ISSN 2413-5291

НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ УЧЕНЫХ (НАУ)
DOI: 10.31618/NAS.2413-5291.2020.1.57

Ежемесячный научный журнал №57 / 2020 1 часть

Редакционный совет

Ответственный редактор – д.ю.н.Чукмаев А.И.
Секретарь конференции – к.ф.н. Варкумова Е.Е.
Редакционная коллегия
Сорновская Н.А.
Кажемаев А.В.
Каверин В.В.
Каримов П.Б.
Свистун А.А.
Селиктарова К.Н.
Артафонов В.Б.
Самиров А.И.
Семипалов С.А.
Новицкая О.С.

Ответственный редактор

Чукмаев Александр Иванович

Доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права.

(Астана, Казахстан)

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.Материалы публикуются в авторской редакции.

Адрес редакции: 620144, г. Екатеринбург, улица Народной Воли, 2, оф. 44

Адрес электронной почты: info@national-science.ru
Адрес веб-сайта: http://national-science.ru/

Учредитель и издатель Общество с ограниченной ответственностью

"Евразийское Научное Содружество"

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии 620144, г. Екатеринбург,
улица Народной Воли, 2, оф. 44

Редакционный совет

Ответственный редактор – д.ю.н.Чукмаев А.И.
Секретарь конференции – к.ф.н. Варкумова Е.Е.
Редакционная коллегия
Сорновская Н.А.
Кажемаев А.В.
Каверин В.В.
Каримов П.Б.
Свистун А.А.
Селиктарова К.Н.
Артафонов В.Б.
Самиров А.И.
Семипалов С.А.
Новицкая О.С.

Художник: Венерская Виктория Александровна

Верстка: Коржев Арсений Петрович

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Международные индексы:

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Бугеро Н.В., Ильина Н.А.
ОЦЕНКА ФАКТОРОВ ПЕРСИСТЕНЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ 4

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

Первышин Н.А.
ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЧИСЛЕННОСТИ И ВОЗРАСТНО-ПОЛОВОГО СОСТАВА НАСЕЛЕНИЯ Г. САМАРА В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА 7
Розенфельд И.И.
ОЦЕНКА ОСЛОЖНЕНИЙ И РЕЦИДИВОВ ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДИК АЛЛОПЛАСТИКИ ГРЫЖЕВОГО ДЕФЕКТА ПИЩЕВОДНОГО ОТВЕРСТИЯ ДИАФРАГМЫ 11
Розенфельд И.И.
ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ИМПЛАНТАТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ АЛЛОПЛАСТИКЕ ХИАТАЛЬНЫХ ГРЫЖ 13
Розенфельд И.И.
ЛЕЧЕНИЕ ГАСТРОЭЗОФАГЕАЛЬНОЙ РЕФЛЮКСНОЙ БОЛЕЗНИ И МАЛЫХ ХИАТАЛЬНЫХ ГРЫЖ 15

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Попова У.Е.
ЕСТЕСТВЕННОЕ ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ НА РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ ЛАНДШАФТНЫХ РУБОК В АРХАНЕГЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ 18

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Васильев Ф.П.
ТРАНСПОРТНОМУ ПРАВУ БЫТЬ? 22
Драгомиров С.Г., Эйдель П.И., Гамаюнов А.Ю., Драгомиров М.С., Кулешов И.В.
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО УРОВНЯ ТЕХНОЛОГИЙ ФИЛЬТРАЦИИ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ 26
Кязим-Заде А.К.
СИММЕТРИЯ, АСИММЕТРИЯ И ДИССИМЕТРИЯ УЗОРОВ, ОРНАМЕНТОВ АЗЕЕРБАЙДЖАНСКИХ КОВРОВ 31
Миловидова А.А., Порымов И.Е.
ОПТИМИЗАЦИЯ РАСЧЁТА БАЛАНСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 35
Сошников А.В.
УПОРЯДОЧЕНИЯ РАБОТ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРИ НАЛИЧИИ ПЕРЕНАЛАДОК ОБОРУДОВАНИЯ 40
Сошников А.В.
ЭКСПРЕСС-МЕТОД СОКРАЩЕНИЯ ПОТЕРЬ ВРЕМЕНИ НА ПЕРЕНАЛАДКИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ СМЕНЕ АССОРТИМЕНТА ПРОДУКЦИИ 43
Бабенко В.В., Хайченко И.А., Нефедов Ю.В.
ОСОБЕННОСТИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЯХ И СИСТЕМАХ 48
Ямских А.А., Енджиевская И.Г.
ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ВИБРОПРЕССОВАННЫХ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ 52

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Тураев А.А.
ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДАТЧИКА НА ПОЛЕВОМ ТРАНЗИСТОРЕ 56
Маматов А.З., Досанов М.С., Рахмонов Ж.Т., Турдибоев Д.Х.
ОДНА ЗАДАЧА ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ТИПА С ДИВЕРГЕНТНОЙ ГЛАВНОЙ ЧАСТЬЮ 59
Хорошев И.А., Дождиков В.И.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ СТРУКТУРЫ НА ПОВЕРХНОСТИ И В ЦЕНТРЕ НЕПРЕРЫВНОЛИТОГО СЛИТКА 63
Shlyakhtenko P.
NON-DESTRUCTIVE METHOD FOR CONTROLLING THE SURFACE DENSITY OF THIN FIBROUS MATERIALS 66
Юров В.М., Гученко С.А., Маханов К.М.
НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБЛУЧЕНИЕ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ 70

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Шамсутдинова М.Х., Ташлигов Н.Р., Курбанов Ю.Я.
СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ КОБАЛЬТА(II) С ПРОИЗВОДНЫМИ БЕНЗОКСАЗИНОВ 75

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ ПЕРСИСТЕНЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ

Бугеро Нина Владимировна
доктор биологических наук, профессор
Псковский государственный университет
г. Псков
Ильина Наталья Анатольевна
доктор биологических наук, профессор
Псковский государственный университет
г. Псков

ASSESSMENT OF MICROBIAL PERSISTENCE FACTORS

Bugero Nina Vladimirovna
doctor of biological Sciences, professor
Pskov state University, Pskov
Ilina Natalia Anatolyevna
doctor of biological Sciences, professor
Pskov state University, Pskov

АННОТАЦИЯ

В работе приведены данные о динамике персистентных характеристик (АЛА, АГА и АЛфА) энтерококков в процессе сокультивирования с простейшими Blastocystis hominis. Обнаружение персистентных характеристик энтерококков в монокультуре и изменение их показателей при сокультивировании с простейшими бластоцистами пополняет изучаемый спектр механизмов, обеспечивающих симбиотические связи в протозойно-бактериальных ассоциациях.

ABSTRACT

The paper presents data on the dynamics of persistent characteristics (ALA, AGA and alpha) of enterococci in the process of co-cultivation with the simplest Blastocystis spp. The detection of persistent characteristics of enterococci in monoculture and changes in their indicators during co-cultivation with protozoan blastocysts adds to the studied range of mechanisms that provide symbiotic connections in protozoan-bacterial associations.

Ключевые слова: Blastocystis hominis, энтерококки, симбиотические связи, персистенция, антилизоцимная, антигистоновая, антилактоферриновая активности.

Keywords: Blastocystis hominis, enterococci, symbiotic relationships, persistence, anti-lysozyme, antihistone, anti-lactoferrin activity.

Введение. В последние десятилетия различными научными школами простейшие изучаются как хозяева возбудителей ряда инфекционных заболеваний [4,с.13].

Анализ литературных данных и наши собственные исследования показали, что довольно часто в микробиоценозах кишечника человека разных групп населения встречаются простейшие Blastocystis hominis, которые активно принимают участие в формировании паразитоценоза. Доказано, что наличие бластоцист в кишечнике в ассоциации с другими микроорганизмами могут приводить к различным формам дисбактериоза [7,с.97].

Проведенные нами исследования показали, что довольно часто у людей инвазированных бластоцистами выявляются бактерии рода *Enterococcus (E.faecalis*), входящие в состав нормальной микрофлоры пищеварительного тракта человека, играя важную роль в обеспечении колонизационной резистентностью слизистых. В то же время они являются представителями группы условно-патогенных бактерий, способных вызывать аутоинфекцию.

Выявлена возможность поддержания численности ряда бактерий при взаимодействии с простейшими и регуляции в результате внутриклеточного паразитирования некоторых их свойств, в частности к устойчивости фагоцитоза [2,с.178], антилизоцимной активности и др. Однако сведения об усилении факторов персистенции бактерий в результате взаимодействия с простейшими носят отрывочный характер. Это обстоятельство определило актуальность изучения роли персистентных свойств бактерий рода *Enterococcus* в ассоциации с простейшими бластоцистами.

Материалы и методы. В настоящей работе использованы 90 штаммов *Enterococcus faecalis* и 118 штаммов *Blastocystis hominis*, выделенных от людей с патологией кишечника и желчевыводящих путей. Данные штаммы были определены для исследования как наиболее часто встречающиеся сочетания условно- патогенных бактерий с простейшими *B. hominis.* Используемые штаммы бактерий были идентифицированы по морфологическим, тинкториальным и

биохимическим свойствам с помощью коммерческих тест-систем фирмы «Lachema» (Чехия). Выявление бластоцист производили в ходе микробиологического анализа испражнений людей. Для культивирования бластоцист использовали среду Suresh (1993). По описанным методикам изучали наличие у энтерококков факторов персистенции: антилизоцимной (АЛА) [1,с.27-39], антилактоферриновой (АЛфА) [3,с.64-67] и антигистоновой активности (АГА) [6,с.35-40] в монокультуе и при сокультивировании с простейшими бластоцистами.

Достоверность выявленных различий оценивали с использованием критерия Стьюдента [5,с.257].

Результаты и их обсуждения. Анализ выраженности персиситентных характеристик у штаммов *E.faecflis* показал, что более 80% (70) культур обладают АЛА. Среднее значение АЛ признака составило 2,3±0,02 мкг/мл. На долю штаммов с высокими значениями признака (2,7±0,05 мкг/мл) приходилось 28,5% (20) культуры, со средними и низкими значениями (2,1±0,02 мкг/м и 1,7±0,03мкг/мл), что составило 38,5% (27) и 33,0% (23) культура соответственно.

Из 90 исследуемых культур *E.faecalis* 87 (97%) обладали антилактоферриновой активностью. Выраженность АЛфА в популяциях *E.faecalis* колебалась в пределах 54-121 нг/мл (табл/ 1).

Таблица 1.

Частота встречаемости и выраженность АЛфА штаммов *E.faecalis*

Показатели АЛфА (нг/мл)	Обследуемые лица	
	Количество штаммов, обладающих АЛфА	% штаммов, обладающих АЛфА
54-70	13	15,0
71-86	55	48,3
87-121	19	36,7
Всего штаммов	87	100

Максимальные значения антилактоферриновой активности (87-121±0,05 нг/мл проявляли 36,7% штаммов *E.faecalis.* Средними значениями изучаемого признака, равной 71-86±0,03 нг/мл, обладало 48,3% штаммов энтерококков. Минимальные показатели АЛфА (54-70±0,01 нг/мл) отмечены у 15% исследуемых культур.

При анализе АГА энтерококков установлено, что этот признак проявлялся не у всех штаммов исследуемых культур *E.faecalis* и был обнаружен лишь в 30% случаев (26 штаммов). Большая часть культур *E.faecalis* имела средние и низкие значения изучаемого признака, их величина составила 2,8-4,0±0,05 мкг/мл – 15 культур (57,7%) и 1,7-2,8±0,05 мкг/мл – 11 культур (42,3%) соответственно.

В качестве воздействующих культур были выбраны штаммы простейших *B.hominis,* выделенные из фекалий больных с заболеваниями кишечника и желчевыводящих путей. Чистые культуры бластоцист проявляли антилизоцимную активность в пределах 2 - 5 мкг/мл, антилактоферриновую от 62-302 нг/мл и антигистоновую активность от 4,3 до 7,1 мкг/мл.

Сокультивирвание простейших и бактерий энтерококков проводили в течение 36 часов, затем анализировали изменение персистентных свойств микроорганизмов.

При сокультивировании с простейшими бластоцистами антилизоцимная активность *E.faecalis* составила в среднем 2,7+0,02 мкг/мл ($p<0,01$) (до сокультивирования показатель был равен 2,3±0,02 мкг/мл). В 75,7% наблюдалось повышение свойства в среднем в 2,8 раза, снижение способности в 1,8 раза к инактивации лизоцима проявилось у 18,3 (6,71%) штаммов энтерококков от исходного уровня ($p<0,05$), без явных изменений оставались 6% исследуемых культур энтерококков.

Динамика изменения АЛфА показала следующие результаты. У штаммов *E.faecalis* до начала эксперимента АЛфА проявлялась на уровне 56-121 нг/мл. В популяции этих бактерий, выделенных из сокультивировавшихся с ними простейших B.hominis, регистрировались штаммы с уровнем АЛфА 63±0,02 нг/мл – 87±0,02 нг/мл (10%) культур, 87±0,02 нг/мл – 111±0,05 нг/мл (20%) культур, 111±0,05 нг/мл – 134±0,07 нг/мл (50%) штаммов и индифферентный эффект имели 20,0% *E.faecalis* . Как показывают данные эксперимента повышение свойства происходило более, чем у 80% культур. В результате сокультивирования *E.faecalis* с бластоцистами штаммы бактерий повышали свою активность, в то время как снижение значений изучаемого признака не происходило.

Антигистоновая активность *E.faecalis* при сокультивировании с бластоцистами повышалась, в среднем, до 4,5±0,05 мкг/мл (до сокультивирования показатель был равен 3,2±0,02 мкг/мл) ($p>0,05$). Повышение АГА отмечалось у 17 культур (65,3%) из 26, обладающих АГА до сокультивирования с бластоцистами от исходного значения, снижение признака - у 7 штаммов (27,0%) ($p<0,05$) и 2 штамма (7,7%) культуры проявляли индифферентный характер в отношении АГА.

Заключение. Таким образом, обнаруженная нами в процессе сокультивирования с простейшими бластоцистами динамика персистентных характеристик (АЛА, АГА и АЛфА) бактерий энтерококков говорит о механизме взаимодействия в системе типа эукариот – прокариот, позволяющих энтерококкам сохраняться и накапливаться в протозойно-бактериальных ассоциациях. С этой точки зрения наличие антилизоцимной, антилактоферриновой и

антигистоновой активности у бактерий-ассоциантов простейших обеспечивает им защиту от лизоцима, белков – лактоферрина и гистонов эукариот, способствует реализации межмикробных взаимодействий. Обнаружение персистентных характеристик энтерококков в монокультуре и изменение их показателей при сокультивировании с простейшими бластоцистами пополняет изучаемый спектр механизмов, обеспечивающих симбиотические связи в протозойно-бактериальных ассоциациях.

Список литературы.

1. Бухарин О.В. Метод определения антилизоцимной активности микроорганизмов // Журнал микробиология. 1984. №2. С.27-39.

2. Бухарин О.В. Микросимбиоценоз. Екатеринбург, 2014. 260 с.

3. Бухарин О.В. Персистенция патогенных бактерий. –М.: Медицина, 1999.

4. Грицюк, О.В., Продеус, Т.В., Максимова, М.С., Садыкова, В.Д. «О вариабельности изолятов *Blastocystis species,* поддерживаемых *in vitro*» // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2017. № 3. С. 12–18.

5. Лакин Г.Ф. Биометрия (учебное пособие для биологических специальностей университетов) – М., высшая школа, 1990.

6. Немцева Н.В., Плотников А.О., Яценко-Степанова Т.Н. и др. Вестник ОГУ. 2005, 5 (43): 35 – 40. Новый метод определения антилактоферриновой активности микроорганизмов // Журн. Микробиол. – 2003. -№4. – С.64-67.

7. Потатуркина-Нестерова Н.И., Квасова Н.А., Нестеров А.С. Бластоцистная инвазия и дисбактериоз кишечника (монография) // г. Ульяновск: УлГУ, 2003. 211 с.

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЧИСЛЕННОСТИ И ВОЗРАСТНО-ПОЛОВОГО СОСТАВА НАСЕЛЕНИЯ Г. САМАРА В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

Первышин Николай Александрович
Врач-эндокринолог ГБУЗ Самарской области
«Самарская городская поликлиника № 4 Кировского района»

DEMOGRAPHIC ANALYSIS OF THE NUMBER AND AGE-SEX COMPOSITION OF THE POPULATION OF SAMARA AT THE BEGINNING OF THE XXI CENTURY

Nikolai A. Pervyshin
endocrinologist of GBUZ Samara region
"The Samara city policlinic No. 4 of Kirovsky district"
DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.1.57.259

АННОТАЦИЯ

Обоснование: приоритетное значение для анализа общих тенденций динамики демографических процессов в РФ имеет исследование медико-демографических показателей в территориях, имеющих важное экономическое значение для эффективного функционирования и развития территориальных промышленных комплексов (производств). Углубленное изучение демографической ситуации в г. Самара за период 1990 по 2018 гг. позволяет выявить факторы, оказывающие влияние на заболеваемость и смертность трудоспособного населения в регионе, а также определить актуальные направления совершенствования и развития медицинского обслуживания.

Цель: провести анализ численности и возрастно-полового состава населения г. Самара за период с 1990 по 2018 гг., определить основные демографические факторы, оказывающие влияние на заболеваемость и смертность трудоспособного населения в регионе.

Материалы и методы: изучение демографических процессов осуществлялось на основе официальных данных Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Самарской области, а также по данным демографического ежегодника РФ и Самарской области.

Результаты: выявлена устойчивая тенденция к снижению общей численности населения г. Самара во втором десятилетии XXI века; преобладание женского населения над мужским; регрессивный тип формирования возрастной структуры населения, тенденция к повышению доли лиц младше трудоспособного возраста, а также к значительному увеличению экономико-демографической нагрузка (дети и пожилые) на трудоспособное население региона.

Выводы: анализ динамики соотношения возрастных групп населения г. Самара свидетельствует, что в начале 21 века количество детей, рождённых постоянно живущим населением города, увеличивается, как и доля лиц старше трудоспособного возраста. При этом показатель численности трудоспособного населения в регионе выше, чем в среднем по РФ и Самарской области, что говорит в пользу промышленного развития г. Самара. Отмечена тенденция к повышению общей экономико-демографической нагрузки на трудоспособное население, но это увеличение в большей мере происходит за счет детей, чем за счет пожилых людей, что можно расценить как позитивный фактор экономического развития города.

ABSTRACT

Background: priority for the analysis of General trends in the dynamics of demographic processes in the Russian Federation is the study of medical and demographic indicators in territories that are important for the effective functioning and development of territorial industrial complexes (productions). An in-depth study of the demographic situation in the city of Samara for the period 1990 to 2018 allows us to identify factors that affect the morbidity and mortality of the working-age population in the region, as well as to determine the current directions for improving and developing medical services.

The aim: to analyze the number and age-sex composition of the population of the city of Sa-Mar for the period from 1990 to 2018, to determine the main demographic factors that affect the morbidity and mortality of the working population in the region.

Materials and methods: the study of demographic processes was carried out on the basis of official data of the Territorial body of the Federal state statistics service for the Samara region, as well as data from the demographic Yearbook of Samara.

Results: a steady decline in the total population of the city of Samara in the second decade of the XXI century; the predominance of the female population over the male; a regressive type of formation of the age structure of the population, a tendency to increase the share of people under the working age, as well as a significant increase in the economic and demographic burden (children and the elderly) on the working population of the region.

Conclusion: analysis of the dynamics of the ratio of age groups in the city of Samara shows that at the beginning of the 21st century, the number of children born to permanent residents of the city is increasing, as is

the proportion of people older than working age. At the same time, the index of the working-age population in the region is higher than the average for the Russian Federation and the Samara region, which is in favor of the industrial development of Samara. There is a tendency to increase the overall economic and demographic burden on the working-age population, but this increase is more due to children than to the elderly, which can be regarded as a positive factor in the economic development of the city.

Ключевые слова: демографическая ситуация; город Самара; возрастно-половой состав населения.

Keywords: demographic situation; the city of Samara; age and gender composition of the population.

ОБОСНОВАНИЕ: научная дисциплина демография изучает численность, территориальное размещение и состав населения, закономерности их изменений на основе социальных, экономических, а также биологических и географических факторов (М.С. Бедный, 1979) [1]. Демографическое исследование предусматривает два основных этапа: первый - изучение статики народонаселения и второй - динамики (движения) народонаселения. Единицей совокупности в демографии является человек, который обладает множеством признаков - пол, возраст, семейное положение, образование, род занятий, национальность и так далее. Статика населения - это численность и состав населения на определенный момент времени, который может быть исследован по различным признакам: пол, возраст, место жительства, географическое размещение, и так далее.

Для анализа общих тенденций формирования демографических процессов в РФ приоритетное значение имеет исследование медико-демографических показателей в территориях, имеющих важное экономическое значение для эффективного функционирования и развития территориальных промышленных комплексов (производств). Углубленное изучение демографической ситуации в г. Самара за период 1990 по 2018 гг. позволяет оценить факторы, оказывающие влияние на заболеваемость и смертность трудоспособного населения в регионе, а также определить актуальные направления совершенствования и развития медицинского обслуживания на амбулаторном этапе.

ЦЕЛЬ: провести анализ численности и возрастно-полового состава населения г. Самара за период с 1990 по 2018 гг., определить основные демографические факторы, оказывающие влияние на заболеваемость и смертность трудоспособного населения в регионе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: изучение демографических процессов осуществлялось на основе официальных публикаций Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Самарской области, а также по данным статистических ежегодников РФ и Самарской области [2, 3, 4, 5, 6].

РЕЗУЛЬТАТЫ: Самарская область — субъект РФ, входит в состав Приволжского федерального округа, административный центр — город Самара.

Таблица 1

Численность населения РФ, Самарской области, г. Самара в 1990-2018 гг. (тысяч человек)

Территория	Численность населения			Динамика численности населения (в %) к 2000 г.
	1990 г.	2000 г.	2018 г.	
РФ	147662	145559	146880	+0,91
Самарская область	3247,3	3275,8	3183,0	-2,28
г.о. Самара	1225,1	1174,2	1156,6	-1,50

Согласно представленным в таб. 1 данным, можно отметить, что в период с 1990 по 2018 гг. численность населения снижалась как в г. Самара (- 1,50 %), так и в Самарской области (- 2,51%). В целом в РФ за этот период отмечен незначительный рост численности населения (+ 0,91%).

Таблица 2

Распределение населения г. Самара по полу и возрастным группам в 2018 г. (человек)

Возраст (лет)	Все население		
	мужчины и женщины	мужчины	женщины
Все население	1156644	515172	641472
0-4	71335	36494	34841
5-9	61468	31725	29743
14-10	50241	25827	24414
15-19	47673	24827	22846
20-24	50865	25934	24931
25-29	85886	42043	43843

30-34	107656	52077	55579
35-39	94672	44722	49950
40-44	86413	39497	46916
45-49	78133	35944	42189
50-54	68647	30743	37904
55-59	80628	33486	47142
60-64	79743	31095	48648
65-69	71248	25541	45707
70-74	43891	14557	29334
75-79	33392	9724	23668
80-84	27339	7052	20287
85-89	11374	2533	8841
90-94	5131	1116	4015
95-99	702	177	525
100 и более	207	58	149
моложе тр/сп. возраста	193218	99239	93979
трудоспособного возраста	643257	324080	319177
старше тр/сп. возраста	320169	91853	228316

Анализ половозрастного состава населения г. Самара в 2018 г. свидетельствует о том, что мальчиков рождается в городе больше, чем девочек, и это преимущество сохраняется до 20 - 24 лет (по официальный данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Самарской области). Так, в возрасте от 0 до 4 лет преимущество мальчиков над девочками составляет 2,3%, а возрасте 20 - 24 лет– только 1,2%. Начиная с 25-летнего возраста женщины преобладает над мужчинами, и данная тенденция сохраняется до 70 лет и старше (таб. 2).

Таблица 3

Численность мужчин и женщин в РФ, Самарской области и г. Самара в 2018 г. (человек, доля в общей численности, %)

Города и районы	Численность постоянного населения, человек	Мужчины		Женщины	
		abc	%	abc	%
Российская Федерация	146780720	68096427	46,4	78684293	53,6
Самарская область	3183038	1456295	45,8	1726743	54,2
г. Самара	1156644	515172	44,5	641472	55,5

В таб. 3 представлен сравнительный анализ численности мужчин и женщин в РФ, Самарской области и г. Самара в 2018 г. Можно отметить, что доля мужчин в общей численности населения в г. Самара несколько ниже, чем в Самарской области и РФ.

Таблица 4

Соотношение мужчин и женщин г. Самара по возрастным группам в 2015-2018 гг. (число женщин на 1000 мужчин соответствующей возрастной группе)

Категория	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Всё население:	1244	1245	1246	1246
Моложе трудоспособного возраста (дети)	942	943	945	947
Трудоспособный возраст	995	991	989	987
Старше трудоспособного возраста	2550	2532	2519	2510

В таблице 4 представлен углубленный анализ соотношения мужчин и женщин г. Самара по возрастным группам в последние годы (период с 2015 по 2018 гг.). Для населения города характерно преобладание женщин с незначительными колебаниями за исследуемый период. В возрасте моложе трудоспособного доля женщин к 2018 г. незначительно увеличилась, в трудоспособном снизилась на 1%, старше трудоспособного снизилась на 2,5%.

