № 5. – С. 32–38.
2. Вавилов А. А. Низкочастотные измерительные генераторы./ А. А. Вавилов, А. И. Солодовников, В. В. Шнайдер. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 104 с.
3. Голуб В. С. Квадратурные модуляторы и демодуляторы в системах радиосвязи// Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2003. – № 3. – С. 28–32.
4. Федчун А. А. Формирование и прием радиосигналов с использованием квадратурных схем преобразования частоты: автореф. канд. техн. наук. – Таганрог, 2010. – 16 с.
5. Патент на изобретение RUS № 1504782, Н 03 В 5/26. Дубровин В. С. Генератор ортогональных сигналов.// Заявка: 4155342/24–09, 02.12.1986. Опубликовано: 30.08.1989, Б. И. № 32.
6. Патент на изобретение RUS № 1665490, Н 03 В 5/26. Дубровин В. С. Генератор ортогональных сигналов.// Заявка: 4608861/09, 23.11.1988. Опубликовано: 23.07.1991, Б. И. № 27.
7. Патент на изобретение RUS № 1702514, Н 03 В 27/00. Дубровин В. С. Генератор ортогональных сигналов.// Заявка: 4796503/09, 26.02.1990. Опубликовано: 30.12.1991, Б. И. № 48.
8. Дубровин В. С. Фазовращатель гармонического сигнала/ В. С. Дубровин// Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2014. – № 9–10. – С. 192–195.
9. 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.
10. Дубровин В. С. Способы построения управляемых функциональных генераторов/ В. С. Дубровин, А. М. Зюзин// Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2014. – № 7–8. – С. 131–137.
11. Дубровин В. С. Управляемый функциональный генератор/ В. С. Дубровин// Журнал научных и прикладных исследований. – 2014. – № 10. – С. 24–29.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. Дубровин В. С. Формирователь линейно изменяющегося сигнала/ В. С. Дубровин// Южно-сибирский научный вестник. – Бийск, 2014. – № 1 (5). – С. 70–73.

19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. Дубровин В. С. Система стабилизации управляемого генератора на базе квазиконсервативного звена/В. С. Дубровин//Южно-сибирский научный вестник. – Бийск, 2012. – № 2 (2). – С. 30–34.
25. 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.
26. Дубровин В. С. Уменьшение нелинейных искажений в управляемом генераторе квадратурных сигналов/В. С. Дубровин//Prospero. – М., 2014. – № 2. – С. 66–70.
27. 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.
28. Дубровин В. С. Двухканальный стабилизатор гармонических сигналов/В. С. Дубровин//Журнал научных и прикладных исследований. – Уфа, 2014. – № 7. – С. 43–45.
29. 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.

# Contents

<b>Section 1. Biology</b> .....	<b>3</b>
<i>Andrukha Natalia Anatolyevna</i>	
Morphological features of plants <i>Heuchera villosa</i> Michx. in ontogeny .....	3
<i>Berbekova Irina Albertovna, Yakimov Andrew Vladimirovich,</i> <i>Shahmurzov Muhamed Muzachirovich, Lyvov Vladimir Dmitreyvich</i>	
The composition and structure of catches anglers from natural reservoirs of the Kabardino-Balkaria.....	5
<i>Mustafayeva Gulzar Aligeydar, Kamarli Valida Pasha, Aslanova Gulnara Mirzebala</i>	
Armored scales (Homoptera; Coccinea, Lecaniidae) Cuba-Hachmaz area of Azerbaijan, their distribution and trophic communications.....	10
<b>Section 2. Biotechnology</b> .....	<b>14</b>
<i>Turaliyeva Moldir Alibekovna, Yeshibaev Arystanbek Ashirbayevich,</i> <i>Abdullayeva Gulzhan Akilbekovna, Faizullayeva Lazzat Amankhanovna,</i> <i>Abdualiyeva A.A., Altynbekova Madina Kasymkyzy</i>	
Study of <i>Bacillus thuringiensis</i> 4ant strain for warm blood animals.....	14
<b>Section 3. Mathematics</b> .....	<b>17</b>
<i>Drushinin Victor Vladimirovich, Lazarev Alexey Alexandrovich</i>	
Consequences of theorem Wilson in theory of primes .....	17
<i>Fundak Lesya Ihorivna, Tsegelyk Hryhorij Hryhorovych</i>	
Numerical methods of majorant type of solving the Cauchy problem for ordinary differential equations.....	18
<b>Section 4. Materials Science</b> .....	<b>24</b>
<i>Shamilov Valeh Mammad, Gadzhieva Nushaba Mubarak, Babayev Elbay Rasim,</i> <i>Ismayilova Mehpara Kamil</i>	
Investigation of the effect of nanoparticles on nanosystems' rheological parameters .....	24
<b>Section 5. Machinery construction</b> .....	<b>28</b>
<i>Vasenin Valery Ivanovich, Bogomjagkov Alexey Vasilevich, Sharov Konstantin Vladimirovich</i>	
Investigation into a vertical ring-shaped gating system .....	28
<i>Simonyan Misha Mamikon, Balayan Vladimir Alexander, Ghazaryan Nvard Edik</i>	
On methodology of experimental research of thermal, adhesive, and percussive phenomena with interrupted cutting .....	43
<i>Kuklina Irina Gennadyevna</i>	
La Dinámica de terreno Máquinas.....	48
<b>Section 6. Medical science</b> .....	<b>52</b>
<i>Poplavskaya Olga, Ioannidi Daria</i>	
Problems of social services persons with mental disorders in Russia.....	52
<i>Shubayeva Galiya, Skakova Raihan, Ishanova Gulnara</i>	
Features of formation of bases of a healthy lifestyle among pupils with intellectual disabilities.....	56
<b>Section 7. Food processing industry</b> .....	<b>59</b>
<i>Kenyiz Nadejda Victorovna</i>	
La technologie de fabrication des produits semi-finis congelés avec l'introduction d'additifs .....	59
<i>Nesterenko Anton Alexéévitch, Kenijz Nadejda Viktorovna</i>	
Perfectionnement de la technologie des saucissons fumés .....	62
<b>Section 8. Agricultural sciences</b> .....	<b>67</b>
<i>Tanova Krasimira Trifonova, Raykov Svilen</i>	
Testing selection materials of fodder beet in response to their resistance to the agents causing Cercosporosis ( <i>Cercospora beticola</i> ) and powdery mildew ( <i>Erysiphe betae</i> ) .....	67