Таблица 5

Количество лиц женского пола в возрасте до 1 года в г. Самара в 2015-2018 гг. (человек)

Годы	Количество женщин в возрасте до 1 года	Увеличение показателя по отношению к 2015 г.
2015 г.	7014	–
2016 г.	7628	8,8 %
2017 г.	7837	11,7 %
2018 г.	6559	-6,5 %

Таб. 5 отражает количество девочек в возрасте до 1 года в г. Самара в 2015-2018 гг. Можно отметить, что данный показатель снизился относительно 2015 г. на 6,5 %, что можно расценивать как негативную тенденцию ввиду того, т.к. это должно привести к снижению рождаемости через 15 лет, когда эти девочки достигнут фертильного и трудоспособного возраста.

Средний возраст у мужчин г. Самара в 2018 г. составлял 37,3 года, а у женщин почти 43,7 года; в РФ у мужчин 37,3 года, у женщин – 42,4 года.

Таблица 6

Распределение населения по основным возрастным группам в РФ, Самарской области и г. Самара в 2018 г. (человек, доля в общей численности, %).

Территория	Числен-ность населе-ния, человек	Моложе трудоспособного возраста		Трудоспособного возраста		Старше трудоспособного возраста	
		abc	%	abc	%	abc	%
РФ	146780720	27430000	18,7	81362000	55,4	37989000	25,9
Самарская область	3183038	556312	17,5	1748097	54,9	878629	27,6
г. Самара	1156644	193218	16,7	643257	55,6	320169	27,7

В таблице 6 представлено распределение населения по основным возрастным группам в РФ, Самарской области и г. Самара. В 2018 г. доля трудоспособного населения в РФ составляла 55,4%, в г. Самара 54,9%, моложе трудоспособного 18,7% в РФ, в г. Самара 16,7%, старше трудоспособного 25.9% в РФ, в г. Самара 27,7%, что позволяет сделать вывод об идентичном распределении возрастных групп прослеживаются РФ и в регионе в последние годы.

Таблица 7

Распределение населения по возрастным группам населения в г. Самара в 2015, 2018 гг. (абсолютное число, человек, доля в общей численности, %)

Возрастные группы	2015 г.		2018 г.		Изменение соотношения возрастных групп, в % 2018 г. к 2015 г.
	Кол-во, чел.	%	Кол-во, чел.	%	
Дети (0-14 лет)	172030	14,7	193218	16,7	+ 2,0
Трудоспособные (15-59 лет)	692459	59,1	643257	55,6	– 3,5
Старше трудоспособного (60 и более лет)	307401	26,2	320169	27,7	+ 1,5

При анализе динамики возрастного состава населения г. Самара за последние годы обращает на себя внимание убыль трудоспособного контингента, которая составила 49,2 тыс. чел. (-3,5 %) при существенном росте контингента моложе трудоспособного возраста на 21,2 тыс. чел. (+ 2,0%), а также старше трудоспособного возраста на 12,8 тыс. чел. (+1,5 %) (таб.8), т.е. происходит постарение населения.

С целью определения экономико-демографической нагрузки на трудоспособное население в г. Самара проведён расчёт по методике Миловидова А.С., (Миловидов А.С., 1983) [7]. Показатель рассчитывается как относительные

суммы численности детей и лиц старше трудоспособного возраста к численности трудоспособного населения.

Таблица 8

Экономико-демографическая нагрузка нетрудоспособным контингентом в г. Самара в 2015, 2018 гг. (человек на 1000 трудоспособного населения)

	2015 г.	2018 г.
Нагрузка детьми	248	300
Нагрузка пожилыми	444	498
Нагрузка детьми и пожилыми	692	798

В 2018 г. по сравнению с 2015 г. экономическая нагрузка детьми повысилась на 21,0%, а лицами старше трудоспособного возраста на 12,1%. В итоге экономическая нагрузка на трудоспособное население за исследуемый период увеличилась на 15,3% (табл. 8).

ВЫВОДЫ: таким образом, численность населения г. Самара во втором десятилетии XXI века продолжает снижаться. Мужчин в городе проживает 44,5%, а женщин – 55,5%, т.е. женщин больше, чем мужчин, что, в свою очередь, может способствовать повышению рождаемости. Этот показатель выше, чем в РФ.

В г. Самара имеются возрастно-половые особенности населения: мальчиков рождается больше, чем девочек. Такая ситуация сохраняется до 25 лет, затем количество женщин преобладает, и эта тенденция сохраняется далее во всех возрастах. Возрастные группы населения г. Самара формируются по регрессивному типу: дети – 16,7%; трудоспособное население – 55,6%, лица старше трудоспособного возраста – 27,7%. Анализ возрастных групп населения свидетельствует, что в начале 21 века количество детей, рождённых постоянно живущим населением города, увеличивается (+ 2%), как и доля лиц старше трудоспособного возраста (+ 1,5%). При этом показатель численности трудоспособного населения в регионе выше, чем в среднем по РФ и Самарской области, что говорит в пользу промышленного развития г. Самара.

Абсолютное значение экономико-демографической нагрузки (дети и пожилые) на трудоспособное население составляет 798 ‰. При этом отмечается положительная демографическая тенденция: значительное увеличение группы лиц моложе трудоспособного возраста, что в перспективе (при достижении 15 лет) будет увеличивать группу трудоспособного населения. Отмечена тенденция к повышению общей экономико-демографической нагрузки на трудоспособное население за исследуемый период, но это увеличение в большей мере происходит за счет детей, чем за счет пожилых людей, что можно расценить как позитивный фактор экономического развития города.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бедный М.С. Демографические процессы и прогнозы здоровья населения. // М.: Статистика, 1972. – 303 с.
2. Российский статистический ежегодник. 2000: Стат. сб. // Госкомстат, Москва, 2000. – Р 76 М., 2000. – 847 с.
3. Российский статистический ежегодник. 2019: Стат. сб. // М., Росстат, 2019. – 708 с. https://www.gks.ru/folder/210/document/12994
4. Демографический ежегодник России. 2019: Стат. сб. // М., Росстат, 2019. - 252 с.
5. Самарский статистический ежегодник. 2001: Стат. сб.// Областной комитет статистики 2001 г. - 300с.
6. Самарский статистический ежегодник. 2018: Стат. сб.// Самарастат.- С 17 С., 2019. – 355с
7. Миловидов А.С. Годы жизни и годы труда. // М.: Финансы и статистика, 1983. – 118 с.

Автор, ответственный за переписку:

Первышин Николай Александрович*, врач-эндокринолог ГБУЗ СО «Самарская городская поликлиника №4 Кировского района» [**Nikolai A. Pervyshin**, endocrinologist]; адрес: Россия, 443092, Самара, ул. Свободы, д. 175 [address: 175 Freedom St., 443092 Samara, Russia], телефон 8 (902) 371-09-25; **ORCID:** http://orcid.org/0000-0002-9609-2725; **Scopus Author ID:** 57206472271; **eLibrary SPIN**: 1484-3920

ОЦЕНКА ОСЛОЖНЕНИЙ И РЕЦИДИВОВ ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДИК АЛЛОПЛАСТИКИ ГРЫЖЕВОГО ДЕФЕКТА ПИЩЕВОДНОГО ОТВЕРСТИЯ ДИАФРАГМЫ

Розенфельд И.И.
ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России,
город Тверь, Россия
DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.1.57.255

Цель исследования: проведение обзора современной литературы по применению различных методик аллопластики, выявление различных послеоперационных осложнений и рецидивов. Анализ показаний к проведению аллопластики.

Аллопластика пищеводного отверстия диафрагмы может быть выполнена по 4 основным методикам.

Наиболее распространенная методика — «onlay» — усиление задней крурорафии, то есть подшивка сетки прямоугольной, треугольной или V – образной формы к обеим ножкам диафрагмы после их сшивания позади пищевода.

В обзоре Furnee E. J. B. и соавторов, которые выполнили 924 операции, эта методика использована в 90% случаев [1].

В опросе Frantzides C. T. и соавторов методика «onlay» использована в 87% пластик грыж диафрагмы. Преимуществом методики являются лучшие результаты в плане профилактики рецидива, так как она наиболее биомеханически физиологическая, недостатками её служат: контакт переднего края сетки с пищеводом и развитием послеоперационных осложнений, особенно, если используется жёсткий полипропиленовый имплантат, а также невозможность пластики дефекта впереди пищевода [2].

Вторая распространённая методика — «inlay» — ненатяжная пластика, при которой имплантат треугольной формы устанавливается позади пищевода между ножками диафрагмы без их сшивания [3]. Преимущество: возможность пластики гигантских грыжевых дефектов, где невозможно надёжно сшить атрофические и расположенные на большом расстоянии друг от друга ножки диафрагмы [4].

Недостатками пластики «inlay» являются ещё большая, чем при методике «onlay», возможность непосредственного контакта переднего края сетки с пищеводом и развитием послеоперационных осложнений, особенно, если используется жёсткий полипропиленовый или политетрафторэтиленовый имплантат, и высокая вероятность рецидива за счёт менее прочной однослойной пластики, а также пролабирование переднего свободного края имплантата. Поэтому в клинических рекомендациях «SAGES» по лечению грыж пищеводного отверстия диафрагмы сказано, что данную методику применять нельзя [5].

Третья методика является модификацией первой и заключается в «onlay» усилении крурорафии цельной сеткой квадратной или округлой формы с разрезом в виде замочной скважины вокруг пищевода или отдельно сшитых между собой полукруглых участках впереди и сзади от пищевода. Преимуществом является возможность пластики дефекта не только позади пищевода, но и впереди его. Недостатком «onlay» усилении крурорафии цельной сеткой — большая частота послеоперационных осложнений из-за циркулярного столкновения имплантата с пищеводом, что усиливается сморщиванием сетки, особенно при использовании жёстких полипропиленовых имплантатов [6].

В исследовании Targarona E. M. и соавторов, где использовалась такая методика, частота дисфагии составила 62% [7].

Четвертой хирургической техникой является разработанная методика «sublay» — усиление задней крурорафии, или двухслойной аллопластики, при которой имплантат треугольной формы подшивается позади пищевода к ножкам диафрагмы с обеих сторон, затем ножки сшиваются между собой, полностью изолируя сетку от контакта с пищеводом [8].

Имея опыт применения этого способа с использованием облегчённых сетчатых частично рассасывающихся имплантатов «Ultrapro», можно охарактеризовать её как наиболее безопасную за счёт отсутствия контакта сетки с пищеводом, и в то же время эффективную в плане профилактики анатомических рецидивов [9].

По мнению большинства авторов, основным показанием к аллопластике является размер грыжевого дефекта [10]. Однако, ни чётких показаний в зависимости от размеров дефекта, ни универсальной методики его измерения, ни соответствующей классификации в настоящее время в мировой литературе нет, в том числе даже в последних обзорах и различных клинических рекомендациях, то есть источниках II уровня доказательности и высокого уровня рекомендаций.

В клинических рекомендациях по лечению грыж пищеводного отверстия диафрагмы «SAGES» указано, что увеличение площади грыжевого дефекта является независимым предиктором развития рецидивов.

Заключение: проведён обзор различных современных методик выполнения аллопластики, выявлены основные послеоперационные осложнения и возможные рецидивы. Рассмотрены показания к проведению аллопластики. Выявлено, что оптимальная методика аллопластики при больших и, особенно, при гигантских грыжах пищеводного отверстия диафрагмы, которая препятствовала бы анатомическому рецидиву, и в то же время не вызвала бы пищеводное осложнение не определена.

Можно предположить следующие пути решения этих проблемных вопросов: разработка эффективных и в то же время безопасных методик аллопластики больших и гигантских грыж пищеводного отверстия диафрагмы, наличие чётких показаний к аллопластике дефекта в зависимости от размера грыжевого дефекта.

Эти задачи могут быть реализованы путём тщательного ретроспективного сравнительного анализа большого клинического материала и проведения проспективного рандомизированного исследования.

Литература:

1. Furnee E. J. B. The use of mesh in laparoscopic large hiatal hernia repair: a survey of European surgeons / E. J. B. Furnee, C. D. Smith, E. J. Hazebroek // Surgical laparoscopy, endoscopy and percutaneous techniques. — 2015 — Vol. 4 — P. 307–311.

2. Frantzides C. T. Hiatal hernia repair with mesh: a survey of «SAGES» members / C. T. Frantzides, M. A. Carlson, S. Loizides // Surgical endoscopy. — 2010. Vol. 5 — P. 1017–1024.

3. Грубник В. В. Критические аспекты лапароскопической хирургии гастроэзофагеальной рефлюксной болезни и грыж пищеводного отверстия диафрагмы / В. В. Грубник, А. В. Малиновский // Одесса: ВМВ-типография. — 2015. — С. 106.

4. Targarona E. M. Long – term outcome and quality of life after laparoscopic treatment of large paraesophageal hernia / E. M. Targarona, S. Grisales, O. Uyanik // World journal of surgery. — 2013. — Vol. 37, № 8 — P. 1878–1882.

5. Furnee E. J. B. Mesh in laparoscopic large hiatal hernia repair: a systematic review of the literature / E. J. B. Furnee, E. J. Hazebroek // Surgical endoscopy. — 2013. — Vol. 27, № 11 — P. 3998–4008.

6. Stadlhuber R. J. Mesh complications after prosthetic reinforcement of hiatal closure: a 28 – case series / R. J. Stadlhuber, A. E. Sherif, S. K. Mittal // Surgical endoscopy. — 2009. — Vol. 23, № 6 — P. 1219–1226.

7. Розенфельд И. И. Отдалённые результаты лапароскопической пластики хиатальных грыж / И. И. Розенфельд // Тезисы VI Всероссийской межвузовской научно-практической конференции молодых учёных с международным участием «Молодёжь и медицинская наука». — Тверь: ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России. Совет молодых учёных и студентов. — 2018. — С. 56–57.

8. Розенфельд И. И. Классификация негативных результатов лапароскопических операций при грыжах пищеводного отверстия диафрагмы / И. И. Розенфельд, В. А. Акопян // Материалы XII Международной научно-практической конференции и студентов и молодых учёных-медиков «Молодежь — практическому здравоохранению». — Тверь: ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России. Совет молодых учёных и студентов. — 2018. — С. 856–858.

9. Розенфельд И. И. Лапароскопическая пластика при больших и гигантских грыжах пищеводного отверстия диафрагмы / И. И. Розенфельд, Д. Л. Чиликина // Материалы Международного молодёжного форума посвященного 80-летнему юбилею Ставропольского государственного медицинского университета «Неделя науки — 2018». — Ставрополь: ФГБОУ ВО Ставропольский ГМУ Минздрава России. — 2018. — С. 408–409.

10. Розенфельд И. И. Основные проблемы, возникающие при пластике грыж пищеводного отверстия диафрагмы / И. И. Розенфельд, Д. Л. Чиликина // Материалы Международного молодёжного форума посвященного 80-летнему юбилею Ставропольского государственного медицинского университета «Неделя науки — 2018». — Ставрополь: ФГБОУ ВО Ставропольский ГМУ Минздрава России. — 2018. — С. 409–411.

ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ИМПЛАНТАТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ АЛЛОПЛАСТИКЕ ХИАТАЛЬНЫХ ГРЫЖ

Розенфельд И.И.
ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России,
город Тверь, Россия
DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.1.57.257

Цель исследования: проведение обзора современной литературы по применению различных видов имплантатов при хирургическом лечении грыж пищеводного отверстия диафрагмы (ГПОД), анализ их приемуществ и недостатков.

Важным моментом в лечении ГПОД является вопрос выбора вида имплантата и методика его постановки.

Полипропиленовые имплантаты (например, «Ethicon») имеют наибольшую прочность, обеспечивают формирование надёжного рубца. Вторым их преимуществом является дешевизна.

В обзоре Fumee E. выявлено, что полипропиленовые имплантаты применили в 23,1% случаев. Недостатком полипропиленовых имплантатов является их чрезмерная жёсткость. Они могут вызвать выраженный периэзофагеальный фиброз, что может привести к развитию рубцовой стриктуры или аррозии пищевода с миграцией сетки в его просвет [1].

Так же имеется вероятность их уменьшения со временем в объёме на 15–20%, которое при фиксации вокруг пищевода увеличивает возможность появления указанных выше осложнений. Так, в обзоре Antoniou S. A. и соавторов, частота дисфагий при использовании полипропиленовых сеток составила 21,7% [2].

Политетрафторэтиленовые имплантаты, например, «DualMesh» композитные, то есть состоят из двух компонентов — полипропилена или полиэстера и слоя политетрафторэтилена. Политетрафторэтилен — антиадгезивный материал, служит для профилактики рубцевания при контакте имплантата с внутренними органами.

В опросе Frantzides C. T. и соавторов композитные политетрафторэтиленовые имплантаты применяют 30,7% хирургов.

По результатам обзора Antoniou S. A. и соавторов частота анатомических рецидивов при использовании композитных политетрафторэтиленовых сеток

составила — 5,7%. Следует вывод, что данные литературы свидетельствуют о равной с полипропиленовыми сетками частоте осложнений.

Однако, политетрафторэтиленовые имплантаты достаточно жёсткие, имеют большую толщину, чем полипропиленовые, что также может приводить к послеоперационным осложнениям.

В обзоре Antoniou S. A. и соавторов частота дисфагии при использовании композитных политетрафторэтиленовых сеток составила 15,5–34,3%, то есть оказалась выше, чем при использовании полипропиленовых сеток. Аналогично, в опросе Frantzides C. T. и соавторов частота рубцовых стриктур пищевода при использовании композитных политетрафторэтиленовых сеток составила 0,3%, а аррозия пищевода — 0,5% [3].

Облегчённые имплантаты и имплантаты, которые рассасываются, в настоящее время являются наиболее перспективными. Облегчённые имплантаты могут быть сделаны из полипропилена, полиэстера или иного волокна, которое не рассасывается, со специальным переплётом и широкими ячейками. Например, полиэстеровые сетки «Mersilene» и «Ethicon».

Частично рассасывающиеся имплантаты являются композитными, то есть состоят из рассасывающихся и нерассасывающихся волокон. Например, «Ultrapro» и «Ethicon», которые состоят наполовину из полипропилена и наполовину из полиглекапрона. Они оптимальны, поскольку обладают не только высокой прочностью за счёт свойств используемого полимера, но и имеют облегчённую структуру — тонкие и мягкие волокна с крупными ячейками. Кроме того, они частично рассасываются, способствуя формированию негрубого соединительнотканного рубца и не вызывая аррозии тканей.

В исследовании Hazebroek E. J. и соавторов на 18 пациентах с «onlay» пластикой облегчённым полипропиленовым имплантатом с послеоперационным наблюдением в среднем через 26 месяцев случаев дисфагии, стриктур и аррозии обнаружено не было, малый рецидив до 2 см имел место в 1 случае [4].

Синтетические сетки, которые полностью рассасываются, например, «Ethicon», полностью лишены возможности осложнений, но рецидивы за счёт полного рассасывания отмечаются чаще.

Так, в исследовании Gebhart A. и соавторов на 92 пациентах, с послеоперационным наблюдением в среднем через 30 месяцев, анатомический рецидив наступил в 18,5% случаев, послеоперационных осложнений не было [5].

В исследовании Powell B. S. и соавторов на 70 пациентах анатомических рецидивов и послеоперационных осложнений не было отмечено [6].

Биологические бесклеточные дермальные имплантаты, например, «Allograft» имеют все три преимущества описанных выше сеток в плане профилактики послеоперационных осложнений — антиадгезивность, мягкую структуру и возможность рассасывания. В настоящее время такие имплантаты набирают популярность, особенно в США [7, 8, 9].

В опросе Розенфельда И. И. и соавторов биологические имплантаты применили 34,3% хирургов. Однако полное рассасывание значительно увеличивает вероятность рецидива грыж диафрагмы. Кроме того, их стоимость в десятки раз выше других типов имплантатов [10].

В настоящее время в медицинской литературе данные об эффективности этих имплантатов очень отличаются и в целом недостаточны для окончательных выводов.

Заключение: в данной статье приведён обзор различных имплантатов, основанный на данных научной литературы и различных проспективных рандомизированных исследованиях. Рассмотрены недостатки и достоинства каждого вида имплантата. В результате выявлены наиболее перспективные виды имплантатов: частично рассасывающиеся имплантаты, которые благодаря своей структуре снижают риск возникновения анатомических рецидивов и биологические бесклеточные дермальные имплантаты, которые являются перспективными, но требуют более тщательного изучения.

Литература:

1. Furnee E. J. B. The use of mesh in laparoscopic large hiatal hernia repair: a survey of European surgeons / E. J. B. Furnee, C. D. Smith, E. J. Hazebroek // Surgical laparoscopy, endoscopy and percutaneous techniques. — 2015 — Vol. 4 — P. 307–311.

2. Грубник В. В. Критические аспекты лапароскопической хирургии гастроэзофагеальной рефлюксной болезни и грыж пищеводного отверстия диафрагмы / В. В. Грубник, А. В. Малиновский // Одесса: ВМВ-типография. — 2015. — С. 106.

3. Frantzides C. T. Hiatal hernia repair with mesh: a survey of «SAGES» members / C. T. Frantzides, M. A. Carlson, S. Loizides // Surgical endoscopy. — 2010. Vol. 5 — P. 1017–1024.

4. Hazebroek E. J. Evaluation of lightweight titanium – coated polypropylene mesh for laparoscopic repair of large hiatal hernias / E. J. Hazebroek, A. Ng, D. H. K. Yong, H. Berry // Surgical endoscopy. — 2008. — Vol. 11 — P. 2428–2432.

5. Gebhart A. Initial outcomes of laparoscopic paraesophageal hiatal hernia repair with mesh / A. Gebhart, S. Vu, C. Armstrong // The American surgeon. — 2013. — Vol. 10 — P. 1017–1021.

6. Powell B. S. A technique for placement of a bioabsorbable prosthesis with fibrin glue fixation for reinforcement of the crural closure during hiatal hernia repair / B. S. Powell, D. Wandrey, G. R. Voeller // International journal of clinical & experimental medicine. — 2013. — Vol. 17 № 1 — P. 81–84.

7. Розенфельд И. И. Отдалённые результаты лапароскопической пластики хиатальных грыж / И. И. Розенфельд // Тезисы VI Всероссийской межвузовской научно-практической конференции молодых учёных с международным участием «Молодёжь и медицинская наука». — Тверь: ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России. Совет молодых учёных и студентов. — 2018. — С. 56–57.

8. Розенфельд И. И. Классификация негативных результатов лапароскопических операций при грыжах пищеводного отверстия диафрагмы / И. И. Розенфельд, В. А. Акопян // Материалы XII Международной научно-практической конференции и студентов и молодых учёных-медиков «Молодежь — практическому здравоохранению». — Тверь: ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России. Совет молодых учёных и студентов. — 2018. — С. 856–858.

9. Розенфельд И. И. Лапароскопическая пластика при больших и гигантских грыжах пищеводного отверстия диафрагмы / И. И. Розенфельд, Д. Л. Чиликина // Материалы Международного молодёжного форума посвященного 80-летнему юбилею Ставропольского государственного медицинского университета «Неделя науки — 2018». — Ставрополь: ФГБОУ ВО Ставропольский ГМУ Минздрава России. — 2018. — С. 408–409.

10. Розенфельд И. И. Оценка результатов использования сетчатых имплантатов при аллопластике грыж пищеводного отверстия диафрагмы / И. И. Розенфельд, Д. Л. Чиликина // Исследования и практика в медицине. — 2018. — Т. 5, № 4. — С. 82–90.

ЛЕЧЕНИЕ ГАСТРОЭЗОФАГЕАЛЬНОЙ РЕФЛЮКСНОЙ БОЛЕЗНИ И МАЛЫХ ХИАТАЛЬНЫХ ГРЫЖ

Розенфельд И.И.
ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России,
город Тверь, Россия
DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.1.57.258

Цель работы: проведение обзора литературы и сравнительного анализа современных методов лечения гастроэзофагеальной рефлюксной болезни (ГЭРБ) и малых грыж пищеводного отверстия диафрагмы (ГПОД).

В 2010 году метаанализ на 1232 пациентах выявил достоверное преимущество лапароскопической операции над консервативным лечением в улучшении качества жизни пациентов в послеоперационном периоде, а также меньшей частотой послеоперационных осложнений и дисфагии [1]. В 2014 году метаанализ Rickenbacher N. выявил те же результаты, но большая часть прооперированных пациентов принимала ингибиторы протонной помпы [2]. В 2015 году исследовании «LOTUS» показано достоверное преимущество лапароскопической операции над консервативным лечением с применением эзомепразола. Выявлено различие методов лечения по частоте бессимптомной ремиссии (92% при лапароскопической операции и 85% при консервативном лечении), по достоверно большей частоте дисфагии (5 и 11%) [3]. В исследовании 2016 года Anvari M. и соавторов была доказана достоверная разница в пользу лапароскопической операции по рефлюксной симптоматике и качеству жизни [4].

Показания к эндоскопическому оперативному лечению ГЭРБ и ГПОД чётко определены в клинических рекомендациях «SAGES»: хирургическое лечение ГЭРБ и малых грыж эквивалентно по эффективности консервативному лечению и должно быть предложено при условии достаточного опыта хирурга (I уровень доказательности) [5]. Лапароскопическая фундопликация выполняется при неудачном консервативном лечении, при наличии осложнений ГЭРБ и наличии внепищеводных осложнений. Пациенты должны отвечать на терапию ингибиторами протонной помпы (ИПП), что сказано в клинических рекомендациях по лечению ГЭРБ «EAES».

Метаанализ Peters M. J. показал достоверное преимущество лапароскопических операций перед открытыми вмешательствами по продолжительности пребывания в стационаре (среднее отличие — 2,7 дней), по сроку нетрудоспособности (среднее отличие — 7,7 дней), по частоте послеоперационных осложнений и по продолжительности операции (среднее отличие — 39,0 минут) [6].

В проспективном рандомизированном исследовании (ПРИ) Broeders J. A. и не было выявлено достоверной разницы между лапароскопической и открытой фундопликацией по частоте симптомов (7,6 и 9,3%), частоте pH – метрических (3 и 4) и анатомических (3 и 2) рецидивов. В то же время была доказана достоверная разница по проценту реопераций, в основном, пластик послеоперационных вентральных грыж: 15,2% при лапароскопической и 34,8% при открытой фундопликации [7].

В клинических рекомендациях «SAGES» указано: частота клинических рецидивов лапароскопической фундопликации по Ниссену не превышает 10% в течение 3 лет и 33% через 7–10 лет после операции. Устранение внепищеводных проявлений достигается в 69–100% случаев, а необходимость в приёме ИПП составляет менее 20%. Частота ранней (до 3-

х месяцев) послеоперационной дисфагии достигает 76%, к концу года до 20%, а в отдалённом периоде составляет 5–8%.

В проспективном рандомизированном исследовании «LOTUS» бессимптомная ремиссия отмечена у 85,0% пациентов через 5 лет после операции [8].

Метаанализ Bell R. C. и соавторов на 4252 операциях по Ниссену и 1984 фундопликациях по Тупе показал отсутствие достоверной разницы по удовлетворённости хирургических вмешательств (отношение шансов (ОШ) 0,96), частоте рефлюкс – эзофагита (ОШ 0,72), объективным признакам рецидива (ОШ 0,73), реоперациям (ОШ 1,29) [9].

В то же время после фундопликации по Тупе базальное давление нижнего пищеводного сфинктера (ОШ 2,76), частота дисфагии (ОШ 1,68), дилатаций (ОШ 3,67) и «gas – bloat» синдрома (47,4% при фундопликации по Ниссену и 26,0% по Тупе) были достоверно ниже, но только при исходном нарушении перистальтики пищевода [10].

Таким образом, обе методики обеспечивают одинаковый контроль рефлюкса, но при нарушении перистальтики пищевода меньшую дисфагию даёт фундопликация по Тупе.

Следовательно, можно сделать вывод о равнозначности фундопликаций по Ниссену и по Тупе при лечении ГЭРБ, однако при наличии дисфагии и нарушении перистальтики пищевода предпочтительнее выполнять фундопликацию по Тупе, но не по Дору из-за недостаточного контроля рефлюкса.

По мнению отечественных авторов фундопликация по Тупе может быть рекомендована для профилактики дисфагии также в тех случаях, когда затруднено формирование манжетки по Ниссену по техническим причинам, такими являются: небольшой объём дна желудка, массивная жировая клетчатка в области угла Гиса. Но при тяжёлом течении ГЭРБ всегда рекомендуется фундопликация по Ниссену.

В рекомендациях «SAGES» говорится, что в целом фундопликация по Тупе является предпочтительным методом по сравнению с фундопликацией по Ниссену благодаря меньшей частоте дисфагии (II уровень доказательности). Однако для усиления антирефлюксного эффекта хирург должен применять фундопликацию по Ниссену с длиной манжетки до 3 см, а для профилактики дисфагии — фундопликацию по Тупе или короткую, длиной 1–2 см, манжетку по Ниссену (III уровень доказательности). Передняя фундопликация из-за недостаточного антирефлюксного эффекта не рекомендуется (III уровень доказательности).

Одной из дополнительных методик является фундопликация по Ниссену – Розетти. Метаанализ Khatri K. и соавторов показал отсутствие достоверной разницы фундопликации по Ниссену – Розетти с операцией Ниссена по частоте осложнений (ОШ 0,72), дисфагии (ОШ 0,69), и «gas – bloat» синдрому (ОШ 0,68). Следует вывод: отсутствие пересечения коротких желудочных артерий не влияет на функциональные результаты операции, но уменьшает её продолжительность. Следовательно, необходимость в пересечении желудочно-селезёночной связки отсутствует, но только при достаточной естественной мобильности дна желудка.

Вторым техническим моментом лапароскопических антирефлюксных операций является вид крурорафии. Стандартом является задняя крурорафия, однако существует мнение, что проведение передней крурорафии, которая является технически более простым методом, может уменьшить частоту дисфагии, связанной с перегибом абдоминального отдела пищевода. В рекомендациях «SAGES» говорится, что крурорафия обязательна при лапароскопических антирефлюксных операциях (II уровень доказательности). При этом передняя крурорафия может давать меньшую частоту дисфагии, но необходима большая доказательная база для окончательного определения её роли (III уровень доказательности).

Так же существуют методы лечения ГЭРБ и малых ГПОД, которые можно комбинировать, делятся на 3 категории: контроль рефлюкса (применение ингибиторов протонной помпы, фундопликация), абляция (фотодинамическая терапия, аргонно-плазменная абляция, радиочастотная абляция, криодеструкция), радикальное удаление (эндоскопическая резекция слизистой, радикальная эзофагэктомия).

В рекомендациях «SAGES» сказано, что пациенты с пищеводом Барретта и дисплазией пищевода низкой степени должны проходить такое же лечение, что и пациенты без дисплазии. При пищеводе Барретта с тонкокишечной метаплазией при наличии дисплазии низкой степени предусмотрено 2 варианта ведения больного: только эндоскопический скрининг или эндоскопическая абляция с последующим эндоскопическим скринингом и контрольными осмотрами каждые 6 месяцев. При обоих вариантах ведения необходимо выполнение фундопликации или при наличии противопоказаний к ней — проведение длительной терапии ингибиторами протонной помпы. При выборе скрининга фундопликация может быть произведена сразу же, а при решении применить абляцию — до, во время или после выполнения (III уровень доказательности).

Результаты: проведён обзор различных современных методов лечения ГЭРБ и малых ГПОД на основе анализа литературы определены показания к лапароскопическим антирефлюксным операциям; показаны результаты стандартной антирефлюксной операции — лапароскопической задней крурорафии и фундопликации по Ниссену; описан выбор методики фундопликации при лапароскопических антирефлюксных операциях; проанализированы дополнительные методики; определено особое место эндоскопических

антирефлюксных операций в современной хирургии. В результате определена проблема малой доказательной базы лапароскопической фундопликации как самостоятельного метода. Она может быть самостоятельным методом лечения при пищеводе Барретта без дисплазии и с дисплазией низкой степени, при которой риск прогрессии в дисплазию высокой степени и инвазивный рак относительно небольшой.

Однако определить чёткую позицию лапароскопической фундопликации как самостоятельного метода на данный момент времени нельзя. По мнению некоторых авторов и на основании собственного опыта, фундопликация самостоятельно может применяться при ультракоротком и коротком сегменте пищевода Барретта без дисплазии, естественно, при условии тщательного дальнейшего эндоскопического скрининга.

Литература:

1. Peters M. J. Meta – analysis of randomized clinical trials comparing open and laparoscopic anti – reflux surgery / M. J. Peters, A. Mukhtar // American journal of gastroenterology. — 2009. — Vol. 104, № 6. — P. 1548-1561.

2. Broeders J. A. Laparoscopic anterior 180 – degree versus Nissen fundoplication for gastroesophageal reflux disease: systematic review and meta – analysis of randomized clinical trial / J. A. Broeders, D. J. Roks, A. U. Ahmed // Annals of surgery. — 2016. — Vol. 257, № 5 — P. 850-859.

3. Shaw J. M. Long – term outcome of laparoscopic Nissen and laparoscopic Toupet fundoplication for gastroesophageal reflux disease: a prospective, randomized trial / J. M. Shaw, P. C. Bornman, M. D. Callanan // Surgical endoscopy. — 2010 — Vol. 244. — P. 924-932.

4. Велигоцкий М. М. Профилактика неблагоприятных результатов лапароскопической коррекции антирефлюксной функции кардии при грыжах пищеводного отверстия диафрагмы и ахалазии пищевода. / М. М. Велигоцкий, А. В. Горбулич, В. В Комарчук // Одесский медицинский журнал. — 2015 —С. 66-69.

5. Khatri K. Laparoscopic Nissen fundoplication with or without short gastric vessel division: a meta – analysis / K. Khatri, M. S. Sajid, R. Brodrick // Surgical endoscopy. — 2012 — Vol. 26, № 4 — P. 970-978.

6. Розенфельд И. И. Отдалённые результаты лапароскопической пластики хиатальных грыж / И. И. Розенфельд // Тезисы VI Всероссийской межвузовской научно-практической конференции молодых учёных с международным участием «Молодёжь и медицинская наука». — Тверь: ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России. Совет молодых учёных и студентов. — 2018. — С. 56–57.

7. Розенфельд И. И. Классификация негативных результатов лапароскопических операций при грыжах пищеводного отверстия диафрагмы / И. И. Розенфельд, В. А. Акопян // Материалы XII Международной научно-практической конференции и студентов и молодых учёных-медиков «Молодежь — практическому здравоохранению». — Тверь: ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России. Совет молодых учёных и студентов. — 2018. — С. 856–858.

8. Розенфельд И. И. Лапароскопическая пластика при больших и гигантских грыжах пищеводного отверстия диафрагмы / И. И. Розенфельд, Д. Л. Чиликина // Материалы Международного молодёжного форума посвященного 80-летнему юбилею Ставропольского государственного медицинского университета «Неделя науки — 2018». — Ставрополь: ФГБОУ ВО Ставропольский ГМУ Минздрава России. — 2018. — С. 408–409.

9. Розенфельд И. И. Основные проблемы, возникающие при пластике грыж пищеводного отверстия диафрагмы / И. И. Розенфельд, Д. Л. Чиликина // Материалы Международного молодёжного форума посвященного 80-летнему юбилею Ставропольского государственного медицинского университета «Неделя науки — 2018». — Ставрополь: ФГБОУ ВО Ставропольский ГМУ Минздрава России. — 2018. — С. 409–411.

10. Розенфельд И. И. Оценка результатов использования сетчатых имплантатов при аллопластике грыж пищеводного отверстия диафрагмы / И. И. Розенфельд, Д. Л. Чиликина // Исследования и практика в медицине. — 2018. — Т. 5, № 4. — С. 82–90. doi: 10.17709/2409-2231-2018-5-4-8.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

ЕСТЕСТВЕННОЕ ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ НА РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ ЛАНДШАФТНЫХ РУБОК В АРХАНЕГЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Попова Ульяна Евгеньевна
Магистр «Устойчивое лесоуправление»
«Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»
г.Архангельск

NATURAL FOREST RENEWAL ON VARIOUS TECHNOLOGICAL ELEMENTS OF LANDSCAPE FELLINGS IN THE ARKHANEGL REGION

Popova Ulyana Evgenievna
Master in Sustainable Forest Management
"Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov "
city of Arkhangelsk

АННОТАЦИЯ

Важнейшей задачей современного лесоводства является повышение продуктивности лесов и рациональное использование лесных ресурсов. В Архангельской области в результате длительной и интенсивной эксплуатации лесов на месте коренных высокопроизводительных сосняков за счет смены пород сформировались менее продуктивные вторичные, антропогенные леса. Изменилась не только породная и возрастная структура, но и на 50-60% снизилась их продуктивность, на 30-40 лет увеличился оборот рубки хвойного хозяйства

ANNOTATION

The most important task of modern forestry is to increase forest productivity and rational use of forest resources. In the Arkhangelsk region, as a result of long-term and intensive forest exploitation, less productive secondary, anthropogenic forests were formed on the site of indigenous high-productivity pine forests due to the change of breeds. Not only the breed and age structure has changed, but their productivity has also decreased by 50-60%, and the turnover of coniferous logging has increased by 30-40 years

Ключевые слова: лесовозобновление, ель, осина, подрост.

Keywords: reforestation, spruce, aspen, undergrowth

Цель: Провести ретроспективный анализ площадей после ландшафтных рубок ухода на территории Архангельской области и сравнение их с контрольными площадями.

Материалы и методы: Проведен анализ площадей Архангельской области по полевым данным.

Результаты: Характеристика возобновления на контрольном участке представлена в таблице 1, а также в процентном содержании (рисунок 1).

Таблица 1

Характеристика возобновление на контроле

Порода	Количество подроста, шт./га			
	Мелкий	Средний	Крупный	Всего
Осина	0	200	0	200
Ель	1200	800	1400	3400
Сосна	0	0	0	0
Береза	0	0	200	200
Итога на 1 га	1200	1000	1600	3800

Рисунок 1– Характеристика подроста на контрольной ПП

Делаем вывод из представленного рисунка 1, что преобладает крупный подрост, состоящий в основном из ели. Подрост средней густоты, общее количества подроста на 1 га – 3800 шт, расположение подроста по пробным площадям неравномерное. Оценка подроста – удовлетворительная. Состав подроста 10ЕБ+Ос. Также по рисунку 4.5 можно сказать, что более благоприятные условия для роста и развития сложились для подроста ели – 89,4 %.

Характеристика возобновления в пасеке представлена в таблице 2. и на рисунке 2.

Таблица 2

Характеристика возобновления в пасеке

Порода	Количество подроста, шт./га			
	Мелкий	Средний	Крупный	Всего
Осина	300	300	2500	3100
Ель	1600	933	800	3333
Сосна	0	0	0	0
Береза	400	200	0	600
Итого на 1 га	2300	1433	3300	7033

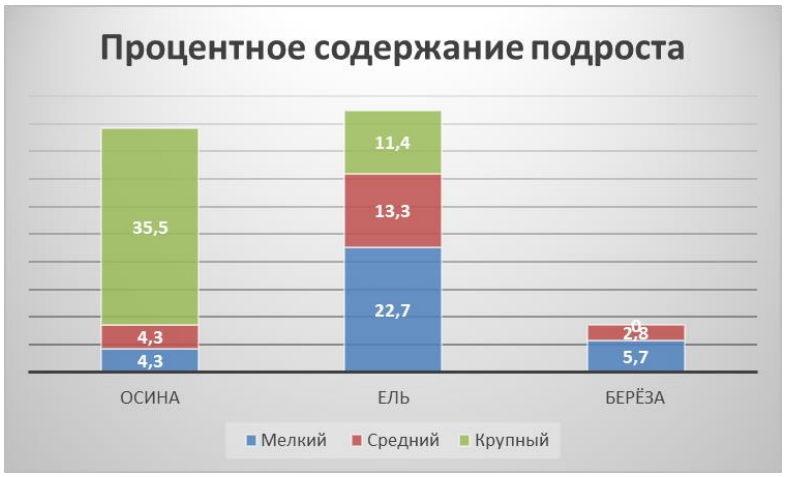


Рисунок 2 – Характеристика возобновления в пасеке

Исходя из характеристики таблицы видно, что возобновление на пасеке проходит в основном из лиственных пород, но также достаточное количество подроста у ели. Расположение подроста средней густоты с общим количеством подроста на 1 га – 7033шт. Неравномерное размещение подроста осины, ели и берёзы. Оценка возобновления – хорошая. Состав подроста 6Е4Ос+Б. По рисунку 4.6 видно, что более благоприятные условия для произрастания сложились для подроста ели – 47,4 % и осины – 44,1 %.

Характеристика возобновления на волоке 2002 представлена в таблице 3 и на рисунке 3.

Таблица 3

Характеристика возобновления на волоке 2002 г.

Порода	Количество подроста, шт./га			
	Мелкий	Средний	Крупный	Всего
Осина	467	400	1000	1867
Ель	2400	0	67	2467
Сосна	3000	0	0	3000
Береза	3333	467	400	4200
Итого на 1 га	9200	867	1467	11534

Из таблицы 3 видно, что возобновление на волоке 2002 года происходит в основном из березы, сосны и ели. Подрост располагается густо, общее количество подроста на 1 га – 11534 шт. Распространение подроста по площади – неравномерное. Состав подроста 3Б2Е2С+Ос. Оценка возобновления – хорошая. Рисунок 4.8 отображает, что самые лучшие условия для роста и развития сложились для берёзы – 36,4 %, сосны – 26 %, ели – 21,4 %.

Рисунок 3 – Характеристика возобновления на волоке 2002 г.

Береза является пионером вырубок, она появляется быстрее, чем сосна и лиственница. Береза находит подходящую для себя среду и имеет в данных условиях преимущество, так как не побивается ранневесенними и позднелетними заморозками. Благоприятные световые условия, частое и обильное плодоношение, высокая репродуктивная способность в виде вегетативного размножения, быстрый рост позволяют березе занимать доминирующее положение в формирующемся насаждении .

Характеристика возобновления на волоке 1973 г. Таблице 4.

Таблица 4

Характеристика возобновления на волоке 1973 г.

Порода	Количество подроста, шт./га			
	Мелкий	Средний	Крупный	Всего
Осина	200	0	1000	1200
Ель	10467	3600	1000	15067
Сосна	400	300	200	900
Береза	1333	1067	467	2867
Итого на 1 га	12400	4967	2667	20034

Из таблицы 4 и рисунке 4 видно, что возобновление на волоке 1973 года происходит в основном из ели и берёзы. Расположение подроста густое и общее количество подроста на 1 га – 20034 шт. Распределение подроста не вполне равномерное. Состав подроста 8Е2Б+Ос ед С. Оценка возобновления – хорошая. Также на рисунке 4.8 видно, что самые лучшие условия для произрастания сложились для подроста ели – 75,1 %.

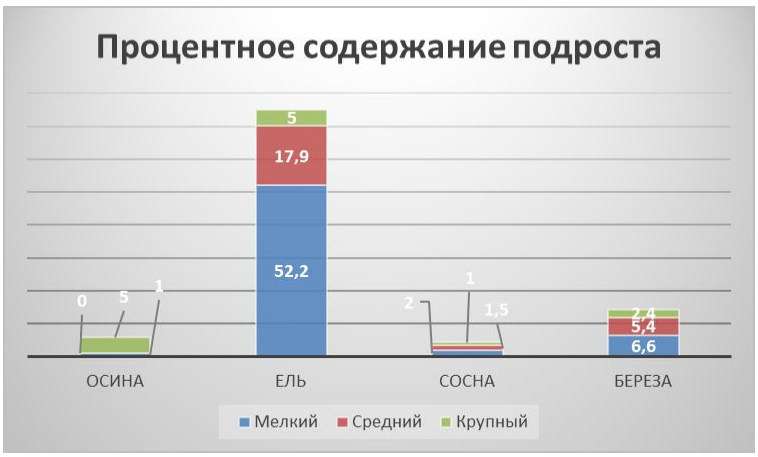


Рисунок 4 – Характеристика возобновления на волоке 1973 г.

Выводы: Лучшее возобновление подроста наблюдается на волоке 1973 года, количество штук на 1 гектар составило 20034, самые лучшие условия для произрастания сложились у ели – 75,1 %. Неплохие результаты получились на волоке 2002 года – 11534 количество штук на 1 га. Самые лучшие условия для роста и развития сложились для берёзы – 36,4 %, сосны – 26 %, ели – 21,4 %. На пасеке возобновление подроста, составило 7033 штук на 1 гектар, более благоприятные условия для произрастания сложились для подроста ели – 47,4 % и осины – 44,1 %. Контрольная площадь – 3800 штук на 1 га. более благоприятные условия для роста и развития сложились для подроста ели – 89,4 %. Таким образом, ландшафтная рубка в той или иной мере ускоряет сукцессию лесных фитоценозов. Искусственная реструктуризация древостоя активизирует механизмы восстановительных процессов, направленных на сохранение устойчивости фитоценоза и лесопарковой экосистемы в целом.

Литература:

1. ЛЕСНОЙ ПЛАН Архангельской области Российской Федерации на 2019 – 2028 годы/ Правительство Архангельской области Министерство природных ресурсов и лесопромышленного комплекса Архангельской области, 2018.- 234 с.
2. Чибисов, Г.А. Рубки ухода за лесом на Европейском Севере: практическое пособие / Г.А. Чибисов, Н.И. Вялых, Н.С. Минин.- Архангельск: ГУП «Соломбальская типография», 2004.- 128 с.
3. Никонов М.В. Лесоводство: учеб. пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2010.- 224 с.
4. Ковязин В.Ф. Основы лесного хозяйства и таксации леса: учеб. пособие.- 2-е изд./ В.Ф. Ковязин, А.Н. Мартынов, Е.С. Мельников, А.С. Аникин, В.Н. Минаев, Н.В. Беляева.- СПб.: Издательство «Лань», 2010.- 384 с.
5. Чибисов Г.А. Рубки ухода и фитоклимат: монография / Г.А. Чибисов, А.И. Нефедова. – Архангельск: типография АГТУ, 2007.- 266 с.
6. Георгиевский Н.П. Рубки ухода за лесом.- М.: ГОСЛЕСБУМИЗДАТ, 1957.- 143 с.
7. Сеннов С.Н. Результаты запоздалых рубок ухода / С.Н. Сенов / Лесное хозяйство. 2011.- №3.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ТРАНСПОРТНОМУ ПРАВУ БЫТЬ?

(открытое письмо редакционного совета журнала
«Транспортное право и безопасность»
в Департамент аттестации научных и научно-педагогических работников Минобрнауки России)

Васильев Федор Петрович

Министерством науки и высшего образования РФ весной текущего года разослан на согласование в федеральные органы исполнительной власти проект номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, подготовленный рабочей группой Минобрнауки России (от 5 марта 2020 г. № МН-6/529-ТГ).

Основная идея новой редакции номенклатуры — укрупнение групп научных специальностей и существенное уменьшение общего числа наименований специальностей. Так, группа научных специальностей «Право» (в действующей номенклатуре она именуется «Юриспруденция») будет, по замыслу разработчиков, включать пять специальностей (вместо нынешних 15):

5.1.1. Теоретико-исторические правовые науки;

5.1.2. Публично-правовые науки (государственно-правовые науки);

5.1.3. Частноправовые науки (цивилистические науки);

5.1.4. Уголовно-правовые науки;

5.1.5. Международно-правовые науки.

Тем самым в новой номенклатуре будет в определенной степени преодолен такой существенный недостаток, как чрезмерное дробление юридической науки на подотрасли и направления, которые зачастую устанавливаются весьма произвольно, на основе субъективного ведомственного подхода, без учета объективных потребностей научного обеспечения социально-экономического развития страны.

Необходимость реформы номенклатуры научных специальностей осознана на высшем государственном уровне. 6 февраля 2020 г. состоялось расширенное заседание Государственного Совета и Совета при Президенте РФ по науке и образованию, по результатам которого сформирован Перечень поручений Президента Российской Федерации (утвержден Президентом РФ 28 марта 2020 г. № Пр-589).

В подп. «ж» п. 1 указанного Перечня руководитель государства требует принять меры по расширению автономии образовательных организаций высшего образования и сокращению избыточного государственного регулирования образовательной деятельности. В этих целях поручено, в частности, обеспечить пересмотр номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, принять меры по их укрупнению, созданию условий для проведения научных исследований на междисциплинарной основе.

Поддерживая курс на укрупнение направлений научных исследований в сфере юридической науки, вместе с тем отмечаем, что предлагаемый новой номенклатурой перечень специальностей по юридическим наукам не позволяет в полной мере реализовать вторую часть поручения Президента РФ: обеспечить создание условий для проведения научных исследований на междисциплинарной основе.

Процесс развития юридической науки в настоящее время имеет устойчивую тенденцию к объединению областей правового знания в крупные комплексы, на пересечении которых возникают сложные многоплановые фундаментальные и прикладные научные проблемы, которые не могут быть решены в рамках какой-то одной юридической науки и требуют междисциплинарного подхода. Междисциплинарность в правовой науке — это характеристика области правовых знаний или научной проблемы, где успех возможен только при применении методологии разных юридических наук.

Наглядным примером такого комплексного правового образования, где требуется междисциплинарный подход к проведению научных исследований, является транспортное право.

Особенностью транспортного права является то, что его предметом являются как административно-управленческие отношения, регулируемые публичным правом, так и имущественные и обязательственные отношения, регулируемые частным (гражданским) правом, а также иные виды общественных отношений, регулируемых иными отраслями права (земельным, трудовым, уголовным, международным и др.). Транспортное право представляет собой комплексную отрасль российского права. Оно регулирует разнообразные по характеру отношения, которые возникают в процессе транспортной деятельности, когда такие отношения нуждаются в специальном правовом регулировании из-за их существенных особенностей и, соответственно, нуждаются в исследовании на основе междисциплинарного подхода.

Авторы диссертаций по транспортно-правовой проблематике в рамках действующей номенклатуры научных специальностей вынуждены ограничивать свои исследования рамками паспорта конкретной научной специальности, и не имеют возможности в полной

мере осуществлять глубокие междисциплинарные, комплексные исследования транспортно-правовых проблем. Данный недостаток действующей системы подготовки диссертаций по юридическим наукам во многом сохранится и в случае утверждения новой номенклатуры научных специальностей. Например, исследователь, изучающий вопросы правового обеспечения транспортной безопасности в рамках предусмотренной проектом номенклатуры научной специальности «5.1.2. Публично-правовые науки (государственно-правовые науки)», будет существенно ограничен в возможности затрагивать в своей работе международно-правовые аспекты данной темы, вопросы возмещения вреда, прокурорского надзора, уголовной ответственности и др., поскольку это может быть квалифицировано как выход за рамки паспорта научной специальности 5.1.2. В результате научная ценность, теоретическая и практическая значимость выполненного исследования значительно обедняется. Все это происходит вследствие необходимости формальной «подгонки» содержания диссертаций под рамки паспорта определенной научной специальности.