<i>Tanova Krasimira Trifonova, Raykov Svilen</i>	
Testing control resources for tomato “section” ( <i>Fusarium fxyssporum</i> f. ssp. <i>lycopersicii</i> ) . . . . .	70
<b>Section 9. Technical sciences . . . . .</b>	<b>74</b>
<i>Baltabayev Ulugbek Narbayevich, Tursunkhodzhayev Polat Muxammedovich, Khusanov Ixmat Nigmatovich</i>	
Research of dependence of barley peeling coefficient from time of its staying in peeler work zone and rotor speed . . . . .	74
<i>Brigas Alexey Vladimirovich, Brigas Elena Petrovna, Fenenko Anatoly Ivanovich</i>	
Evaluation of quality of raw milk by different technologies milking. . . . .	78
<i>Jumaniyazov Maksud Jabbiyevich, Kurambaev Sherzod Raimberganovich, Jumaniyazova Dilnoza Maksudovna, Saidov Hakimboy Urinbayevich</i>	
Study anticorrosive properties gossipol resin . . . . .	81
<i>Kulinich Viktoriia Viktorovna</i>	
Reducing the accidents rate of maritime vessels by decreasing watch officer’s fatigue using foreign experience . . . . .	85
<i>Nazarenko Elvira Anatolevna, Nikozjat Julia Borisovna, Ivaschenko Elena Dmitrievna</i>	
The results of ecological security monitoring of agricultural plantings under high concentration of fluorides in soils of Poltava region . . . . .	89
<i>Polvonov Abdujalil Sattarovich, Normirzaev Abdukayum Raximberdievich, Khabibullaev Alimardon Xidoyatillaevich, Shodmonov Davron Safaraliev, Valieva Gulshan Fayzimuradovna, Tuxliev Gayratali Axmadalievich</i>	
Study of physico-mechanical properties of the polyurethane adhesive. . . . .	93
<i>Poltavtsev Vladimir Ivanovich</i>	
The structure of the flow and the response function of the cell with three-phase fluidized bed . . . . .	96
<i>Sazykin Vasily Georgievich, Kudryakov Alexander Georgievich</i>	
The problems of worn-out equipment in the energy sector . . . . .	100
<i>Shantarin Vladislav Dmitrievich, Zemenkov Yuri Dmitrievich</i>	
Alternative source of power production from carbon-containing wastes . . . . .	103
<i>Turumbetov Bairam Kongratbaevich, Fayzullaev Bayram Artykbaevich, Utebergenov Jetkerbay Sakbergenovich, Atamuratov Aydos Turdymuratovich</i>	
Formalizational presentation of emergency situation of chemical-technological processes using a model of semantic networks. . . . .	107
<b>Section 10. Transport . . . . .</b>	<b>112</b>
<i>Tulenov Aidarali Tulenovich, Gorskaya Nataliya Aleksandrovna, Aitmukhamed Sagimbekovich Junusbekov, Tortbayeva Dinara Ryskulbekovna</i>	
Operational car safety allowance optimization. . . . .	112
<b>Section 11. Chemistry . . . . .</b>	<b>116</b>
<i>Byk Mykhaylo Volodumurovich, Linucheva Olga Volodumurivna, Hulian Roman Ivanovuch, Hulian Alina Oleksandrivna, Redko Raisa Makarivna</i>	
Die funktionale Mehrfachbeschichtung der Oberfläche von quarzartigen Resonatoren . . . . .	116
<i>Kazimzadeh Ali Kazim oglu, Nagiyeva Elmira Ali gizi, Farzaliyev Vagif Madjid oglu, Gadirov Ali Ashraf oglu, Mammadova Rakhila Amiraslan gizi</i>	
Modified sulphurcontaining alkylphenolate additive to motor oils . . . . .	120
<i>Mamedov Elnur Shamkhal oglu, Veliyeva Dilara Safar kizi, Kulibekova Tamilla Nasraddin kizi, Safaraliyeva Zubeyda Sabir kizi, Guseynova Sara Enver kizi</i>	
The synthesis of 1,4-dithienes on the base of cycling ketones . . . . .	123
<i>Khagani Farzulla ogli Mamedov</i>	
Directions of the formation and development of the theory of chain reactions. Description of the revealed chain reactions occuring in gas, liquid, amorphous and solid phases . . . . .	125

**Section 12. Electrical engineering .....135**

*Fedotov Alexander Ivanovitch, Akhmetshin Azat Rinatovich,*

*Vagapov Georgii Valerianovich, Chernova Natalia Vladimirovna*

Techniques for improving the quality of electricity on the basis of reactive power compensation ..... 135

*Dubrovin Viktor Stepanovych, Zyuzin Alexey Mikhailovich*

The use of controlled filter to reduce non-linear distortion in the quadrature generators  
of harmonic signals. .... 140