Полагаем, что такой подход к осуществлению правовых исследований устарел, сковывает инициативу и творчество исследователей, не отвечает современным вызовам и потребностям инновационного развития общества.

В качестве выхода из данной ситуации предлагается раздел 5 проекта новой номенклатуры научных специальностей дополнить научной специальностью «5.1.6. Комплексные (междисциплинарные) правовые науки». В рамках данной специальности следует предусмотреть, в частности, такие направления исследований, как «транспортное право» и иные комплексные отрасли юридической науки (например, информационное право, военное право, конкурентное право и др. — по представлению заинтересованных органов и организаций).

Положительное решение данного вопроса позволит разрешить многие проблемные вопросы в области юридической науки, снять бюрократические барьеры в сфере научного поиска и развития творческой мысли, преодолеть избыточность государственного управления научной деятельностью.

Кроме того, включением транспортного права в номенклатуру научных специальностей будет решена важная задача подготовки преподавателей-исследователей по транспортному праву посредством подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по данной научной специальности. В связи с этим нашими дальнейшими шагами по пути научного обеспечения развития транспортного комплекса страны будет открытие подготовки аспирантов по направленности «Транспортное право» в рамках направления подготовки 40.01.06 — Юриспруденция, по которому у Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)) имеется государственная аккредитация, а также открытие при РУТ (МИИТ) совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата юридических наук, доктора юридических наук по предлагаемой новой научной специальности «Комплексные (междисциплинарные) правовые науки».

Реализация данного предложения позволит также транспортным вузам представлять своих сотрудников из числа научно-педагогических работников к присвоению ученых званий профессора и доцента по транспортному праву, что будет способствовать росту авторитета и значимости транспортной науки в научно-образовательной среде.

Обращаем внимание, что предложенный подход к формированию номенклатуры научных специальностей не следует расценивать как попытку искусственного отрыва транспортно-правовой науки от иных научных направлений юриспруденции. Все как раз наоборот — это предложение направлено на объединение в одном предметном поле потенциальных возможностей различных юридических наук, что способно на практике дать синергетический эффект и обеспечить существенное приращение научного знания о путях и средствах правового обеспечения инновационного развития России, создаст необходимые условия для проведения научных исследований на междисциплинарной основе, как того требует Президент РФ в упомянутом выше Перечне поручений.

Транспортное право в данном случае рассматривается нами лишь как пример, подтверждающий необходимость нормативного закрепления возможности проведения комплексных исследований в рамках группы специальностей «5.1. Право». Безусловно, заинтересованные научные и образовательные организации страны вправе обосновать предложения о включении в специальность «5.1.6. Комплексные (междисциплинарные) правовые науки» иных актуальных направлений юридической науки, имеющих комплексный, междисциплинарный характер.

Важно заметить, что настоящее предложение ни в коей мере не нарушает концепцию, заложенную в основу подготовленной Минобрнауки России новой номенклатуры научных специальностей. Такой подход в проекте уже имеет место. Так, например, в группе специальностей «5.9. Филология» имеется научная специальность «5.9.4. Языки народов зарубежных стран», в рамках которой исследователям предоставляется возможность указывать конкретный язык или группу языков. Аналогичный подход использован в группе специальностей «5.10. Искусство и культуроведение», где в рамках научной специальности «5.10. Виды искусства» у исследователей имеется возможность выделять конкретные виды искусств.

Безусловно, реализация требований Президента России и установление научного комплексного правового образования, где будут

развивается комплексный междисциплинарный подход к проведению научных исследований, является транспортное право. Что всё это будет способствовать в условиях наличия различных угроз объектов транспортной инфраструктуры (прежде всего теракты) адресно-дифференцированного подхода к вопросам транспортной безопасности[1]. Сюда же следует отнести, скажем:

- всестороннего комплексного обеспечения научно-образовательных[2] и научно-исследовательских вопросов[3];

- способствованию развития нормотворческой деятельности, прежде всего издание адресных адресного характера нормативных правовых актов, как федеральных, так и ведомственного характера[4];

- обеспечению комплексного и адресатного характера профилактики административных и уголовных правонарушений на объектах транспортной инфраструктуры, в рамках требований[5];

- качественной подготовки специалистов-юристов, по вопросам толкования в области применения и реализации правоприменительной

---

[1] По данным проблемам авторы .предварительно изложили свои взгляды в различных научных публикациях. См.; Васильев Ф.П., Духно Н.А.- доктор юридических наук, член Российской академии юр. наук (РАЮН), директор юридического института Московского государственного университета путей сообщения (МИИТа). ***Современные аспекты и проблемы обеспечения безопасности на транспорте.*** /Ежемес. жур. (ВАК). Право и государство. М.: № 4(76) 2011. – С. 6-14; Васильев Ф.П. Административное регламентирование деятельности МВД России. Учебное пособие. В семи частях. Часть 6. ***Обеспечение безопасности на транспорте*** // М.: ЦОКР ДГСК МВД России, 2012. – 255 с; Васильев Ф.П., Духно Н.А., Корякин В.М. ***Современное толкование о транспортной безопасности в России и их административно-правовое регулирование***// Крымский научный вестник, № 5- 2015.

[2] Васильев Ф.П., Дрондин А.А. ***Современные специфические особенности осмотра места преступления на объектах транспортной инфраструктуры и подготовка юристов: как преодолеть противоречия*** // Ф.П. Васильев, А.Л. Дрондин // The Way of Science – 2016 – № 1 (23) – С. 38-44; Васильев Ф.П., Кудряшова А.А. (студент Юридического института РГУ МИИТ) ***В чем суть государственно-образовательной политики в период правления Александра I и ее современные особенности в России*** // Международный рецензируемый научный журнал «Экономика. Право. Государство» Юридические науки №1 (3) С.63-67.

[3] В данном случае см.: Васильев Ф.П., Бычков В.В., Зайцев П.В. ***О значении неотложности и качества осмотра места происшествия и иных первоначальных процессуальных мероприятий для обеспечения объективности в расследовании железнодорожной катастрофы*** // Эл. научный журнал «Транспортное право и безопасность» № 4(4) – 2016. С. 17-23; Васильев Ф.П. Пьянков А.В. ***Современная специфика и проблемы расследования преступлений и правового регулирования, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации морского транспорта*** // Эл. научный журнал «Транспортное право и безопасность» № 4(4) – 2016. С. 17-23; Васильев Ф.П. ***Обеспечение транспортной безопасности и пути совершенствования научно-образовательных вопросов в России*** // Материалы XIII Международной научно-практической конференции г. Белгород, 30 апреля 2016 г. В жур. (ВАК) Современные тенденции развития науки и технологий 2016 № 4-6. С. 23-37.

[4] Духно Н.А., д.ю.н., профессор, Юридический институт МИИТ, Васильев Ф.П., д.ю.н., главный научный сотрудник, Академия управления МВД РФ, Румянцев М.Б., к.ю.н., старший научный сотрудник, Российская акад ***Основные особенности правотворчества в области транспортной безопасности*** //Финансовая экономика, № 10, 2019 г. С. 385-392; Васильев Ф.П. ***Единые реестры мостов как инструмент обеспечения транспортно-дорожной безопасности***//. Жур. ВАК Юридическая наука научно-практический журнал. - Раздел Административное право. административный процесс. 19-2019 ЮН. С. 119-122; Васильев Ф.П. ***Падение мостов и лифтов как результат отсутствия изучения отдельного предмета и научно-исследовательской юридической специальности в юридических и ведомственных вузах «Транспортное право»*** // Международный журнал Актуальныйе проблемы административного права и процесса № 3- 2019 г. - С. 19-23.Васильев Ф.П., Андреева О.А. ***Обоснование ведения дополнительной научно-диссертационной юридической специальности «Транспортное право» в контексте транспортной стратегии Российской Федерации*** // Журнал «Финансовая экономика» (ВАК) № 5 (часть 4) 2019 г. С. 7-10; Васильев Ф.П., Шкирков В.Ф. ***В чём суть совершенствования системы образования и подготовка кадровых ресурсов в силовых структурах России*** //Современные научные исследования и разработки. Научный центр «Олимп» Международный научный электронный научно-практический журнал. Выпуск № 9 (17) (декабрь, 2017). С. 80-86.Сайт: http://olimpiks.ru/

[5] В данном случае см. Васильев Ф.П., Павлова В.А. ***Реализации Федерального закона о профилактике правонарушений в России и совершенствование дополнительных образовательных услг в области обеспечения транспортной безопасности*** //В сборнике: Актуальные проблемы права и правоприменительной деятельности на

практики (технологии) жизнедеятельности объектов транспортной инфраструктуры[6] и др.

Таким образом, внесение в проект номенклатуры научных специальностей дополнения, предусматривающего возможность проведения комплексных, междисциплинарных правовых исследований, является вполне логичным шагом, направленным на реализацию поручения Президента РФ о создании условий для проведения научных исследований на междисциплинарной основе.

От имени редакционного совета журнала
«Транспортное право и безопасность»
Академии управления МВД России
Васильев Федор Петрович
Ветеран боевых действий,
доктор юридических наук, доцент
главный научный сотрудник НИЦ
Академии управления МВД России
Инициатор создания журнала.
Духно Николай Алексеевич,
доктор юридических наук, профессор,
директор Юридического института РУТ (МИИТ),
член редакционного совета журнала
Корякин Виктор Михайлович,
доктор юридических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Гражданское право, международное частное право и гражданский процесс» Юридического института РУТ (МИИТ),
главный редактор журнала

современном этапе сборник статей Международной научно - практической конференции. Уфа - 2017. С. 21-29.

[6] Васильев Ф.П., Николаев А.Г. ***Сущность и необходимость совершенствования обеспечения транспортной безопасности и вопросов образования в России и их административно-правовое регулирование*** // Международный научный жур. «Наука и Мир» (№ 5 (33), май) 2016 г.; Васильев Ф.П. ***Обеспечение транспортной безопасности и пути совершенствования научно-образовательных вопросов в России*** // Материалы XIII Международной научно-практ-кой конференции г. Белгород, 30 апреля 2016 г. В жур. (ВАК) Современные тенденции развития науки и технологий 2016 № 4-6. С. 23-37; Васильев Ф. П., Дрондин А.Л., Вечерникова Д.В. // ***К вопросу о необходимости совершенствования современной российской образовательной системы (технологий)***// Журнал ВАК ОБЩЕСТВО И ПРАВО ● 2018 ● № 1 (63) – стр. 115-118; Васильев Ф.П., Корбаков В.В. ***Пути и способы совершенствования ведомственного образования, направленные на обеспечение экономической и иной безопасности России*** // Научное содружество «сиентия» ежемесячный научный журнал «scientia. юриспруденция» № 2 / 2016. С. 27-33; Васильев Ф.П., Шмелькова С.В. ***В чем суть совершенствования современной научно-образовательной деятельности и необходимость изучения предметов «Правоведение» и «Безопасность жизнедеятельности» в вузах России (административно-правовое регулирование)*** // Сборник статей ЦНС «Международные научные исследования» по материалам X международной научно-практической конференции: «Проблемы и перспективы современной науки», г. Москва: сборник статей (уровень стандарта, академический уровень). – Москва. : «ISI-journal», 2016. С. 54-59; Васильев Ф.П. ***О необходимости совершенствования вопросов обеспечения транспортной безопасности и образования в России***// Алтайский юридический вестник № 3 (15) 2016 г. С. 61-67.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО УРОВНЯ ТЕХНОЛОГИЙ ФИЛЬТРАЦИИ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Драгомиров Сергей Григорьевич
доктор технических наук, профессор
Владимирский государственный университет
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых (ВлГУ), г.Владимир
Эйдель Павел Игоревич
инженер
ООО «НТЦ «АвтоСфера» при ВлГУ», г.Владимир
Гамаюнов Антон Юрьевич
инженер
ООО «НТЦ «АвтоСфера» при ВлГУ», г.Владимир
Драгомиров Михаил Сергеевич
кандидат технических наук,
ООО «НТЦ «АвтоСфера» при ВлГУ», г.Владимир
Кулешов Иван Викторович
магистр техники и технологии
ООО «НТЦ «АвтоСфера» при ВлГУ», г.Владимир

ANALYSIS OF THE CURRENT LEVEL OF TECHNOLOGY COOLANT FILTRATION AUTOTRANSPORT ENGINES

Dragomirov Sergei
doctor of engineering, professor,
Vladimir State University, Vladimir
Eydel Pavel
engineer,
LLC "STC "AutoSphere" at Vladimir State University", Russia
Gamayunov Anton
Engineer,
LLC "STC "AutoSphere" at Vladimir State University", Vladimir
Dragomirov Michael
candidate of technical Sciences
LLC "STC "AutoSphere" at Vladimir State University", Vladimir
Kuleshov Ivan
master of engineering and technology
LLC "STC "AutoSphere" at Vladimir State University", Vladimir
DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.1.57.254

АННОТАЦИЯ*

Рассматриваются современные технологии и средства фильтрации охлаждающей жидкости автотранспортных двигателей. Дан сравнительный анализ применяемых устройств и приведены их рабочие характеристики. Описаны перспективные подходы к очистке охлаждающей жидкости. Сделан вывод о широких перспективах гидроциклонных устройств для эффективной очистки охлаждающей жидкости автотранспортных двигателей.

ABSRACT

The article deals with modern technologies and means of filtering the cooling liquid of autotransport engines. A comparative analysis of the devices used is given. Their performance characteristics are given. Promising approaches to cleaning the coolant are described. The conclusion is made about the wide prospects of hydrocyclone devices for effective cleaning of the coolant of autotransport engines.

Ключевые слова: автотранспортные двигатели; охлаждающая жидкость; загрязнения; очистка; фильтрация; фильтры; гидроциклонные устройства.

Keywords: autotransport engines; coolant filtration; impurity; liquid cleaning; coolant filters; hydrocyclone devices.

В области систем жидкостного охлаждения автотранспортных поршневых двигателей критически острой проблемой является загрязнение охлаждающей жидкости (ОЖ) и системы в целом.

* Данное исследование выполнено в рамках реализации инновационного Проекта «Разработка, изготовление и испытания опытного образца фильтра охлаждающей жидкости на основе моделирования гидравлических и сепарационных процессов" (договор № 2914ГС1/45450) Программы СТАРТ

Актуальность решения проблемы загрязнения ОЖ автотранспортных поршневых двигателей обусловлена структурными и конструктивными усложнениями их систем жидкостного охлаждения (СЖО) при одновременном повышении требований к их надежности и теплоотводящей функции в процессе непрерывного форсирования двигателей [1,2].

Данные по эксплуатации автотранспортной техники показывает, что от 25 до 40 % неисправностей и отказов двигателей приходится на СЖО [3,4]. Чаще всего неполадки в системе охлаждения появляются уже после 150…200 тыс. км пробега автомобиля. У двигателей тяжелых грузовиков (а также автобусов), работающих обычно с 70…85% нагрузкой, из-за более тяжелых условий работы неполадки могут возникнуть уже после 500…700 часов эксплуатации. Эти неисправности и отказы в большинстве случаев обусловлены загрязнениями ОЖ.

В зарубежной практике очистки ОЖ пошли по шаблонному пути использования фильтров традиционной конструкции, подобных тем, которые применяются для фильтрации моторного масла (с картонным, синтетическим или сетчато-металлическим фильтрующими элементами). Эти фильтры характеризуются невысокой эффективностью, сложностью конструкции, необходимостью специального установочного места на двигателях.

Среди публикаций по этой тематике выделяются три зарубежные работы [5-7], действительно обладающие научной ценностью. Все остальные зарубежные публикации носят неглубокий информационно-описательный, либо рекламно-ознакомительный характер. В России научные публикации по этой тематике до последнего времени практически отсутствовали и НИОКР не проводились.

Высокоэффективная фильтрация ОЖ действительно является сложной технической задачей в связи с тремя обстоятельствами:

- расходы ОЖ в контуре системы охлаждения могут достигать у двигателей легковых автомобилей величины 100…150 л/мин., у двигателей грузовых автомобилей – 250…350 л/мин.;

- рабочие температуры ОЖ составляют + 80…105°С (кратковременно до +125°С);

- современные антифризы представляют собой агрессивные жидкости (смесь воды с этиленгликолем или пропиленгликолем), что предъявляет особые требования к материалам фильтра.

Эти обстоятельства делают весьма сложной задачу высокоэффективной фильтрации ОЖ на борту автотранспортного средства. Значительные расходы агрессивной жидкости при высокой температуре довольно сложно фильтровать с высокой эффективностью, не снижая при этом пропускную способность фильтра.

Именно этим, видимо, и объясняется нерешенность проблемы высокоэффективной фильтрации ОЖ автотранспортных двигателей до настоящего времени.

На сегодняшний день, существующие и производимые устройства для очистки ОЖ, можно разделить на три группы в зависимости от применяемой технологии:

- неразборные фильтры охлаждающей жидкости традиционной конструкции (типа spine-on) с фильтрующим элементом из микропористого картона, химического волокна или сетки из нержавеющей стали;

- разборные фильтры с фильтрующим элементом в виде металлической сетки;

- гидроциклонные фильтры-сепараторы, основанные на модифицированном гидроциклонном принципе работы, не имеющие фильтрующего элемента как такового.

Среди этих групп выделяется эффективное, простое и надежное решение проблемы очистки ОЖ [8], основанное на модифицированном гидроциклонном способе очистки жидкостей.

Неразборные фильтры охлаждающей жидкости (ФОЖ) [3,9] зарубежных компаний (Fleetguard, Donaldson, Baldwin, Hengst, WIX и др.) представляют собой по конструкции аналоги традиционных масляных фильтров. За рубежом такие фильтры устанавливаются уже более 70 лет на некоторые модели двигателей, работающих в тяжелых эксплуатационных условиях (тяжелые грузовики, карьерные самосвалы, строительно-дорожные машины и т.п.).

Все выпускаемые на сегодняшний день подобные ФОЖ по конструкции являются несколько модифицированными аналогами традиционных масляных фильтров (рис. 1) [3,9,10]. В России подобные фильтры производятся по зарубежным лицензиям, собственных конструкций до последнего времени не было.

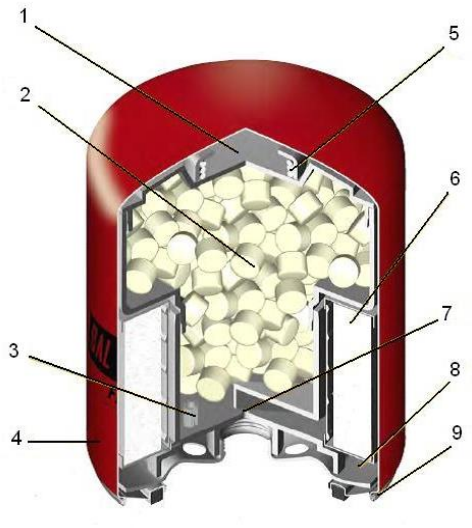


Рисунок 1. Конструкция типичного фильтра охлаждающей жидкости фирмы Baldwin: 1 пластиковая камера для хранения капсул; 2 – капсулы (гранулы) из специальной присадки к ОЖ; 3 – дросселирующий канал для регулирования подачи присадки; 4 - металлический корпус с эпоксидным покрытием; 5 – пружина; 6 – синтетический фильтрующий элемент; 7 – жиклер (у разных производителей - диаметр 3…4 мм), ограничивающий поток ОЖ через фильтр; 8 – стальное основание с резьбовым отверстием по центру; 9 – двойной закаточный шов, герметично соединяющий основание 8 с корпусом 4

Такие ФОЖ устанавливаются на специальное посадочное место (аналогично масляному фильтру) в блоке двигателя. В зоне этого посадочного места в блоке двигателя выполнены каналы для подвода и отвода ОЖ. Следует отметить, что магистраль для установки такого ФОЖ является байпасной, т.е. через неё проходит только около 10% (по данным производителей) всего теплоносителя, подаваемого жидкостным насосом СЖО.

Эти фильтры обеспечивают улавливание частиц загрязнений более 30…50 мкм (в зависимости от фирмы-производителя) с вероятностью 98%. Межсменный срок службы подобных фильтров составляет 1 год (или 150…200 тыс. км пробега автомобиля, или 4000 часов его работы). Они рассчитаны на одноразовое применение, после чего должны утилизироваться.

В качестве вещества специальных присадок, находящихся в виде гранул в корпусе фильтра, различные фирмы используют разные составы: соли азотистой и борной кислот или соли фосфорной, азотистой и молибденой кислот. Каждая из фирм-производителей использует свой состав присадок и по-своему их обозначает [3,9,10] – BTE, BTE-Plus, DCA-2, DCA-4, SCA и др.

В процессе работы фильтра эти гранулы медленно растворяются в антифризе, восстанавливая и улучшая его физико-химические свойства.

Следует отметить, что иногда подобные ФОЖ выпускаются без химических присадок в виде гранул внутри фильтра.

По нашим данным (эксперименты и компьютерное моделирование) через подобные ФОЖ пропускается менее 1% от всего основного потока ОЖ. Это объясняется наличием у фильтров специального жиклера 7 (см. рис. 1), имеющего диаметр 3…4 мм (в зависимости от производителя). Этот жиклер устанавливается для того, чтобы замедлить и растянуть во времени поступление химических присадок в объем антифриза в системе охлаждения.

Таким образом, можно считать, что подобные фильтры не столько выполняют функцию фильтрации, сколько служат в качестве носителей описанных химических присадок для улучшения физико-химических свойств антифризов. Также эти фильтры **принципиально не могут** быть полнопоточными, т.к. при их полном засорении прекратится циркуляция ОЖ.

Следует отметить, что такие ФОЖ по мере загрязнения в процессе эксплуатации увеличивают свое сопротивление при одновременном ухудшении улавливающей способности. В предельном случае загрязнения они вообще перестают пропускать ОЖ через фильтрующий элемент.

Разборные фильтры с фильтрующим элементом в виде сетки [11] встречаются относительно редко. В качестве примеров можно привести (рис.2) фильтры фирмы Valeo (Франция) для двигателей автобусов Setra, фильтры фирмы Gano (США) [12] для автотранспортных двигателей и фильтры фирмы Guidi (Италия) [13] для двигателей речной техники.

Подобные фильтры имеют практически одну и ту же простейшую конструкцию – фильтрующий элемент в виде металлической сетки (латунь, нержавеющая стать) выполняется в форме конуса или цилиндра. Размер ячеек такой сетки составляет примерно от 300 до 400 мкм. Загрязнения, не проходящие через эту сетку, удерживаются и остаются внутри конуса или цилиндра. При полном загрязнении фильтра требуется его разборка для очистки.

Преимуществами фильтров второй группы (по сравнению с конструкциями первой группой) являются: возможность полнопоточной фильтрации; разборная конструкция и возможность многократного применения; удобство монтажа на любом участке гидравлического контура СЖО.

а)

б)

в)

Рисунок 2. Разборные фильтры с фильтрующим элементом в виде сетки: а) фильтр ОЖ фирмы Valeo для двигателя автобуса Setra; б) – фильтр фирмы Gano (США) для автотранспортных двигателей; в) – фильтр фирмы Guidi (Италия) для двигателей речных судов

К недостаткам этих фильтров можно отнести: невозможность улавливания частиц с размерами <300 мкм; необходимость частой очистки фильтрующего элемента от загрязнений; опасность полного загрязнения фильтра, что может привести к серьезным последствиям, вплоть до выхода двигателя из строя.

Общее свойство фильтров ОЖ первой и второй групп — это увеличение гидравлического сопротивления по мере загрязнения фильтрующих элементов.

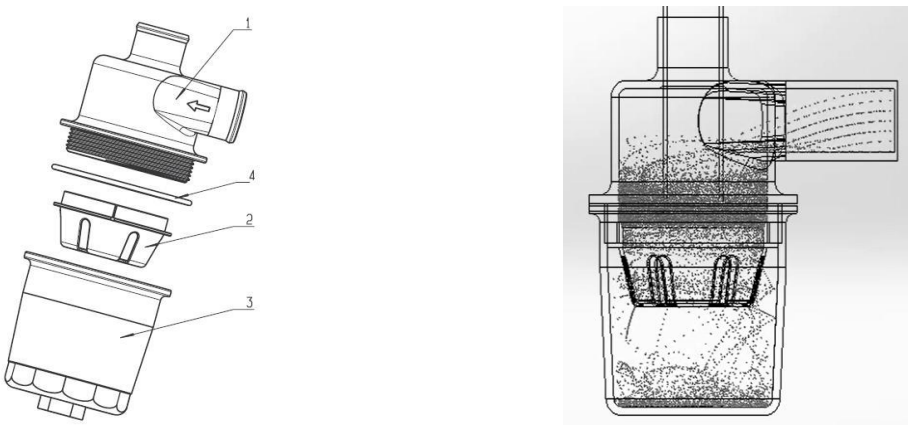
В целом технологии фильтрации ОЖ через пористые материалы (микропористый картон, химические волокна) или металлические сетки нельзя считать перспективными. Это объясняется тем, что в процессе очистки ОЖ фильтрующие элементы подобного типа быстро засоряются и существенно уменьшают количество пропускаемой жидкости. В предельном случае они вообще перестают пропускать жидкость.

Кроме этого, из-за быстрого загрязнения подобные фильтры ОЖ требуют замены или очистки. В связи с этим их обычно устанавливают в байпасных магистралях СЖО, что позволяет снизить риск прекращения тока охлаждающей жидкости. При этом неполнопоточная фильтрация ОЖ (в байпасном канале) не отличается высокой эффективностью.

Гидроциклонные фильтры-сепараторы (ГФС), отнесенные к третьей группе, в принципе свободны от недостатков фильтров первых двух групп.

В гидроциклонном фильтре-сепараторе (рис.3) [8] поток антифриза с твердыми частицами загрязнений поступает в закручивающий аппарат 1 через тангенциальный вход, в результате чего происходит закручивание потока. При прохождении закрученного потока через конусную сепарирующую чашку 2, под действием центробежных сил твердые частицы отбрасываются через улавливающие окна в отстойник 3 и там оседают. Принцип действия ГФС, аналогичен принципу действия гидроциклонов – отделение твердых частиц загрязнений от потока ОЖ происходит под действием центробежных сил (рис. 3б).

Следует отметить разницу в конструкциях этих двух устройств. Основное отличие фильтра-сепаратора от классического гидроциклона заключается в наличие улавливающих окон, расположенных в стенках сепарирующей чашки, через которые твердые частицы загрязнений и попадают в отстойник (рис.3).



а) *б)*

Рисунок 3. Конструкция гидроциклонного фильтра-сепаратора (а) и его принцип действия (б): 1 – закручивающий аппарат; 2 – конусная сепарирующая чашка с улавливающими отверстиями; 3 – отстойник; 4 – уплотнительное кольцо

Кроме этого, ГФС имеет разборную конструкцию, что делает его более компактным и удобным при установке и эксплуатации.

К преимуществам созданного ГФС следует отнести: высокоэффективную полнопоточную фильтрацию, обусловленную применением гидроциклонного принципа работы фильтра-сепаратора; отсутствие собственно фильтрующего элемента, что упрощает конструкцию, снижает стоимость и существенно повышает пропускную способность фильтра; срок службы ГФС примерно равен ресурсу работы двигателя; ГФС имеет разборную конструкцию, что позволяет его использовать многократно (с периодической очисткой); ГФС обладает конструктивной и технологической простотой, легкостью установки на транспортном средстве (не требует специально выполненного посадочного места на блоке двигателя).

К особенностям работы ГФС можно отнести: зависимость эффективности сепарации от расхода жидкости; при малых расходах жидкости часть твердых частиц загрязнений может не улавливаться и циркулировать в контуре СЖО; не удаляются из потока частицы с плотностью меньше плотности теплоносителя (как правило, это органические частицы).

Проведенный анализ позволяет сделать обоснованный и объективный вывод о том, что созданный во Владимирском государственном университете им. А.Г. и Н.Г.Столетовых гидроциклонный фильтр-сепаратор [8] имеет наилучшие характеристики среди выпускаемых устройств для очистки ОЖ.

Созданный ГФС может найти эффективное применение в СЖО поршневых двигателей различного назначения - автомобилей, автобусов, тракторов, строительно-дорожных и лесотехнических машин, армейской техники и др.

Разработки и научные исследования гидроциклонного фильтра-сепаратора являются началом большой работы по становлению нового перспективного направления в области совершенствования автотранспортных поршневых двигателей – высокоэффективной фильтрации охлаждающей жидкости. В результате этой работы на рынке автокомпонентов должны появиться простые, недорогие, надежные и высокоэффективные инновационные гидроциклонные фильтры-сепараторы охлаждающей жидкости.

Список литературы

1. Системы охлаждения поршневых ДВС: монография / Иванов И.Е. и др. – М.: МАДИ, 2015. – 168 с.

2. Системы охлаждения тракторных и автомобильных двигателей. Конструкция, теория, проектирование / Якубович А.И. и др. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2014. – 473 с.

3. Руководство по продуктам для системы охлаждения. – Cummins Filtration, 2009. – 8 с.

4. Engine cooling. – Behr Hella Service GmbH., 2008, 52 pp.

5. Hudgens R.D., Hercamp R.D. Filtration of Coolants for Heavy Duty Engines. – SAE Techn. Pap. Ser. № 881270. – 17 pp.

6. Eaton E.R., Duvnjak E. Examinatoins of Extended Life Heavy Duty Engine Coolant Filters. – SAE Techn. Pap. Ser. № 2004—1-0157. – 10 pp.

7. Hudgens R.D., Hercamp R.D. An Overview of Onboard Coolant Filtration for Heavy Duty Diesel Engines. - SAE Techn. Pap. Ser. № 2005-01-2014. – 16 pp.

8. Патент РФ на изобретение № 2625891. Гидроциклонное устройство для очистки от твердых частиц загрязнений охлаждающей жидкости поршневых двигателей // Драгомиров С.Г., Драгомиров М.С., Эйдель П.И., Гамаюнов А.Ю., Селиванов Н.М. – 2017. – 10 с.

9. Engine Liquid Filtration. – Minneapolis: Donaldson Company Inc., 2014, 156 pp.

10. Техническая брошюра по фильтрам. – MS Motorservice Int. GmbH, 2014, 48 с.

11. Антропов Б. С. Защита радиаторов системы охлаждения двигателей от продуктов накипи и коррозии / Антропов Б. С., Бодров В. А., Басалов И.

С. // Вестник АПК Верхневолжья. – 2014. – №4. – С.82-84.
12. https://ganofilters.com
13. https://catalogue.guidisrl.it/en/54-water-strainers

СИММЕТРИЯ, АСИММЕТРИЯ И ДИССИМЕТРИЯ УЗОРОВ, ОРНАМЕНТОВ АЗЕЕРБАЙДЖАНСКИХ КОВРОВ

Кязим-Заде Айдын Кязим
кандидат технических наук, доцент
Азербайджанский Университет Архитектуры и Строительства
г. Баку

SYMMETRY, ASYMMETRY AND DISSYMETRY PATTERNS, ORNAMENTS OF AZERBAIJANI CARPETS

Kazim-zade Aydin Kazim
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Azerbaijan University of Architecture and Construction
Baku city

АННОТАЦИЯ

В статье исследуется симметрия, асимметрия и диссиметрия, присущие азербайджанским узорам, орнаментам и коврам ручной работы, а также ковры в целом. Данные характеристики являются одними из основных информативных признаков азербайджанских ковров и их узоров. Проведен сравнительный анализ на симметричность, на основании которого в дальнейшем происходит распознавание узоров и ковров в целом.

ABSTRACT

The article examines the symmetry, asymmetry and dissymmetry inherent in Azerbaijani patterns, handmade carpet ornaments, as well as carpets in general. These characteristics are one of the main informative features of Azerbaijani carpets and their patterns. A comparative analysis of symmetry is carried out on the basis of, which further recognition of patterns and carpets as a whole occurs.

Ключевые слова: ковер, орнамент, узор, симметрия, асимметрия, диссиметрия, информативные признаки, распознавание

Keywords: carpet, ornament, pattern, symmetry, asymmetry, dissymmetry, informative features, recognition

1.Введение. Слово «симметрия» пришло к нам из Древней Греции, и означает пропорциональность, одинаковость в расположении частей. Симметрия окружает нас всюду. Все живое вокруг нас люди, земные и морские животные, птицы, насекомые в той или иной степени можно отнести к какому –либо типу симметрии. Симметричны кристаллы химических элементов, все виды живых существ, листья деревьев, кустарников, их плоды и т.д. Существует некоторое количество типов симметрии. Все они классифицированы по определенным математическим правилам. Но к основным типам симметрии относятся центральная, осевая (зеркальная), радиальная. Небольшое отклонение от идеальной симметрии приводит к асимметрии объекта, и это порой добавляет неповторимые красоты. Но, кроме симметричных и ассиметричных встречаются фигуры с диссиметрией.

2.Постановка задачи. В работе [1,с,17] были определены информативные признаки ковровых узоров, орнаментов, а также ковровых изделий в целом. К ним относятся: форма ковра (прямоугольная, квадратная, овальная, круглая и т.д.); геометрические размеры (длина, ширина, радиус и т.д.); имя узора (декора); количество контуров в узоре; цветовая гамма узора; центр тяжести узора; наличие или отсутствие симметрии.

Проведение исследований по классификации узоров, орнаментов и азербайджанских ковров ручной работы по информативным признакам наличия симметрии, асимметрии и диссиметрии позволит облегчить процесс распознавания, идентификации узоров [1,с.17, 2,с.27], орнаментов и ковра в целом.

3.Решение. Качество ковров определяется рядом характеристик. Элитный ковер обязательно изготавливается вручную, имеет высокую узелковую плотность (от 500 тыс. узелков на кв. метр до 2 миллионов), качество материала (используется дорогая тончайшая шерсть горных пород овец) и т.д. Большое значение имеет рисунок ковра, его цветовая гамма. Именно эти показатели, после указанных технических характеристик, и представляют собой факторы выбора ковра для определенного помещения, способного преобразовать пространство, придать тепло и уют. При грамотном выборе и размещении ковра его узоры будут радовать глаз, вписываться в интерьер всего помещения.

Коврам и украшающих их узорам присуще геометрическая симметрия. Причем это касается ковров производителей всех стран мира. Композиция ковров обычно состоит из двух частей

среднего поля ковра и бордюра. Само понятие бордюр уже включает в себя симметричное и орнаментальное чередование каких-либо узоров (рис.1) [3,с.1]. На данном рисунке показаны узоры бордюрных полос, обладающие как вертикальной, так и горизонтальной симметрией.

Рисунок 1. Пример бордюрных полос азербайджанских ковров с элементами вертикальной, горизонтальной симметрией

Узоры центрального поля ковра и их элементы по содержанию и форме также можно разделить на четыре основные группы [3,с.12]:

1. Изображение живых существ;
2. Изображения предметов быта;
3. Элементы различной формы;
4. Растительные элементы.

К элементам различной формы относятся квадраты, прямоугольники, многоугольники, крючкообразные, зубчато-остроугольные и т.д. К растительным элементам относятся элементы, по своим формам напоминающие различные листочки, бутоны, цветки и другие растительные мотивы.

На рис.2а,б,в изображены узоры азербайджанских ковров, обладающих как вертикальной, так и горизонтальной симметриями. Наличие даже одной четверти такого типа узоров позволяет в процессе распознавания и реставрации спрогнозировать и смоделировать полное изображение узора [3,с.97,98].

а) б) в)

Рисунок 2. Примеры ковровых узоров с вертикальной и горизонтальной симметрией

Большинство азербайджанских ковров и принадлежащие им узоры обладают каким–либо видом симметрии. Данная особенность играет решающую роль при распознавании, идентификации, реставрации как самих ковров, так и их узоров [1,.с15]. Так, например, на рис.3 показаны азербайджанские ковры ручной работы: а) ковер “Кохне Губа” XX век; б) ковер “Голлу Чичи” XIX век; в) ковер “Пиребедиль” XIX век [3, с.1,5,7]. Данные ковры обладают вертикальной и горизонтальной симметрией по всей площади, включая бордюры и центральные (срединные) поля.

а) б) в)

Рисунок 3. Азербайджанские ковры с вертикальной и горизонтальной симметрией

Однако, кроме полностью симметричных узоров и орнаментов в коврах встречаются еще и симметричное расположение асимметричных фигур. Пример таких ковров показан на рис.4. На данном рисунке изображены : а) ковер “Дорд Фесиль” XIX век; б) Ковер “Буталы” XX век.[3,с.124,136]

а) б)

Рисунок 4. Симметричное расположение асимметричных фигур

Рассматривая узоры азербайджанских ковров нами были обнаружены и узоры, обладающие центральной симметрией. Как известно, симметрию относительно точки называют **центральной**.

Примеры центральной симметрии приведены на рис.5. На данном рисунке приведены ковры: а) ковер “Гымыл” XİX век; б) ковер “Гымыл” XİX век (иного варианта); в) ковер “Габеля” XİX век [3, с.13, 14, 38]. Если рассматривать узоры на данных рисунках ковров, то данные узоры обладают как вертикальной, так и горизонтальной симметрией. Но, если рассматривать рисунки сравнивая 1 и 4, 2 и 3, обнаружим, что кроме вышеуказанных типов симметрий, данные узоры обладают и центральной симметрией. За точку симметрии принимается центр ковра.

а) б) в)

Рисунок 5. Примеры рисунков с центральной симметрией

Зеркальная симметрия строится на равенстве частей формы и на одинаковом удалении соответствующих элементов формы от композиционной оси симметрии. Данная ось в зависимости от симметрии узора может быть вертикальной, горизонтальной, а также вертикальной и горизонтальной одновременно. Зеркальная симметрия отражает равновесие формы – ее устойчивость. На рис.6а,б приведены примеры узоров азербайджанских ковров, обладающих вертикальной зеркальной симметрией.

Симметрия зеркального отражения, при которой объект имеет одну плоскость симметрии, относительно которой две его половины зеркально симметричны. Количество таких узоров в ковровых узорах существенно преобладает над количеством других видов симметрии. На рис.5а,б приведены центральные рисунки двух азербайджанских ковров. Данные рисунки, а) ковер “Агачлы”, автор Л.Керимов, 1969 год, б) ковер “Сахсыда гюлляр” XİX век [3, с.125,140] нами специально выделены в белом квадрате для большей наглядности

а) *б)*

Рисунок 6. Примеры рисунков с зеркальной симметрией

Абсолютная симметрия есть не во всех ковровых изделиях. Если изображение на ковре посвящено какому-либо сюжету, виду природы, литературному произведению и т.д., то практически в большинстве случаях мы будем встречаться с диссиметрией. Так, например, на рис.7а,б,в показаны: а) ковер “Ширван” XIX века; б) ковер “Овчулуг” XX века; в) ковер “Шихлы” XIX века. На всех коврах наряду с горизонтальной, вертикальной, центральной симметрии каких-либо рисунков, имеются и несимметричные рисунки [3, с.37,47,86], описывающие какой-либо сюжет, или бытовую принадлежность.

а) *б)* *в)*

Рисунок 7. Ковровые узоры с диссиметрией

4.Выводы. Проанализировав более 160 азербайджанских ковров ручной работы и принадлежащих им узоров XVIII-XX веков, из которых, более 90 % обладают и вертикальной и горизонтальной зеркальной симметрией, чуть более 7% вертикальной зеркальной симметрией и около 3% имеют изображения с диссиметрией. Наличие какого-либо вида симметрии, асимметрии, диссиметрии, а также отсутствие их позволяет облегчить процесс распознавания и идентификации [2,с.27] по данным дополнительным информативным признакам.

Литература

1.Абдуллаева Г.Г., Кязим-заде А.К. “Распознавание и идентификация плоскост-ных цветных изображений на примере ковровых узоров” «АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА», г.Рига, 2008 г. № 6, с 12-20

2. Абдуллаева Г.Г. Кязим-заде А.К. Курбанова Н.Г.” Распознавание и иденти-фикация узоров азербайджанских ковров ручной работы” Известия НАНА, т. XXVİI, № 2-3, 2007 г.

3. Лятиф Керимов. Азербайджанский ковер, Гянджлик, Баку, т.2, 1983.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСЧЁТА БАЛАНСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Миловидова Анна Александровна
Старший преподаватель кафедры САУ института САУ
Государственный университет "Дубна"
Порымов Иван Евгеньевич
бакалавр
Государственный университет "Дубна"

OPTIMIZATION OF BALANCE SHEET CALCULATIONS FOR MINING INDUSTRY

Milovidova Anna Aleksandrovna
Senior Lecturer
Dubna State University
Porymov Ivan
Bachelors degree
Dubna state university
DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.1.57.256

АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена описанию способов сокращения времени для расчёта балансов ключевых документов по описанию деятельности предприятий горноперерабатывающей промышленности. Это позволит сэкономить временные и материальные ресурсы компании. Автором предлагается несколько способов ускорения расчёта, среди них: распрямление переносов продуктов, различные варианты сортировки продуктов, выделение приоритетных групп.

ABSTRACT

This article describes ways to reduce the time needed to calculate the balances of key documents describing the activities of mining companies. This will save the company's time and material resources. The author suggests several ways to speed up the calculation, among them: straightening product transfers, various options for sorting products, highlighting priority groups.

Ключевые слова: горноперерабатывающая промышленность; оптимизация; программирование.
Keywords: mining industry; optimization; programming.

ВВЕДЕНИЕ

Основным документом, отражающим результаты деятельности по планированию работы предприятий горноперерабатывающей промышленности, является баланс. Его структура включает в себя названия используемой и производимой продукции, а также их массы в статьях прихода и расхода. Продукты состоят друг с другом в отношениях "зависимых" и "входных". Первый вид отношений подразумевает, что продукты должны пересчитаться после изменения массы данного, второй указывает на то, что расчёт данного продукта будет произведён на основе масс других. Продукты неразрывно связаны с технологическими переделами, где они были произведены или куда были отправлены на новый этап производства.

Все эти зависимости могут быть реализованы с помощью рекурсивного метода по расчёту масс продуктов и их компонентов, участвующих в составлении балансов. Однако, рекурсивные алгоритмы требуют большого количества ресурсов (особенно, если принять во внимание количество продуктов, исчисляемое десятками тысяч), что приводит к возрастанию длительности расчёта балансов. О способах сокращения этого времени на примере программной реализации на языке *C#* и пойдёт речь в данной статье.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСЧЁТА БАЛАНСОВ

Ядром расчётного модуля является рекурсивный метод *Evaluate()*. Перед непосредственным запуском процедуры происходит сортировка продуктов в зависимости от количества зависимых значений (в исходной версии).

Прежде чем достичь пункта назначения часть продуктов проходит через несколько переделов, что естественно отражается на количестве пересчётов, а, следовательно, и на длительности расчёта. Поэтому была реализована процедура по «распрямлению» переделов – *findStartProduct*.

Если входное значение переносимого продукта в свою очередь имеет входное значение, то будет вызван метод по определению первоначального передела (см. рис. 1).

Если «родительский» продукт не равен найденному, то нужно изменить связи продуктов. Для сохранения точности расчёта, при перенесении продукта больше одного раза, удаляется ссылка на данный продукт у продукта с промежуточного передела и, при необходимости перезаписывается процент переноса (отдельные значения переходят не полностью).

```
2419                List<float> partValue = new List<float>(); //список с io.part
2420                partValue.Add(1);
2421
2422                if (!input_vals[0].evaluated)//входное значение не расчитано - добавить id в цепочку вызовов и пересчитать
2423                {
2424                    if (!path.ContainsKey(this.id))
2425                        path.Add(this.id, this);
2426
2427                    if (Лист1.optimization.Contains("Оптимизация"))
2428                    {
2429                        if (this.input_vals[0].input_vals.Count != 0)
2430                        {
2431                            List<int> stream_from = new List<int>(); //список с номерами переделов
2432                            float minPart = 2;
2433                            BmParameterValue startProduct = findStartProduct(this.id_stream, this.id_p, this.id_param, stream_from, partValue, this);
2434                            if (this.input_vals[0] != startProduct && startProduct != null)
2435                            {
2436                                //this.input_vals[0].dependent_vals.Remove(this); //удаление исходного из списка зависимых. приводит к появлению ошибки при занулении околонулевых
2437                                this.input_vals.Remove(input_vals[0]); //удаление старого переноса
2438                                this.input_vals.Add(startProduct); //добавление найденного
2439                                this.input_vals[0].dependent_vals.Add(this); //добавление исходного
2440                            }
2441
2442                            foreach (float item in partValue)
2443                                if (item < minPart)
2444                                    minPart = item;
2445
2446                            //это позволяет избежать ошибок при расчёте значения, переносимого неполностью (т.е. когда io.part < 100 && io.part > 0)
2447                            this.input_part = minPart;
2448                        }
2449
2450                    }
2451
```

Рисунок 1. Вызов метода findStartProduct

Метод по определению исходного передела является рекурсивным, его код представлен на рисунке 2.

```
2356        /// <summary>
2357        /// Метод по распрямлению переделов, вызываемый из расчёта
2358        /// </summary>
2359        /// <param name="id_stream">номер передла</param>
2360        /// <param name="id_product">номер продукта</param>
2361        /// <param name="id_param">номер параметра</param>
2362        /// <param name="streamFrom">список пройденных передов</param>
2363        /// <param name="partValue"></param>
2364        /// <param name="bmp">продукт, вызвавший метод</param>
2365        /// <returns></returns>
2366
            2 references
2367        internal BmParameterValue findStartProduct(int id_stream, int id_product, int id_param, List <int> streamFrom, List<float> partValue, BmParameterValue bmp)
2368        {
2369            BmParameterValue bmpv = null;
2370            if (bmp.input_vals.Count > 0)
2371            {
2372                bmpv = bmp.input_vals[0];
2373            }
2374
2375            streamFrom.Add(bmp.id_stream);
2376            partValue.Add(bmp.input_part);
2377            if (bmpv != null && bmpv.io != null && !streamFrom.Contains(bmpv.id_stream))
2378            {
2379                bmpv = findStartProduct(bmpv.id_stream, id_product, id_param, streamFrom, partValue, bmpv);
2380            }
2381
2382            return bmpv;
2383        }
```

Рисунок 2. Код метода findStartProduct

Проведение тестирования продемонстрировало целесообразность использования данной процедуры.

Затем было решено пересмотреть сортировку продуктов, ранее производившуюся только по количеству зависимых значений, в неё было добавлено второе звено – сортировка получившейся последовательности продуктов по количеству входных продуктов. Таким образом, наиболее востребованные из них оказывались на поверхности списка. Это принесло свои плоды. Записи файлов логирования свидетельствовали о сокращении времени расчёта. Суммарно на балансах с 2021 по 2027 год было сокращено полминуты (31 секунда). Точность расчёта иногда терялась, но за допустимые пределы – 15 тонн – не выходила.

Следующий этап был посвящён анализу отношений между продуктами и назначению приоритетов. Первоначально все продукты получали одинаковый приоритет – 20, он сохранится для продуктов, не имеющих зависимых, часть из них, примерно 2%, считается рассчитанной на момент добавления в список.

В конечном итоге представляющие наибольшую важность продукты сходятся на один суммарный передел. Логично было предположить, что установка высокого приоритета (22) конечным продуктам и тем, что имеют длинную цепочку зависимостей (из двух и более звеньев), позволит запустить в первую очередь нужные цепочки пересчётов. Продукт, названный «Невязка», который рассчитывается как разница между массами прихода и расхода, используется только для проверок и в расчёте других продуктов не участвует. Он получил самый низкий приоритет – 0. С извлечениями и никем не требуемыми продуктами расхода схожая ситуация, их пересчёт, как зависимых, вызывался всякий раз после изменения массы главного по отношению к ним продукта, невзирая на их невостребованность. Значения продуктов данной категории рассчитываются в самом конце принудительно, то есть не в главном рекурсивном методе, а за его пределами. Для этого был организован цикл по пересчёту таких значений (рисунок 3).

```
1504                        val.Evaluate(new Hashtable());
1505
1506                if (this.iter < 5) //изначально this.iter < 10, но обычно после 3 проходов значения не удаляются
1507                {
1508                    foreach (BmParameterValue val in values.Where(x => x.toDelete))
1509                    {
1510                        val.remove();
1511                        //SPPvalues.Remove(val.id_stream + "." + val.id_p + "." + val.id_param + "." + val.id_raw);
1512                    }
1513                    values.RemoveAll(x => x.toDelete);
1514                }
1515
1516                notEvalCount = notEvalProduct.Count; //количество нерасчитанных значений на предыдущей итерации
1517                notEvalProduct = values.Where(v => !v.evaluated && v.dependent_vals.Count != 0).ToList(); //отсюда будет получено кол-во нерасчитанных на текущей итерации
1518
1519                if (notEvalCount - notEvalProduct.Count == 0)
1520                    sch++;
1521                else sch = 0;
1522
1523                iter++;
1524
1525                if (!values.Exists(v => !v.evaluated && v.dependent_vals.Count != 0) || (sch > 5 && Лист1.optimization.Contains("Оптимизация")))
1526                    break;
1527            }
1528
1529            if (Лист1.setMKURF)
1530                SetMKURF();
1531            if(Лист1.setOF1PN)
1532                SetOF_PN();//расчет доли ОФ ПН на ПЦ при ограничении ПДВ
1533
1534            //////расчет никем не требуемых - последний
1535            for (int i = 0; i < 1; i++)//2 прохода для уверенности
1536            foreach (BmParameterValue val in values)
1537            {
1538                if (Лист1.optimization.Contains("приоритеты") && i == 0 && val.priority == 0) val.evaluated = false; //принудительно пересчитать
1539                if (!val.evaluated && !val.toDelete)
1540                        val.Evaluate(new Hashtable());
1541                }
1542
1543
1544            SetMK_MZ();
1545            if (Лист1.setNKURF)
1546                SetNKURF_NNH();//после расчета дельты
1547            values.RemoveAll(x => x.toDelete);//TODO: очистка ссылок от других значений
1548            Int32[] masses = new Int32[]{36,21,17,15,33,35,13,11};//id параметров масс
1549
1550            for (int i = 0; i < values.Count; i++) //внешний foreach был заменён на for, т.к. в каких-то случаях появлялась ошибка из-за изменения коллекции (где оно происходит -
1551            {
1552                if (values[i] != null && masses.Contains(values[i].id_param) && values[i].val > -BME.Eps * 500 && values[i].val < BME.Eps)
```

Рис. 3. Расчёт продуктов с самым низким приоритетом

Продукты, имеющие единственное звено в цепочке зависимых значений, получали приоритет, равный 5.

Определение количества звеньев было возложено на процедуру *checkDependentVal*, код которой представлен на рисунке 4. Она вызывается от каждого продукта, хранящегося в списке *values* и если количество зависимых значений у зависимых значений данного продукта больше одного, то процедура вернёт 0, в ином случае 1.

```
1127        /// <summary>
1128        /// Проходит по зависимым значениям продукта с целью удостовериться, что они никому не требуются (тогда будет возвращёна 1)
1129        /// </summary>
1130        /// <param name="bmp">Продукт</param>
1131        /// <returns></returns>
            1 reference
1132        private int checkDependentVals(BmParameterValue bmp)
1133        {
1134            int check = 0;
1135            foreach (BmParameterValue item in bmp.dependent_vals)
1136            {
1137                if (item.dependent_vals.Count > 0) //если есть зависимые, то этот продукт должен считаться в первую очередь
1138                {
1139                    check = 0;
1140                    break;
1141                }
1142
1143                else check = 1; //ищет "тупиковые" продукты, то есть те, у чьих зависимых нет зависимых
1144            }
1145            return check;
1146        }
1147
```

Рисунок 4. Код метода checkDependentVals

Назначение приоритетов происходило в процедуре *setPriotet*. Её код на рисунке 5.

```
BalanceModelExcelAddIn | BalanceModelExcelAddIn.Balance | setPrioritet()
1081        /// Задание приоритета для определения порядка расчёта продуктов
1082        /// </summary>
            1 reference
1083        internal void setPrioritet()
1084        {
1085
1086            foreach (BmParameterValue item in values)
1087            {
1088                item.priority = 20; //сохранится для "обычных" продуктов
1089
1090                if (BME.DataRefProduct.getRefPrintName(item.id_p).Contains("Невязка"))
1091                {
1092                    item.priority = 0;
1093                    continue;
1094                }
1095
1096                if (item.id_stream == 675) //НН. логично задать высокий приоритет конечным продуктам
1097                {
1098                    item.priority = 22; //таким образом посчитаются все цепочки нужных продуктов
1099                    continue;
1100                }
1101
1102                //if (BME.DataRefProduct.getRefName(item.id_p).Contains("Расход"))
1103                    //item.priority = 10; //ускорение расчёта отдельных балансов компенсируется задержкой на других
1104
1105                if (item.dependent_vals.Count > 0)
1106                {
1107                    if (checkDependentVals(item) == 1)
1108                    {
1109                        if (BME.DataRefParameters.getRefName(item.id_param).Contains("Извлечение") || (BME.DataRefProduct.getRefName(item.id_p).Contains("Расход")
1110                            && item.dependent_vals.Count == 0)) //чтобы не было лишних пересчётов, т.к. извлечения редко участвуют в расчётах
1111                        {
1112                            item.priority = 0;
1113                            continue;
1114                        }
1115
1116
1117                        item.priority = 5; //невостребованные продукты 5
1118                        continue;
1119                    }
1120
1121                    else
1122                        item.priority = 22; //востребованные продукты
1123                }
1124            }
1125        }
1126
1127        /// <summary>
1128        /// Проходит по зависимым значениям продукта с целью удостовериться, что они никому не требуются (тогда будет возвращёна 1)
90 %
```

Рисунок 5. Код метода setPriotet

Затем были совершены реформы в других частях кода. Сортировка обогатилась третьим звеном – идущие по убыванию приоритеты продуктов.

Расширение вариантов расчёта спровоцировало новое изменений интерфейсной части, в книгу балансовой модели потребовалось добавить *comboBox* со следующими элементами: исходная версия, оптимизация, оптимизация + приоритеты. Эти варианты различаются способом сортировки продуктов и условиями прерывания расчёта, распрямление переделов распространяется только на два последних.

Также было установлено, что выход из метода *Evaluate* после завершения расчётов всех продуктов почти никогда не срабатывал, обычно прерывание происходило из-за превышения количества итераций, поэтому была создано условие, которое завершало расчёт в случае отсутствия изменений в количестве рассчитанных продуктов на протяжении пяти итераций подряд (см. рис. 6).

```
1518
1519                notEvalCount = countNotEvalProduct;
1520                countNotEvalProduct = values.Where(v => !v.evaluated && v.dependent_vals.Count != 0).Count();  //отсюда будет получено кол-во нерасчитанных на текущей итерац
1521
1522                if (notEvalCount == countNotEvalProduct)
1523                    sch++;
1524                else sch = 0;
1525
1526                iter++;
1527
1528                if (!values.Exists(v => !v.evaluated && v.dependent_vals.Count != 0) || (sch > 5 && Лист1.optimization.Contains("Оптимизация")))
1529                    break;
```

Рисунок 6. Дополнительное условие прерывания расчёта

После этого первая часть метода расчёта приобрела вид, закреплённый на рисунке 7.

```
Лист1.cs   ReferenceData.cs   ExportEngine.cs   BalanceModelEngine.cs
BalanceModelExcelAddIn   BalanceModelExcelAddIn.Balance   Evaluate()
prioritet   Current Document
1457        internal void Evaluate()
1458        {
1459            List<BmParameterValue> vals;
1460            int notEvalCount = 0; //переменная создана для хранения количества нерасчитанных продуктов на предыдущей итерации
1461            int sch = 0; //счётчик, который будет задействован в блоке проверки на прерывание цикла while (true)
1462            List<BmParameterValue> notEvalProduct = new List<BmParameterValue>(); //список нерасчитанных продуктов
1463            //использование notEvalProduct экономит 3-4 секунды расчёта в отличии от values.Where(v => !v.evaluated && v.dependent_vals.Count != 0).Count()
1464
1465            if (Лист1.optimization.Contains("Исходная"))
1466                vals = values.OrderByDescending(x => x.dependent_vals.Count).ToList(); //расчет значений по убыванию количества зависимых, снижает время расчета
1467
1468            else if (Лист1.optimization.Contains("приоритеты"))
1469                vals = values.OrderByDescending(x => x.dependent_vals.Count).ThenByDescending(x => x.input_vals.Count).
1470                ThenByDescending(x => x.priority).ToList();
1471            //сортировка по количеству входных значений (по убыванию), затем по количеству зависимых показателей (по убыванию), затем по убыванию приоритетов
1472            else
1473                vals = values.OrderByDescending(x => x.dependent_vals.Count).ThenByDescending(x => x.input_vals.Count).ToList();
1474
1475            BmParameterValue MK_URF = (BmParameterValue)GetValue(656, 1528, 17);//МК УРФ в плавку
1476            BmParameterValue Minprok = (BmParameterValue)GetValue(0, 0, 75);//Мощность Минпрок
1477            if (Minprok.val > 20000)
1478            {
1479                MK_URF.f = null;
1480                MK_URF.input_vals.Clear();
1481            }
1482
1483            while (true)
1484            {
1485                if (Лист1.stopEval)
1486                    break;
1487                if (iter >= maxIter)
1488                    break;
1489
1490                //////// блок определения схемы расчёта
1491                if (Лист1.optimization.Contains("Исходная"))
1492                    foreach (BmParameterValue val in vals)//.Where(v => !v.evaluated))
1493                        if (!val.evaluated && !val.toDelete && val.dependent_vals.Count != 0)
1494                            val.Evaluate(new Hashtable());
1495
1496                if (Лист1.optimization.Contains("приоритеты"))
1497                    foreach (BmParameterValue val in vals)
1498                        if  //(!val.evaluated && !val.toDelete)
1499                           (!val.evaluated && !val.toDelete && val.dependent_vals.Count != 0 && val.input_vals.Count != 0/* && val.priority == 22*/)
1500                            val.Evaluate(new Hashtable());
1501
1502                if (Лист1.optimization == "Оптимизация")
1503                    foreach (BmParameterValue val in vals)
1504                        if (!val.evaluated && !val.toDelete && val.dependent_vals.Count != 0 && val.input_vals.Count != 0)
1505                            val.Evaluate(new Hashtable());
90 %
```

Рисунок 7. Считывание способа расчёта

Как было сказано ранее, важность имеет не только ускорение расчёта, но и сохранение точности. Предыдущие версии способов выделения групп продуктов с помощью приоритетов не подходили именно из-за проблем с точностью, описанная здесь полностью удовлетворяет заявленным требованиям.

Файлы логирования свидетельствуют о суммарном ускорении расчёта балансов 2021-2027 годов по сравнению с исходной версией на 51-53 секунды, по сравнению с предыдущим вариантом оптимизации на 21-22 секунды. Длительность расчётов балансов разных лет в каждой из описанных версий расчёта представлены на рисунке 8.

	Версия		
Год	Исходная	Старая	Приоритеты
2021	45	29	28
2022	47	34	33
2023	48	47	45
2024	35	46	39
2025	17	17	17
2026	9	15	9
2027	51	33	28
	252	221	199

Рисунок 8. Длительности расчётов балансов для конфигурации 1

Далее были проведены расчёты на другой конфигурацияи (см. рис. 9).

Год	Исходная	Старая	Приоритеты
2021	44	37	29
2022	44	41	31
2023	42	39	36
2024	27	15	28
2025	17	17	17
2026	8	16	9
2027	47	36	48
	229	201	198

Рисунок 9. Длительности расчётов балансов для конфигурации 2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная работа демонстрирует зарекомендовавшие себя способы оптимизации расчёта балансов предприятий горноперерабатывающей промышленности. Среди них распрямление переносов продуктов, изменение способов сортировки, а также создание групп продуктов в зависимости от их приоритета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рабочий проект Балансовая модель: Техническое задание на балансовую модель по цветным, драгоценным металлам и сере ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» 2010 г.

2. Кайтмазов Н. Г. Производство металлов за Полярным кругом. Технологическое пособие — Норильск, 2006.

3. Металлоторг – режим доступа к изд.: http://www.metaltrade.ru/abc/b/balans.htm

УДК 658.512

УПОРЯДОЧЕНИЯ РАБОТ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРИ НАЛИЧИИ ПЕРЕНАЛАДОК ОБОРУДОВАНИЯ

Сошников А.В.
Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна

RATIONAL ORDERING OF WORK ON THE PRODUCTION LINE IN THE PRESENCE OF EQUIPMENT CHANGEOVERS

Soshnikov A.V.
St. Petersburg state University
industrial technology and design
DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.1.57.260

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена задача выбора рациональной очередности выполнения работ в технологических комплексах с последовательной структурой, широко распространенных в различных отраслях промышленности. Постановка задачи отличается учетом переналадок машин, входящих в линию, при смене выполняемых работ. Предложена многокритериальная модель задачи. Предложен подход и конкретные методы поиска рациональных вариантов упорядочения работ при запуске их на линию. Подход базируется на использовании принципов систематической эвристики, позволяющих генерировать ограниченное и управляемое с учетом производственных условий количество вариантов, среди которых, как предполагается, имеются и рациональные (практически приемлемые) варианты.

ABSTARCT

The method of rational ordering of work on the production line in the presence of equipment changeovers The problem of choosing a rational sequence of work in technological complexes with a consistent structure, widespread in various industries, is considered. The problem statement differs taking into account changeovers of the cars entering the line, at change of the performed works. A multicriteria model of the problem is proposed. The approach and specific methods of search of rational variants of ordering of works at their start on the line are offered. The approach is based on the use of the principles of systematic heuristics, which allow to generate a limited and manageable number of options, taking into account the production conditions, among which there are supposed to be rational (practically acceptable) options.

Ключевые слова: технологические линии, переналадки машин, очередность выполнения работ, многокритериальная модель, эвристические методы, Парето-оптимальные решения

Keywords: process lines, machine changeovers, sequence of work, multi-criteria model, heuristic methods, Pareto-optimal solutions.

Задача поиска оптимального или субоптимального порядка выполнения заданного множества работ на технологической линии при одинаковых маршрутах их движения подробно изучена в теории расписаний, и для нее имеются различные алгоритмы, в основном построенные на эвристических правилах назначения приоритетов [2],[3].

Критерием качества расписания часто выступает общее время выполнения работ. В традиционной постановке не учитываются возможные переналадки машин при смене выполняемых на них работ. Среди производственных структур часто встречаются комплексы машин, формально не связанных в единую линию, работающих автономно, но по отношению к объекту обработки представляющие цепочки операций, выполняемых последовательно. Переналадки отдельных машин при смене работ достаточно часто имеют место на практике. В этом случае в такой технологической системе правомерно ставить задачу выбора очередности выполнения работ, при которой приближаются к своим наилучшим или нормативным значениям такие показатели как общее время выполнения работ, затраты на переналадки как отдельных

машин, так и суммарные затраты. Такая постановка рассматривается в данной статье.

Пусть имеется система из m автономных (не связанных жесткими связями) машин. В системе должны быть выполнены n работ, каждая из которых включает m, выполняемых последовательно в порядке нумерации. Каждая операция закреплена за определенной машиной. Соблюдаются условия задачи Джонсона (непрерывность операций, неделимость работ, невозможность выполнения каждой машиной одновременно операций нескольких работ). При смене работ на каждой машине требуется произвести ее переналадку, причем длительность этой операции зависит от видов сменяющих друг друга работ. Для всех работ заданы длительности технологических операций, выполняемых на соответствующих машинах. Эти длительности обозначены через τ_{ik} и представлены в виде матрицы τ. Также заданы длительности переналадок при переходе на k-й машине с работы i на работу j. Эти длительности обозначены через ϑ^k_{ij} и представлены в виде m $(n \times n)$-матриц $\vartheta^k = (\vartheta^k_{ij})$, $k = 1,2,\ldots, m$. Порядок выполнения работ на всех машинах будем считать одинаковым, так что достаточно найти порядок (очередность) запуска работ на первую машину данной системы.

Трудности решения данной задачи достаточно очевидны: прямой перебор всех $n!$ вариантов запуска исключается для задач уже умеренной размерности; известный алгоритм Джонсона, дающий строго оптимальный результат, не учитывает наличие переналадок, зависящих от очередности, и пригоден лишь для случая двух и при выполнении некоторых условий трех машин [5]; рациональный вариант запуска, найденный каким-либо точным или эвристическим методом без учета переналадок, при попытке их учета может быть кардинально изменен до потери признака оптимальности или рациональности.

При решении практических задач, для которых приведенная выше постановка является подходящей моделью, как правило, применяются эвристические методы, не имеющие формального обоснования, но обеспечивающие получение приемлемого решения при незначительном объеме вычислительной работы. Характерным для таких методов является применение приоритетной схемы, состоящей в назначении для каждой работы по некоторому правилу численного параметра (приоритета) с последующим упорядочением работ по убыванию или возрастанию их приоритетов. Качество решения (степень близости значения критерия к минимальному) зависит, очевидно, от принятого правила назначения приоритетов. Для задачи без операций переналадки предложено большое число различных правил, приводящих к расписаниям с удовлетворительными оценками качества [2],[3],[5]. Приоритеты в таких правилах рассчитываются как те или иные функции длительностей технологических операций $p_i = p(\tau_{ik})$. Указать какие-либо правила расчета приоритетов по длительностям переналадок представляется невозможным, так как эти длительности относятся не к отдельным работам, а связывают между собой пары работ, что в итоге приводит к связности всей совокупности работ. Это ведет к трудностям или даже невозможности оценки влияния отдельной работы на потенциальные затраты ресурсов на переналадки.

Рассмотрим более подробно предлагаемый подход к решению задачи. Согласно этому подходу предварительно формулируются некоторые формальные или эвристические правила, по которым в результате поочередного их применения генерируется множество вариантов упорядочения работ, которые оцениваются по принятому набору критериев. Число используемых правил, очевидно, ограничено. Соответственно, анализу подвергается относительное небольшое и, что важно отметить, регулируемое количество вариантов. То обстоятельство, что правила формулировались как действующие в сторону улучшения соответствующего критерия качества формируемого расписания, дают определенные основания ожидать, что среди сгенерированных вариантов будут и приемлемые, рациональные варианты. Выбор наиболее предпочтительного варианта осуществляется согласно принятым требованиям к решению. Процедура выбора по единственному критерию очевидна. Выбор с учетом нескольких критериев возможен по различным схемам, используемым при выборе из конечного множества альтернатив. В частности, укажем такие методы, как предварительное выявление и последующий сравнительный анализ Парето-оптимальных решений [7].

Рассмотрим задачу в многокритериальной постановке. В качестве критериев примем два показателя: 1) общее время выполнения всех работ на линии $T^0 = T^0(\pi_q)$, зависящее от упорядочения работ π_q $q = 1,2, \ldots,N$, и 2) суммарные потери, связанные с переналадками на всех машинах $S^0 = S^0(\pi_q)$, определяемые принятой очередностью выполнения работ и линейно зависящие от длительностей операций переналадки. Целевые функции, выражающие эти критерии, имеют вид:

$$T^0 = \max_{k} (T_k) \rightarrow \min_{U^*}, \qquad (1)$$

где

T_k – момент окончания выполнения работ на k-й машине, $k = 1, 2,\ldots,m$;

U^* – множество вариантов упорядочения работ π_q , $q = 1,2, \ldots,N$, предварительно сгенерированных по принятым правилам и число которых N установлено с учетом ограничения на время поиска решения.

$$S^0 = \sum_{k=1}^{m} \sum_{i=1}^{n-1} s^k \vartheta^k_{[i][i+1]} \rightarrow \min_{U^*} \qquad (2)$$

где

s^k – потери из-за простоев k-й машины в течение учетной единицы времени;

$\vartheta^k_{[i][i+1]}$ – длительность операции переналадки k-й машины при смене $[i]$-й по очереди работы на

[i+ 1]-ю (обозначение *[i]* указывает место *i*-й работы в упорядоченной последовательности π_q).

Предположим, что соотношение ожидаемых общих затрат времени на выполнение технологических операций и операций по переналадке машин дает основание для учета обоих указанных критериев. Для иллюстрации подхода примем один из возможных наборов правил генерирования вариантов очередности выполнения работ.

Правило 1. Рассчитаем для каждой *j*-й работы ($j = 1,...n$) значения приоритета p_j по данным о длительностях ее технологических операций τ_{ij} , $i = 1, ..., m$. Задачу выбора способа расчета приоритетов работ без учета переналадок считаем предварительно решенной. Большое число способов расчета на основе различных эвристик представлено в литературе (см. например, [2], [3]). Сформируем вариант упорядочения работ π_1^0 , расположив их по убыванию приоритетов. Заметим, что можно применить и такой прием: сгенерировать несколько последовательностей, рассчитывая каждый раз приоритеты по различным правилам.

Правило 2. Данное правило предусматривает генерирование *m* вариантов упорядочения, каждый из которых дает рациональную очередность выполнения работ на одной из машин. Последовательность работ, рациональную по критерию сокращения потерь из-за переналадок на *k*-й машине, обозначим через π_2^k , $k = 1, 2,...,m$. Для поиска этих последовательностей может быть использован метод, предложенный в статье [1].

Предположим, что в результате применения указанных правил сформировано множество вариантов упорядочения работ U^*. Дальнейшие действия могут вестись в двух направлениях. Первое направление основано на предположении о наличии в множестве U^* приемлемого (рационального) варианта и задача состоит в его выявлении. Второе направление состоит в «конструировании» искомого варианта из сгенерированных вариантов с помощью некоторого правила. Причем этот компромиссный вариант может не совпадать ни с одним из вариантов, присутствующих в U^*.

Рассмотрим первое из указанных направлений. Процедура выбора достаточно проста и включает три этапа.

Этап 1. Для каждого варианта упорядочения $\pi_q \epsilon U^*$ рассчитываем по формулам (1), (2) значения критериев $T^0(\pi_q)$ и $S^0(\pi_q)$.

Этап 2. Среди всех вариантов путем попарного сравнения двухкомпонентных векторов критериев выявляем Парето-оптимальные варианты. Напомним, что вариант *a* доминирует по Парето над вариантом *b*, если выполняются, в данном случае, два неравенства $T^0(a) \leq T^0(b)$ и $S^0(a) \leq S^0(b)$, причем, хотя бы одно из них строгое. Если выявлен единственный вариант, обладающий этим свойством, то именно он выбирается в качестве компромиссного решения задачи. Если Парето-оптимальных вариантов несколько, то выполняется этап 3.

Этап 3. С учетом субъективных суждений лица, принимающего решения, об относительной важности критериев выбирается один из Парето-оптимальных вариантов упорядочения.

Процедура закончена.

Приведем пример применения данной процедуры.

На линии из двух последовательных машин ($m = 2$) должны быть выполнены пять работ ($n = 5$) *a, b, c, d, e*. Выполняются условия задачи Джонсона. Длительности технологических операций τ_{ij} ($i = 1,2; j = a, b, c, d, e$) приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Длительности технологических операций (*усл. ед. времени*)

Номер машины	Длит-ти операций	a	b	c	d	e	∑
1	τ_{1j}	3	4	3	4	5	19
2	τ_{2j}	5	7	3	2	1	18

При смене работ на каждой машине необходимо выполнить операции переналадки. Длительности операций по переналадке каждой из машин представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2.

Длительности операций переналадки первой машины

Работы	a	b	c	d	e
a	∞	1	3	5	4
b	3	∞	5	6	1
c	4	5	∞	1	6
d	6	2	1	∞	1
e	4	5	5	1	∞

Таблица 3.

Длительности операций переналадки первой машины

Работы	a	b	c	d	e
a	∞	4	3	5	1
b	1	∞	7	6	4
c	5	1	∞	3	2
d	6	8	1	∞	4
e	4	3	2	1	∞

Оценки потерь от простоев машин в единицу времени равны $s^1 = 3$ *усл.ед.*, $s^2 = 5$ *усл. ед.* Требуется найти вариант рациональной очередности выполнения работ с учетом двух критериев (2) и (3), которые для лица, принимающего решение, являются равноценными.

Следуя приведенным выше правилам, сгенерируем варианты упорядочения работ. Последовательность π_1^0 получим, применив алгоритм Джонсона для двух машин. Для этого разделим множество работ на два подмножества J_1 и J_2 по правилу: $J_1 = \{j: \tau_{1j} < \tau_{2j}\}$ и $J_2 = \{j: \tau_{1j} \geq \tau_{2j}\}$. Подмножество J_1 упорядочим по возрастанию τ_{1j}, подмножество J_2 – по убыванию τ_{2j}. Вначале запускаются работы из J_1, затем – из J_2 [5]. В результате получим последовательность $\pi_1^0 = < a, b, c, d, e>$, оптимальную по критерию общего времени выполнения всех работ на линии.

Последовательности π_2^1 и π_2^2 получим, применив алгоритм, предложенный в [1], поочередно к первой и второй машинам, используя, соответственно, данные таблиц 2 и 3. Получим следующие последовательности:

$\pi_2^1 = < a, b, e, d, c>$ и $\pi_2^2 =<e, d, c, b, a>$.

Построив для каждой последовательности диаграммы Гантта, определим для них значения критериев $T^0(\pi_q)$ и $S^0(\pi_q)$. Полученные результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Значения критериев для различных вариантов упорядочения работ

Последовательность	Общее время выполнения работ	Общее время переналадок
π_1^0	*39*	*26*
π_2^1	***31***	***14***
π_2^2	*36*	*14*

Из этих последовательностей только одна, а именно, π_2^1 является Парето-оптимальной (в таблице выделена жирным шрифтом), так как она доминирует по Парето две другие последовательности.

Именно последовательность π_2^1 может быть принята, как искомое решение задачи.

Рассмотренный пример носит иллюстративный характер и не дает оснований для вывода об абсолютной и относительной эффективности использованных методов. Для этого требуются более основательные статистические исследования. Здесь ограничимся указанием на результаты значительного числа расчетов, подтверждающих возможность применения предложенного подхода для поиска рациональных вариантов упорядочения работ при решении задачи в производственных условиях.

Литература

1. Сошников А.В. Метод сокращения организационных простоев оборудования при смене ассортимента продукции // Вестник СПГУПТД. Серия 3. Экономические, гуманитарные и общественные науки. – 2019. – № 4. – С. 3–8.

2. Архипов А. В. Эвристические методы в управлении производством: на материале текстильной и легкой промышленности. – Л.: Изд-во ЛГУ,1983. – 163 с.

3. Эвристические методы календарного планирования / Подчасова Т. П., Португал В. М., Татаров В. А., Шкурба В. В. – К.: Техніка, 1980. – 140 с.

4. Танаев В. С., Шкурба В. В. Введение в теорию расписаний. – М.: «Наука», 1975. – 256 с.

5. Конвей Р. В., Максвелл В. Л., Миллер Л. В. Теория расписаний. – М.: «Наука», 1975. – 360 с.

6. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач – М.: Наука. – 1982. – 286 с.

УДК 658.512

ЭКСПРЕСС-МЕТОД СОКРАЩЕНИЯ ПОТЕРЬ ВРЕМЕНИ НА ПЕРЕНАЛАДКИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ СМЕНЕ АССОРТИМЕНТА ПРОДУКЦИИ

Сошников А.В.
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

METHOD OF REDUCING ORGANIZATIONAL DOWNTIME OF EQUIPMENT WHEN CHANGING THE PRODUCT RANGE

Soshnikov A.V.
St. Petersburg state University industrial technology and design
DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.1.57.261

АННОТАЦИЯ

Рассматривается задача сокращения непроизводительных потерь времени в многономенклатурных производствах, связанных с необходимостью переналадок оборудования при смене ассортимента продукции. Разработана модель характерной производственной ситуации в виде комбинаторной задачи поиска цепи в полном ориентированном графе. Предложен эвристический метод решения задачи, использующий ряд приемов, позволяющих существенно сократить объем перебора при поиске приемлемого по критерию суммарной длительности переналадок варианта очередности обработки различных видов продукции. Приведены примеры, подтверждающие возможность применения метода для решения данного типа задач в производственных условиях в оперативном режиме.

ABSTARCT

The problem of reducing unproductive time losses in diversified industries associated with the need for equipment changeovers when changing the product range is considered. A model of a typical production situation is developed in the form of a combinatorial problem of finding a chain in a complete oriented graph. A heuristic method for solving the problem using a number of techniques that can significantly reduce the amount of search in the search for an acceptable criterion for the total duration of changeovers version of the order of processing of different types of products. Examples are given confirming the possibility of applying the method to solve this type of problems in production conditions in the operational mode.

Ключевые слова: технологическое оборудование, затраты на переналадки, упорядочение работ, эвристический метод, быстродействие алгоритма.

Key words: technological equipment, the cost of conversion, streamlining of work of the heuristic method, the performance of the algorithm.

В статье рассматривается задача оперативного определения очередности выполнения заданного множества работ с использованием оборудования, требующего переналадок при смене выполняемых работ.

Рассмотрим следующую характерную для многих производств задачу.

Имеется технологический аппарат, на котором должны быть выполнены n работ. Все работы подготовлены к выполнению и могут быть выполнены в любой очередности. При смене работ затрачиваются ресурсы, объем которых зависит от видов сменяющих друг друга работ. Примем для определенности, что речь идет о затратах времени. Нормативные длительности переналадок при выполнении всех работ представляются в виде квадратной

$(n \times n)$-матрицы $\vartheta = \{\vartheta_{ij}\}$, $i,j = 1,\ldots, n$.

Очевидно, что длительности переналадок представляют собой непроизводительные потери рабочего времени, и суммарную величину этих потерь желательно свести к минимуму. Другими словами, требуется найти такую очередность выполнения работ, при которой суммарные затраты на переналадки аппарата минимальны.

Приведенная постановка задачи является хорошо известной в теории производственных расписаний [3]-[6]. Ее моделью является *задача коммивояжера*, относящаяся к классу комбинаторных задач дискретного программирования, чаще всего формулируемая как задача нахождения замкнутого (гамильтонова) контура в конечном ориентированном графе. Вершины графа представляют работы i $(i = 1,\ldots,n)$, а дуги $(i \rightarrow j)$ соответствуют отношению *«j следует за i»*. Задача относится к классу т. н. *NP*-трудных задач в связи с экспоненциальным ростом числа необходимых вычислительных операций при увеличении размерности (числа вершин в графе) [6]. Кроме трудоемкого метода полного перебора, пригодного для решения любой конечной комбинаторной задачи, разработаны различные приближенные методы (в частности, метод «ветвей и границ»), позволяющие оценить степень близости найденного контура к неизвестному оптимальному варианту. Приближенные методы нацелены на сокращение объема перебора, но, как правило, его объем нельзя предсказать, что снижает возможность применения метода в оперативных условиях. По этой причине получили развитие различные эвристические методы (метод ближайшей вершины, «жадные» алгоритмы и др.), полностью исключающие или существенно сокращающие объем перебора контуров за счет потери возможности в конкретной задаче оценить близость результата к оптимальному. Эвристические методы часто не претендуют на статус универсальных методов и показывают приемлемую эффективность при выполнении некоторых ограничений, отражающих специфические условия конкретных производств.

В данной статье рассматривается задача выбора очередности выполнения работ на технологическом аппарате при наличии переналадок, объем которых зависит от принятой очередности. При этом предполагается, что не требуется учитывать исходное и конечное состояния аппарата; любая из работ может стать начальной, и указаны длительности переналадок для любой пары работ. В этом случае задаче соответствует полный ориентированный граф, в котором каждая пара вершин связана двумя разнонаправленными дугами. Весами дуг являются известные длительности соответствующих переналадок. Требуется установить ориентированную цепь (орцепь), проходящую по одному разу через все вершины графа и имеющую минимальный суммарный вес. При этом не требуется замыкания цепи, что несколько упрощает модель и отличает ее от классической постановки задачи коммивояжера.

Заметим, что в производственных условиях часто критичным является время поиска решения, при этом уровень приемлемости найденного варианта не формализован либо задается нечетко. Для этих условий предлагается алгоритм, в основу которого положены некоторые умозрительные соображения, позволяющие сократить объем перебора вариантов упорядочения работ.

Итак, имеется множество работ, помеченных номерами $1,\ldots,n$; задана квадратная $(n \times n)$-матрица длительностей переналадок $\vartheta = \{\vartheta_{ij}\}$, $i,j = 1,\ldots, n$. Элементы главной диагонали ϑ_{ii} пометим знаком ∞. Граф задачи представим в виде матрицы смежности $R = \{r_{ij}\}$, $r_{ij} = 1$, если существует дуга $(i \to j)$. В силу производственных особенностей граф является полным и все элементы вне главной диагонали матрицы смежности равны единице. Число дуг в исходном графе и, соответственно, число единиц в матрице смежности равно $n_c = n(n-1)$.

Поскольку по предположению граф является полным, то в нем существует $N = n!$ орцепей, проходящих по одному разу через все вершины. Число N чрезвычайно быстро растет с увеличением n, так что, начиная с некоторого значения числа вершин, делается невозможным или нерациональным выполнение полного перебора. Предлагаемая процедура предусматривает выполнение нескольких действий, направленных на сокращение перебора.

Наряду с множеством вершин графа данной задачи, будем рассматривать множество дуг $D = \{(i \to j), i,j = 1,\ldots n, i \neq j\}$. Дугу $(i \to j)$ будем также обозначать (i, j). Упорядочим дуги произвольным образом и пронумеруем их в принятом порядке. Для определенности примем порядок нумерации дуг в соответствии с таблицей

Дуга, (i→ j)	(1→2)	(2→1)	(1→3)	(3→1)	…..	((n-1)→n)	(n→(n-1))
Номер, p	1	2	3	4	…..	n_c-1	n_c

Если дуге $(i \to j)$ присвоен номер (индекс) p, то будем писать $(i \to j)_p$ или $(i, j)_p$. Сформируем квадратную $(n_c \times n_c)$-матрицу $S = \{s_{pq}\}$, $p, q = 1,\ldots,n_c$, которую назовем матрицей связи. Элементы матрицы принимают следующие значения: $s_{pp} = \infty$; $s_{pq} = 1$, $p \neq q$, если дуги, соответствующие индексам p и q, являются смежными, т. е. конечная вершина дуги p совпадает с начальной вершиной дуги q. Если $s_{pq} = 1$, то дуга p может быть соединена с дугой q, т. е. обе дуги могут войти в искомую цепь. В противном случае примем $s_{pq} = 0$. Значение $s_{pq} = 1$, таким образом, «разрешает» соединение двух дуг, соответствующих строке и столбцу матрицы связи. Следует также учесть, что при синтезе цепи не требуется возвращаться в ранее включенные в цепь вершины, что помечается нулевыми значениями соответствующих элементов матрицы.

Используя принятые обозначения, можно значение элемента s_{pq} определить так: $s_{pq} = 1$, если $(i \to j)_p$ и $(j \to k)_q$, $p, q = 1,2,\ldots n_c$, $p \neq q$, при этом $i, j, k = 1,\ldots,n$, $i \neq j \neq k$.

Матрицу связи удобно использовать при поочередном синтезе возможных цепей в графе: начав синтез цепи с любой дуги, т. е., выбрав строку p, выбираем далее один из разрешенных столбцов, например, с индексом q, образуя связку двух дуг. Далее переходим к строке q и аналогичным образом присоединяем к связке еще одну из разрешенных дуг. Процедура заканчивается, когда в связке будут соединены $(n - 1)$ дуг. Процедура обеспечивает прохождение по одному разу всех вершин графа и позволяет выявить все возможные цепи.

Приведем пример. Пусть выполнению подлежат четыре работы ($n = 4$). Матрица длительностей переналадок (в условных единицах времени) имеет вид:

Работы	**1**	**2**	**3**	**4**
1	∞	4	10	8
2	12	∞	3	6
3	2	12	∞	5
4	4	8	7	∞

Построим матрицу связи для этой задачи. Размерность матрицы 12×12. Предварительно опишем множество дуг и занумеруем их в определенном порядке, который выберем произвольно (см. таблицу).

Дуга, (i , j)	*Номер, p*	*Дуга, (i , j)*	*Номер, p*	*Дуга, (i , j)*	*Номер, p*
(1,2)	*1*	*(1,4)*	*5*	*(2,4)*	*9*
(2,1)	*2*	*(4,1)*	*6*	*(4,2)*	*10*
(1,3)	*3*	*(2,3)*	*7*	*(3,4)*	*11*
(3,1)	*4*	*(3,2)*	*8*	*(4,3)*	*12*

Построим для этой задачи матрицу связи S (напомним, что при фиксированной размерности расположение единиц в матрице зависит только от принятого правила нумерации). Поясним заполнение только одной строки матрицы, например, с номером $p = 1$.

Элемент $s_{11} = \infty$ (соединять дугу с собой не требуется); дуга $(1,2)_1$ может быть смежной с дугами $(2,1)_2$, $(2,3)_7$, $(2,4)_9$. Но возврат в ранее пройденные вершины запрещен, поэтому устанавливаем следующие значения элементов $s_{12} = 0$; $s_{17} = 1$; $s_{19} = 1$. Все остальные элементы первой строки s_{1k} , $k = 3,4,5,6,8,10,11,12$ принимаем равными нулю.

Аналогичным образом заполняем все строки матрицы (см. таблицу). Заметим, что число единиц в каждой строке и в каждом столбце равно $(n – 2)$ и в данном случае равно двум.

Номера дуг	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
1	∞	0					1		1			
2	0	∞	1		1							
3			∞	0				1			1	
4	1		0	∞	1							
5					∞	0				1		1
6	1		1		0	∞						
7				1			∞	0			1	
8		1					0	∞	1			
9						1			∞	0		1
10		1					1		0	∞		
11						1				1	∞	0
12				1				1			0	∞

Незаполненные элементы таблицы имеют нулевые значения.

Поясним процедуру генерирования цепи.

Примем дугу ***1*** в качестве начальной. В первой строке разрешены переходы к дуге ***7*** либо к дуге ***9***. Примем переход ***1→7*** (связываем дуги ***1*** и ***7***). Далее рассматриваем строку ***7***. из нее разрешены переходы к дуге ***4*** либо к дуге ***11***. Дуга ***4*** ведет к уже пройденной вершине и поэтому исключается. Переходим к дуге ***11***. Построение цепи завершено. Она имеет вид:

(1→2), (2→3), (3→4). По матрице длительностей переналадок устанавливаем суммарное значение этого показателя, равное *12 усл. ед. времени.*

Организовав по той или иной схеме циклическую процедуру с проверкой ряда очевидных условий, получим полный список всех цепей, удовлетворяющих поставленным условиям. Количество таких цепей равно в данном случае $4! = 24$. Лучшая из них имеет длительность *11 усл. ед. времени*. Максимальная суммарная длительность переналадок равна *32 усл. ед. времени,* средняя величина показателя – *20,4*.

Рассмотренная процедура перебора является одной из множества возможных. Все они незначительно различаются по трудоемкости выполнения. Предложенный вариант отличается повышенными возможностями регулирования объема перебора, т. е. количества генерируемых и анализируемых цепей.

Рассмотрим подход к сокращению объема перебора.

Основная идея подхода заключается в исключении из рассмотрения дуг, имеющих «вес» (длительность переналадки аппарата), превышающий некоторый заранее заданный порог $\vartheta_{гр}$. При достаточно низком пороге количество генерируемых цепей может быть существенно сокращено. Но при этом, очевидно, появляется риск отсечь «хорошие» варианты, а в худшем случае вообще исключить возможность генерации цепи, удовлетворяющей требованиям. Интуитивным «обоснованием» применения такого приема является ожидание, что при разумном пороге не все цепи будут заблокированы, а только те из них, которые включают дуги с весом, превышающим порог. Также представляется очевидным, что работоспособность и эффективность приема зависит от размерности задачи и распределения значений весов дуг. Оценки эффективности могут быть получены статистическими методами, как это принято при исследовании приближенных алгоритмов, в том числе, построенных на эвристических принципах [5], [6].

Так в рассмотренном выше примере, если положить величину порога равной средней длительности переналадок (*6,75*), то исключаются дуги с номерами ***2, 3, 5, 8, 10, 12***. Объем перебора сокращается вдвое, до *12* вариантов, и при этом, как показывают расчеты, сохраняются цепи с минимальной и близкой к ней длительностью. Снижение порога до величины *4,9* сокращает объем перебора до *8* вариантов и также сохраняет варианты с близкой к оптимальной длительностью переналадок.

Некоторые дополнительные возможности регулирования объема перебора появляются при использовании вспомогательных характеристик, рассчитываемых по исходной матрице длительностей переналадок.

Введем следующие параметры:

- нижняя граница суммарной длительности переналадок

$$T_{min} = \sum_{i} \min_{j} \{\vartheta_{ij}\} - \max_{i}\{\min_{j} (\vartheta_{ij})\}. \quad (1)$$

Формула представляет собой сумму *n* минимальных значений элементов каждой строки за вычетом наибольшего из них. Этим учитывается,

что длительность цепи образуется суммированием *(n – 1)* слагаемых.

- верхняя граница суммарной длительности переналадок

$$T_{max} = \sum_{i,j} \max \{\vartheta_{ij}\} - \min_{i,j}\{\max (\vartheta_{ij})\}. \quad (2)$$

- оценка среднего значения суммарной длительности переналадок цепи

$$T_{ср} = \vartheta_{ср} (n - 1). \quad (3)$$

- средняя длительность одной операции переналадки

$$\vartheta_{ср} = (\sum_{i}\sum_{j}\vartheta_{ij})/ n_c . \quad (4)$$

Приведенные параметры могут быть использованы при организации процесса поиска рационального варианта цепи. Рассмотрим одну из возможных процедур.

Назначение приоритетов дуг по значениям их весов (длительностей переналадок). Приоритет r_p дуги $(i, j)_p$ назначается по одному из правил:

а) $r_p = 1$, *если* $\vartheta_{ij} < \vartheta_{ср}$; $r_p = 0$, *если* $\vartheta_{ij} \geq \vartheta_{ср}$;

б) $r_p = 1$, *если* $\vartheta_{ij} < \vartheta_{гр1}$; $r_p = 0$, *если* $\vartheta_{гр1} \leq \vartheta_{ij} < \vartheta_{гр2}$; $r_p = -1$, *если* $\vartheta_{гр2} \leq \vartheta_{ij} < \vartheta_{max}$,

здесь обозначены: $\vartheta_{гр1}$, $\vartheta_{гр2}$ – произвольные граничные значения, удовлетворяющие условиям $\vartheta_{min} < \vartheta_{гр1} < \vartheta_{гр2} < \vartheta_{max}$; $\vartheta_{min} = \min_{i,j}(\vartheta_{ij})$, $\vartheta_{max} = \max_{i,j}(\vartheta_{ij})$.

Оба правила предусматривают на очередном шаге для продолжения синтезируемой цепи среди разрешенных дуг-претендентов выбирать дугу с наибольшим приоритетом. Правила, таким образом, направлены на преимущественное использование дуг с меньшими значениями весов. Приведенный выше пример можно рассматривать как иллюстрацию применения «жесткого» варианта правила а): дуги с малым (нулевым) приоритетом полностью исключались из матрицы связи *S* и не участвовали в синтезе цепей.

Остановка циклической процедуры перебора вариантов при поиске приемлемой по суммарной длительности переналадок цепи. Как было ранее отмечено, в практической производственной задаче часто требование оперативности получения результата доминирует над его близостью к оптимальному. Этим оправдывается использование различных эвристических процедур. В данном случае в качестве критерия остановки поиска предлагается использовать попадание лучшего из достигнутых значений суммарного веса цепи в заранее заданный диапазон. Такой диапазон может быть установлен по различным правилам. В качестве примера приведем следующий способ: диапазон возможных значений критерия (суммарной длительности переналадок) $[T_{min}, T_{max}]$ с помощью значения $T_{ср}$ делится на два поддиапазона: $[T_{min}, T_{ср}]$ и $(T_{ср}, T_{max}]$.

Процедура поиска останавливается, если лучшая из синтезированных к текущему моменту цепей имеет значение критерия, попадающее в первый поддиапазон. Это правило является весьма «мягким»: при значительной величине исходного диапазона $[T_{min}, T_{max}]$ возможно быстрое получение варианта с критерием, близким к среднему, но далеким от минимально возможного. Отметим, что, если исходный диапазон невелик, например,

$(T_{max} - T_{min}) < T_0$,где T_0 – некоторое положительное число, то в качестве искомого решения может быть взят любой вариант цепи, удовлетворяющий требованиям, и поиск проводить нецелесообразно.

Вместо $T_{ср}$ может быть использовано иное значение $T_{гр}$ $(0 < T_{гр} < T_{ср})$. В этом случае требование к близости критерия к минимальному ужесточается, что может отрицательно сказаться на объеме перебора и, соответственно, времени поиска.

Выше описаны принципиальные положения предлагаемого эвристического подхода и опущены технические детали реализации алгоритма.

Одним из обязательных вопросов, связанных с применением эвристических методов, является вопрос об их эффективности. При использовании матриц весов с произвольными значениями элементов затруднительно установить оптимальные варианты цепей и, соответственно, оценить близость к ним найденных эвристических решений. Удобным приемом для проведения тестирования алгоритма является формирование и использование матриц специального вида, в которых наилучший вариант цепи является очевидным. После этого задача с такой особой матрицей решается с помощью тестируемого алгоритма и полученный с его помощью результат сравнивается с известным оптимальным решением. Серия таких расчетов дает основание для статистических выводов о качестве метода.

В качестве примера рассмотрим следующую *(5 x 5)*-матрицу длительностей переналадок ϑ.

Работы	*a*	*b*	*c*	*d*	*e*
a	∞	*1*	*10*	*6*	*8*
b	*4*	∞	*1*	*5*	*12*
c	*15*	*10*	∞	*1*	*9*
d	*7*	*3*	*6*	∞	*1*
e	*5*	*9*	*7*	*11*	∞

Значения, равные единице, присвоены элементам, расположенным над главной диагональю, так, чтобы было очевидным, что минимальной цепью является последовательность дуг *(a,b), (b,c), (c,d), (d,e)*, для которой значение критерия равно *4*. Параметры матрицы ϑ и принятые граничные значения для назначения приоритетов дуг $\vartheta_{гр}$ и остановки поиска $T_{гр}$ представлены в таблице.

$\min(\vartheta_{ij})$	$\max(\vartheta_{ij})$	$\vartheta_{ср}$	$\vartheta_{гр}$	T_{min}	T_{max}	$T_{ср}$	$T_{гр}$
1	15	6,55	6	4	55	26,2	10

В соответствии с предложенным методом из рассмотрения исключены дуги с весом, превышающим $\vartheta_{гр}$. Это следующие 10 дуг: *(a, c), (a, e), (b, e), (c, a), (c, b), (c, e), (d, a),*

(e, b),(e, c), (e, d). При выборе в качестве начальной дуги *(a,b)* алгоритм сразу формирует оптимальный вариант цепи с суммарной длительностью *4* ед. Поиск может быть остановлен. При выборе дуги *(d, e)* или *(c, d)* алгоритм формирует варианты цепей с одинаковой длительностью равной *8* ед. И в этих случаях требования к решению выполнены. Если ужесточить требования к объему поиска, например, приняв $T_{гр} = 7$, то оптимальное решение будет найдено не более, чем с третьей попытки.

При решении серии тестовых задач размерностью до 10 работ были получены аналогичные результаты по эффективности метода. Это позволяет рекомендовать его для применения в производственных условиях при решении задач оперативного планирования загрузки технологических аппаратов с учетом длительностей переналадок.

Литература

1. Архипов А. В. Эвристические методы в управлении производством: на материале текстильной и легкой промышленности. – Л.: Изд-во ЛГУ,1983. – 163 с.

2. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О.Н. Системный анализ и синтез стратегических решений в инноватике: Математические, эвристические и интеллектуальные методы системного анализа и синтеза инноваций. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 306 с.

3. Танаев В. С., Шкурба В. В. Введение в теорию расписаний. – М.: «Наука», 1975. – 256 с.

4. Конвей Р. В., Максвелл В. Л., Миллер Л. В. Теория расписаний. – М.: «Наука», 1975. – 360 с.

5. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. Пер. с англ.-М.: Мир, 1978. – 432 с.

6. Рейнгольд Э., Нивергельд Ю., Део Н. Комбинаторные алгоритмы. Теория и практика. Пер. с англ. - М.: Мир, 1980. - 476 с.

ОСОБЕННОСТИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЯХ И СИСТЕМАХ

Бабенко Владимир Владимирович
аспирант,
Воронежский государственный технический университет
Россия, г. Воронеж
Хайченко Илья Александрович
аспирант,
Воронежский государственный технический университет
Россия, г. Воронеж
Нефедов Юрий Васильевич
аспирант,
Воронежский государственный технический университет
Россия, г. Воронеж

FEATURES OF REACTIVE POWER COMPENSATION IN ELECTRIC POWER NETWORKS AND SYSTEMS

Babenko Vladimir Vladimirovich
aspirant,
Voroneh State Technical University
Russia, g. Voronezh
Haichenko Ilya Aleksandrovich
aspirant,
Voronezh State Technical University
Russia, g. Voronezh
Nefedov Yurij Vasilyevich
aspirant,
Voronezh State Technical University

Russia, g. Voronezh
DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.1.57.264

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены концептуальные вопросы специфики оптимизации режимов электроэнергетических систем путем компенсации реактивной мощности, с учетом уровня напряжения. С учетом уровня качества электроэнергии, режимов изменения нагрузки, удельной стоимости средств регулирования и функциональных задач, определены алгоритмические требования к процессу оптимизации: по критерию минимума потерь электроэнергии в сетях и минимума ущерба конкретных потребителей (группы потребителей), соответственно. Предложены наиболее эффективные аппаратные средства на основе статических устройств технологической платформы FACTS.

ABSTRACT

The article considers the conceptual issues of the specifics of optimizing the modes of electric power systems by compensating for reactive power, taking into account the voltage level. Taking into account the level of electric power quality, load change modes, specific cost of the control means and functional tasks, it is determined the algorithmic requirements for the optimization process: according to the criterion of the minimum loss of electric power in the networks and the minimum damage of specific consumers (consumer groups), respectively. The most efficient hardware based on static devices of the FACTS process platform is proposed.

Ключевые слова: электроэнергетические сети и системы, компенсация реактивной мощности, снижение потерь электроэнергии, аппаратные средства, критерии оптимального управления

Keywords: electric power networks and systems, reactive power compensation, reduction of electric power losses, hardware, optimal control criteria

Важным фактором успешного развития экономики любого государства является реализация современных технологий повышения энергоэффективности функционирования его энергетического комплекса. С учетом роли последнего для нашей страны, поставленная задача становится первоочередной. Подтверждении сказанному находит отражение во многих законодательных актах нашего государства [1,2]. В них даны рекомендации по использованию широкого перечня энергосберегающих технологий и предметные области их применения. В основном, техническая реализация задач подобного рода лежит в переходе от имеющихся электроэнергетических сетей к современным системам на базе концепции Smart Grid, которые позволят обеспечить качественную оптимизацию их режимов работы по основным критериям: минимальные потери электрической мощности и затраты на эксплуатацию сетей, высокое качество электрической энергии [3]. В области технических решений, концепцией Smart Grid предусматриваются решение следующих вопросом: максимально широкое использование активно-адаптивных элементов (объектов) электроэнергетических систем, применение статических устройств на основе энергоэффективных электрических машин и силовой электроники (технологическая платформа FACTS, программные пути минимизации технико-экономических потерь на всех этапах передачи, преобразования и потребления электроэнергии[4].

Специфика передачи и распределения электрической энергии (ЭЭ) по системам переменного тока, позволяет эффективно реализовывать основные функции активно-адаптивных элементов (объектов) электроэнергетических систем только при регулировании не только напряжения, но и реактивной мощности. Специфика определяется неотъемлемыми потерями электрической энергии при ее передаче (которые называют «технологическими потерями»), обусловленными загрузкой сетей электроснабжения активной и реактивной мощностью, передаваемой потребителям по линиям электропередачи. Изменения активной мощности определяются только режимом работы потребителей электроэнергии. Поэтому важным фактором реализации энергоэффективных технологий, является возможности изменения потоков реактивной мощности через сети электроснабжения с помощью дополнительных компенсирующих устройств. Это дает возможность оптимизировать баланс производства и потребления электроэнергии в системе, который нормативно контролируется уровнем напряжения в контрольных точках.

При этом снижаются потоки (а, следовательно, и потери электроэнергии) реактивной мощности, повышается запас статической устойчивости сетевых объектов, увеличивается их пропускная способность по активной мощности, повышается надежность электроснабжения за счет снижения реакции автоматизированных систем энергетических объектов к возмущениям и аварийным режимам [5]. Данные факторы, позволяют считать вопросы компенсации реактивной мощности во всех сегментах электроэнергетического комплекса, одной их наиболее перспективных технологий повышения энергоэффективности их функционирования [6].

Отмеченная выше концепция Smart Grid призвана обеспечить в области энергетики, таких показателей, как, доступность, надёжность, экономичность [7]. Однако, учитывая существенные различия в структуре, функциональной назначении, параметрах, для каждого сегмента электроэнергетических систем, приоритеты в реализации технологий повышения энергоэффективности сильно разняться. Существенную роль в этом играет уровень

напряжения рассматриваемых объектов электроэнергетики.

Системы передачи и распределения электроэнергии по функциональному назначению делятся на системообразующие и распределительные электрические сети. К системообразующим относят электрические сети (на напряжения 330, 500, 750 и 1150 кВ), которые объединяют электрические станции и крупные узлы нагрузки и обеспечивают передачи больших потоков мощности. Функция распределительных сетей состоит в передачи электроэнергии от подстанций системообразующей сети к центрам питания сетей городов, промышленных предприятий и сельской местности. К первой ступени распределительных сетей относятся сети напряжением 220, 110 и 35 кВ, а ко второй — сети 20,10, 6 кВ, 0,4. [4]. Ко всем электроэнергетическим объектам предъявляются определённые требования по надежности, качеству электроэнергии и энергетической эффективности. Исходя из этих основных факторов и формируются критерии организации технологического процесса передачи и распределения электроэнергии. Как правило, все требования по надежности строго определены нормативными документами и отраслевыми руководящими указаниями. Что касается требований по качеству и эффективности, то здесь существует существенное отличие конкретно для каждого уровня напряжения.

Так, наибольшее рабочее напряжение (в % от номинального, определяемое надежностью изоляции) для сетей свыше 500 кВ не должно превышать 5%; для сетей 220, 330 кВ – 10%; для сетей 35, 110 кВ – 15%; для сетей 6, 10 кВ – 20%. Наибольшее допустимое значение несинусоидальности (TDH) составляет: для сетей свыше 110 кВ – 2%; для сетей 110, 35 кВ – 4%; для сетей 10, 6 кВ – 5%/ ГОСТ 32144–2013/. Таким образом, для высоковольтных сетей от 35 кВ и до 1150 кВ, предъявляются более строгие требования по качеству ЭЭ по таким показателям как предельно допустимые отклонения уровня напряжения, несинусоидальность, чем для распределительных сетей второй ступени -10, 6, 0,4 кВ. Данное обстоятельство требует применение соответствующих технологий регулирования режимов работы сетей как на аппаратном, так и на программно-алгоритмическом уровне. В тоже время, кроме выполнения обязательных требований по качеству ЭЭ, основные алгоритмические требования по управлению должны формироваться в направлении оптимизация (на основании алгоритмов Лагранжа или Ньютона-Рафсона) по критерию минимума потерь активной мощности при сезонных и суточных колебаниях уровня потребления электрической мощности [8]. Информация о реальном потребляемой мощности конечным потребителем используется обобщённая, в виде статических нагрузочных характеристик (СНХ), что снижает точность анализа, прогноза и реализации оптимального режима [9].

Потери активной мощности, в основном, определяются: нагрузочными потерями активной мощности; условно-постоянными потерями активной мощности (за исключением потерь на корону); потерями активной мощности на корону и потерями от зарядной мощности мало загруженных высоковольтных линий электропередач (ЛЭП) [10]. Основными факторами, влияющими на потери активной мощности, являются: величина питающего напряжения, величина полной потребляемой мощности, величина активного сопротивления элементов системы электроснабжения, график работы потребителей ЭЭ, сезонность и погодные условия. Для рассматриваемого сегмента энергетических систем (распределительные сети), как правило, величина нагрузочных потерь выше потерь мощности от остальных факторов, поэтому в целях повышения уровня энергосбережения стремятся поддерживать напряжение на элементах транспорта перетоков мощности на предельно допустимом уровне. Такое положение дел не позволяет обеспечить качественную оптимизацию режима по критерию минимума потерь активной мощности. Тем более, в настоящее время, существующие аппаратные средства оперативного регулирования режимов ЭС имеют ограниченные функциональные возможности. Они могут выполнять строго определенные функции – либо регулирование напряжения, либо регулирование реактивной мощности, либо повышение пропускной способности ЛЭП и т.д.). Применение современных многофункциональных статических устройств (например, различных вариаций СТАТКОМ), успешно решает критериальную задачу минимизации потерь активной мощности, но сопряжено с существенными материальными затратами [11,12]. В связи с чем, в аппаратном плане целесообразно применение статических устройств с совмещенными функциями – статические компенсаторы, регуляторы перетоков мощности, трансформаторно- тиристорные регуляторы напряжения с функцией компенсации реактивной мощности. Последние представляют собой систему силового трансформатора (трех автотрансформаторов), в нейтраль которого через силовые тиристорные ключи подключен вольтодобавочный трансформатор. Данная система способна регулировать не только напряжение в ЭС, но и компенсировать реактивную мощность недогруженных высоковольтных ЛЭП (подобно управляемому шунтирующему реактору) при определенном алгоритме работы ключей [13,10].

Как было отмечено выше, для распределительных сетей второй ступени, кроме выполнения обязательных требований по качеству электроснабжения, целесообразна оптимизация режима их работы по критериям энергоэффективности. Учитывая непосредственную связь таких сетей с конечными потребителями ЭЭ, как правило, в узлах нагрузки и на промышленных предприятиях реализуются более разнообразные мероприятия [4,14,15].

Для этих сетей ставится задача реализация управления, близкого к оптимальному (теоретический экстремум). Однако, максимальное приближение к идеальному оптимому сопровождается увеличением затрат на программную и аппаратную часть средств управления.

Следует отменить целесообразность использования энергоэффективных алгоритмов оптимизации на основе энергоэкономических характеристик [4]. Это позволяет с необходимой степенью точности, учесть максимальное число факторов оптимизации режимов работы распределительных сетяй и объектов потребления ЭЭ, создать экономически обоснованный информационно-вычислительный комплекс.

В аппаратной части, целесообразно максимально широкое применение современных устройств технологической платформы FACTS, на основе современной силовой электроники[11,16].

Функции регулирования напряжения, как правило выполняются индивидуально для наиболее ответственных потребителей (группы потребителей) трансформаторными и трансформаторно- тиристорными преобразователями на стороне 0,4 кВ [17]. Что касается функции регулирования реактивной мощности, то в настоящее время основным средством компенсации реактивной мощности узлов нагрузки и промышленных предприятий являются батареи силовых конденсаторов, подключаемые параллельно к электросети.

Им присущи известные недостатки (отсутствие плавного автоматического регулирования отдаваемой в сеть реактивной мощности, негативное воздействие высших гармоник, вероятность возникновения резонансных и автоколебательных процессов при определенных сочетаниях с индуктивностью элементов системы электроснабжения), которые и предопределили широкое внедрение статических компенсаторов РМ [17]. В отличие от сетей высокого класса напряжения (используются управляемые шунтирующие реакторы с полупроводниковыми ключами и объединенные регуляторы перетоков мощности), для распределительных сетей второй ступени приоритетными являются статические устройства индивидуальной компенсации РМ на стороне 0,4 кВ [11,12,17]. Т.к. в данном сегменте, во главу угла ставятся три основных фактора: невысокая (относительно высоковольтных сетей) удельная стоимость элементов силовой электроники; максимальная эффективность снижения потерь ЭЭ от реактивных перетоков по СЭС при локальной КРМ непосредственно у потребителя; более сложный график нагрузки, требующий динамическую компенсацию (частые изменения РМ во времени). В данном случае, решение задачи энергоэффективности распределительных сетей второй ступени видится в широком использовании автоматизированных тиристорных конденсаторных установок (ТКУ) [18]. Они способны осуществлять динамическую компенсацию РМ, без бросков тока и генерации высших гармонических напряжения в сеть [18]. При этом их стоимость незначительно превышает обычные конденсаторные установки с электромагнитными контакторами при существенно больших функциональных возможностях.

На основании выше сказанного можно сделать следующие выводы.

1. Для достижения энергоэффективного управления современными электроэнергетическими сетями целесообразна реализация мероприятий по компенсации реактивной мощности на базе технологий FACTS.

2. Для отдельных сегментов электроэнергетических систем, показано существенное различие требований, условий и критериев энергоэффективного управления, связанное с их технологическими особенностями.

3. С учетом специфики функционирования высоковольтных сетей сегмента 35кВ – 750 кВ, основные алгоритмические требования по управлению должны формироваться в направлении оптимизация по критерию минимума потерь электроэнергии. Аппаратная реализация предполагает применение статических устройств с совмещенными функциями – статические компенсаторы, регуляторы перетоков мощности, трансформаторно- тиристорные регуляторы напряжения с функцией компенсации реактивной мощности.

4. С учетом специфики функционирования распределительных сетей 0,4 кВ – 6 (10) кВ, основные алгоритмические задачи управления должны формироваться в направлении учета стандартов качества электроэнергии, графиков нагрузки, требований технологии и оптимизации режима, по критерию минимума ущерба (на основе энергоэкономических характеристик). Аппаратная реализация предполагает применение статических устройств - индивидуальных стабилизаторов напряжения и автоматизированных тиристорных конденсаторных установок, способных к динамической компенсации реактивной мощности.

Литература

1. Федеральный закон РФ от 26.03.03 г. N 35-ФЗ «Об электроэнергетике» // «РГ» – Федеральный выпуск №60 от 1 апреля 2003 г.

2. Федеральный закон РФ от 23.03.09 г. N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" // "РГ" - Федеральный выпуск №5050 от 27 ноября 2009 г.

3. Кобец Б.Б., Волкова И.О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции SMART GRID - М.: ИАЦ Энергия, 2010. -121 с.

4. Крысанов В.Н., Зайцев А.И. Энергосберегающие технологии в распределенных электроэнергетических сетях. – Воронеж: ВГТУ, 2016. – 223 с.

5. Пауле В.К. Качество управления – залог процветания любой компании. – Газета «Энергия России», издание РАО «ЕЭС России», № 07(250), апрель,2007.

6. Кочкин В.Н., Фокин В.К. Опыт и эффективность применения современных регулируемых статических компенсирующих устройств в электрических сетях 110-750 кВ ЕЭС России. – Современные методы и средства расчета, нормирования и снижения технических и коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях: материалы междунар. науч.-техн. семинара. М.: ВНИИЭ, 2000. С.16.

7. Галяев, А. Н., Шевченко И.В. Проблемы повышения энергоэффективности в электроэнергетике. – Финансы и кредит. - 2010. - №11. - С. 8-13.

8. В. Н. Костин. Оптимизационные задачи электроэнергетики: Учеб. пособие. - СПб.: СЗТУ, 2003 - 120 с.

9. Гуревич Ю.Е., Либова Л.Е. Применение математических моделей электрической нагрузки в расчетах устойчивости энергосистем и надежности электроснабжения промышленных потребителей. – М.: ЭЛЕКС-КМ, 2008

10. Крысанов В.Н. Компенсация реактивной мощности линий электропередач высокого напряжения регулятором напряжения. – Научно-технический журнал «Электротехнические комплексы и системы управления», 2008, №3 (11). – Воронеж, ВИТЦ, 2008. – С. 24–27.

11. Шакарян, Ю.Г., Новиков Н.Л. Технологическая платформа (основные средства) Smart grid. – Энергоэксперт. – 2009. – № 4. – С. 30-37.

12. Крысанов, В.Н. Программно-аппаратное обеспечение систем управления ЭЭС на базе технологии FACTS. – Воронеж: ФГБОУ ВО ВГТУ, 2016. – 232 с.

13. Гвоздев Д.Б., Дементьев Ю.А., Дьяков Ф.А., Кочкин В.И., Черезов А.В. Новые технологии в электроэнергетике. Разработка, изготовление и внедрение. – Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2010. No 4. С. 25–27.

14. Папков Б.В. Возможности управления электропотреблением и оценка ущерба от нарушений электроснабжения в структурно сложных технических системах – Известия академии инженерных наук им. А.М. Прохорова. Том 15, 2006. С. 206-215.

15. В.А. Баринов Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике. - Москва, Московский энергетический институт, 2000.-647 с.

16. K.R. Padiyar, Facts controllers in power transmission and distribution. – New Delhi, New age international, 2007

17. Крысанов, В.Н. Аппаратно-программное управление режимами узлов нагрузки региональных сетей электроснабжения с помощью статических устройств. – Воронеж: ВГТУ, 2017. – 244 с.

18. Крысанов В.Н. Эффективность использования тиристорных конденсаторных установок в промышленных системах электроснабжения. Энергобезопасность и энергосбережение – 2017. – № 3. – С. 15-20.

19. Булатов О.Г., Царенко А.И. Тиристорно-конденсаторные преобразователи. - М.: Энергоиздат, 1982. 216 с.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ВИБРОПРЕССОВАННЫХ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Ямских Анастасия Анатольенва
ООО «Красивый город» инженер-технолог
Енджиевская Ирина Геннадьевна
Сибирский Федеральный Университет
Руководитель ИЛ СМиХАВ,
Заведующая кафедрой «Строительные материалы и технологии строительства СФУ»

ACTORS AFFECTING THE DURABILITY OF VIBROPRESSED CONCRETE PRODUCTS

Yamskikh Anastasia Anatolievna
LLC "Beautiful city" Process engineer
Endrievskaya Irina Gennad'evna
Siberian federal University
The head IL Smichov,
Head of the Department "Construction materials and SibFU construction technologies»
DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.1.57.262

АНОТАЦИЯ

При организации современной, комфортной городской среды, актуальным становится изготовление и применение плит бетонных тротуарных, плит тактильных для инвалидов по зрению, камней бетонных бортовых и элементов ландшафтного дизайна. Основными требованиями к таким элементам являются:

устойчивость к интенсивной эксплуатации, применению противогололедных реагентов. В ходе испытаний оценивали показатель агрессивности воздействия на цементобетон твердых химических ПГМ. Доказано, что наиболее устойчивым к воздействию противогололедных реагентов, является изделия, изготовленные методом полусухого вибропрессования.

ABSTRACT

When organizing a modern, comfortable urban environment, it becomes relevant to manufacture and use concrete paving slabs, tactile slabs for the visually impaired, concrete side stones and landscape design elements. The main requirements for such elements are: resistance to intensive operation, the use of deicing reagents. In the course of a series of tests, it has been proved that the most resistant to the effects of deicing reagents is products made by semi-dry vibropressing.

Ключевые слова: противогололедные, реагенты, вибропрессование

Keywords: deicing agents, reagents, vibrocompression

При организации комфортной городской среды в Красноярском крае и, особенно в городе Красноярске, особое значение приобретают вопросы производства и применения современных элементов благоустройства, таких как, плиты бетонные тротуарные, в том числе плиты тактильные для инвалидов по зрению, камни бетонные бортовые, элементы ландшафтного дизайна, вписывающиеся в современную городскую архитектуру. Оценке подлежат такие факторы, как устойчивость к интенсивной эксплуатации в условиях городской жизни, нагрузке от коммунальной техники, применению противогололедных реагентов (ПГР). Получившая в последние годы большое распространение технология изготовления бетонных элементов благоустройства методом полусухого вибропрессования, позволяет создавать широкую номенклатуру продукции, отвечающей современным экономическим и экологическим критериям. Мелкоштучные элементы мощения – камни обладают максимальной эффективностью передачи нагрузки на участках мощения с интенсивным динамическим движением, а также придают стиль, как отдельным участкам города (парки, скверы), так и целым кварталам и жилым комплексам.

Поэтому вопросы долговечности бетонных элементов благоустройства, работающих в жестких условиях агрессивных сред современных городов, весьма актуальны.

Долговечность бетона в зависимости от строения его порового пространства исследовал В. В. Стольников, причем не только зависимость от абсолютной величиной пористости, но и характера пор – замкнутые они или сообщающиеся. Установлено повышение морозостойкости при уменьшении интенсивности капиллярного всасывания, которое регулируется одновременным снижением водоцементного отношения в бетоне и сокращением до минимально необходимого расхода цемента при введении добавок, обеспечивающих формирование замкнутой пористости и эффект гидрофобизации.

Миграция воды в бетоне – одна из основных причин морозной деструкции бетона при попеременном замораживании и оттаивании [9, 11]. Степень насыщения пор материала водой увеличивается вблизи охлаждаемой наружной поверхности, что обусловливает разрушение наружных слоев бетона в первую очередь – фактурного (при изготовлении двухслойных плит).

Образование трещин при циклическом изменении температуры в зоне контакта «заполнитель - цементный камень» зарубежные исследователи обосновывают их «термической несовместимостью» и указывают одной из причин разрушения бетона [1]. Но в особо плотном бетоне «полусухого формования» замерзание воды в тонких слоях адсорбционно-связанной твердой фазой происходит без увеличения в объеме и расклинивающего давления на структуру, поэтому снижения прочности, отслоения фактурного бетона от основного и большой его потери по массе, при стандартном количестве циклов испытания морозостойкости не наблюдаются [15–23].

При использовании противогололедных реагентов ПГР давлением накопившейся соли, образовавшейся после перенасыщения ее раствора в малых по объемам дефектах структуры цементного камня, в зоне контакта составляющих бетона и микротрещинах (порах) зерен заполнителя. В случае использования хлористых солей-антиобледенителей или испытательных солевых растворов действие означенных факторов на бетон дополняется следующим [29–36]. Во-первых, расклинивающим (в литературе часто называемым «кристаллизационным»). При этом механизм образования и увеличения дефектов структуры может проявиться как за счет роста кристаллов соли, так и за счет возникновения растягивающих усилий в цементном камне при замораживании, вызывающих появление в нем трещин и повышением водопоглощения бетона, в объеме пор которого накапливается соль. Понижение эвтектической точки раствора соли способствует глубокому проникновению жидкой фазы в дефекты структуры все меньшего сечения, углубляет развитие процесса массопереноса соли. В таких условиях возрастает, в сравнении с водой, эффект расклинивающего действия в устье трещин (дефектов) тонких пленок жидкости-раствора, и усиливает эффект деструкции бетона в целом.

Следует отметить, что в реальных условиях эксплуатации элементов, благоустройства (плит бетонных тротуарных, камней бетонных бортовых и пр., т.е. изделий, являющихся объектом исследования) отрицательное (разрушающее) воздействие ПГР не прекращается и при положительной температуре окружающей среды.

Попеременное увлажнение-высушивание, изменение температуры (даже в пределах суток) вызывают соответствующие деформации бетона, побуждают проявление процессов растворения – кристаллизации попавшей в его поры соли, а также эндокринного эффекта, то есть, сопровождается постоянным деструктивным воздействием на бетон.

Для оценки агрессивности воздействия на цементный камень вибропрессованных бетонов применяли 10–ти % раствор NaCl, 10–ти % и 30–ти % растворы многокомпонентного ПГР.

После изготовления образцы были выдержаны в течение 28 суток в нормальных условиях для набора проектной прочности. Затем, образцы насыщались растворами солей – (10% NaCl) и многокомпонентного противогололедного реагента.

После 15–ти циклов замораживания и оттаивания оценивали показатель агрессивности воздействия на цементобетон твердых химических ПГМ – удельное изменение массы (потерю массы по отношению к объёму образцов) с нормой не более 0,07 г/см3. Результаты испытаний приведены на рисунке 1 и в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытания образцов на морозостойкость в растворах соли и противогололедного реагента

Вид агрессивной среды	Номер образца	Масса образцов до испытания, г	Масса образцов после испытания, г	Удельное изменение массы образца, г/см^3
10% раствор NaCl	1 2	1501 1561	1504 1564	–0,004 –0,004
10% раствор ПГР	3 4	1514 1566	1511 1560	0,004 0,008
30% раствор ПГР	5 6	1557 1530	1552 1527	0,007 0,004

Рисунок 1 – образцы после испытаний на морозостойкость

Как видно из результатов испытания, наименее агрессивным воздействием обладает 10% раствор NaCl. Как видно из рис.1 образцы визуально не претерпели изменений, имеют удовлетворительное состояние поверхности, потери массы не наблюдается.

Образцы, испытанные в 10% растворе NaCl имеют отрицательный показатель удельного изменения массы, что свидетельствует о том, что деструктивные процессы в цементном камне еще не начались. Несколько агрессивнее воздействие многокомпонентного ПГР, однако даже повышенная его концентрация (30%) не оказала значительного влияния на удельное изменение массы.

Таким образом, вибпропрессованные бетоны, характеризуются низким начальным водосодержанием (В/Ц 0,36…0,37) и высокой плотностью укладки зерен твердой фазы (средняя плотность бетона 2350 кг/м^3), поэтому к началу испытаний на морозостойкость практически вся вода находится в химически или физически связанном состоянии и деструктивные явления от замерзания жидкости в теле бетона сводятся к минимуму. Для вибропрессованого бетона характерна непосредственная взаимосвязь и

взаимозависимость качества (пористости) структуры бетона от степени его уплотнения при формовании. При соблюдении этого условия создаются необходимые предпосылки для формирования в объеме бетона изделий слитной структуры цементного теста, трансформирующейся при последующем твердении в плотную, труднопроницаемую структуру цементного камня, что обеспечивает устойчивость бетона к морозной и солевой деструкции при эксплуатации изделий (тротуарных плит, камней мощения, бортового камня и пр.) [24].

Наиболее оптимальной технологией изготовления плит бетонных тротуарных, плит тактильных для инвалидов по зрению, камней бетонны бортовых, с точки зрения более длительного сохранения целостности и внешнего вида при воздействии на изделия противоголёдных реагентов, является технология вибропрессования.

Литература:

1.Э. И. Батяновский, А. И. Бондарович /ВИБРОПРЕССОВАННЫЙ БЕТОН: ТЕХНОЛОГИЯ И СВОЙСТВА //Минск БНТУ 2018

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДАТЧИКА НА ПОЛЕВОМ ТРАНЗИСТОРЕ

Тураев А.А.
Бухарский государственный университет,
г. Бухара, Узбекистан

В настоящее время внимание исследователей обратилось к нетривиальным режимам включения полевого и биполярного транзисторов. Оказалось, что в случае создания варианта двухстокового транзистора, у него усиливаются свойства чувствительности к деформациям [1-3]. Исполнение или же включение полевого транзистора в виде двухтранзисторной ячейки с последовательно соединенными каналами обеспечивает усиление постоянного и переменного сигналов с высоким коэффициентом [2-4]. Для придания чувствительности к внешним воздействиям полевому транзистору предлагается включить его в режиме запирания канала напряжением сток-затвор, а напряжение отсечки выбрать в качестве измерительного параметра [5].

В настоящем разделе приведены особенности полевого транзистора в режиме запирания канала напряжением сток-затвор в качестве многофункционального датчика, особенно, как приемника солнечного излучения .

Исследуемый полевой транзистор. Многофункциональный датчик изготовлен на основе кремния. Для этого на подложке кремния с толщиной 200 мкм p^+-типа проводимости с концентрацией носителей $1\cdot10^{19}$ см^3 выращивался эпитаксиальный слой *n*-типа проводимости с концентрацией носителей $2\cdot10^{15}$ см^3 толщиной 0.7÷1.5 мкм (оптимальные значения которого приведены в таблице 2). Затем через окна в маске формировали контактные области из напыленного индия и серебра. Расстояние между стоком и истоком, то есть длина канала равнялась 150÷200 мкм. С тыльной стороны подложки формировали сплошной контакт напылением индия и серебра. Одной из конструктивно-технологических особенностей исследуемого полевого транзистора является доступность канала к внешним воздействиям (рис. 1).

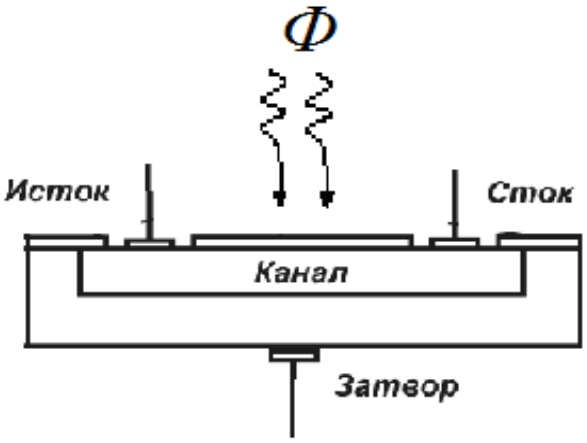


Рис. 1. Исследуемый полевой транзистор

Для обеспечения быстрой реакции на изменяющуюся температуру толщина подложки должна быть выбрана как можно тонкой. То есть не 200 мкм, что у нас имеется, а порядка 100 мкм.

Основные критерии выбора параметров полевого транзистора для многофункционального датчика

Как показано на фиг. 1 исследуемый полевой транзистор с управляющим p-n-переходом содержит низкоомную подложку первого типа с нижним электродом затвора, эпитаксиальный (диффузионный) высокоомный слой второго типа со сформированными на ее поверхности омическими контактными областями стока и истока, между которыми располагается канал (длиной L), толщина канала a в $\sqrt{2}$ раза больше исходной толщины обедненного слоя p^+-n-перехода. Эта толщина обеспечивает значение напряжения отсечки канала в два раза большее диффузионного потенциала $U_{отс} = 2U_D$. Толщина обедненного слоя p^+-n-перехода при увеличении температуры или световом воздействии (Q, Φ) уменьшается. Подложка и высокоомный слой могут быть как n- и p-типа или наоборот. Датчик может быть изготовлен на основе

германия, кремния, арсенида галлия или на основе любых полупроводников, в которых возможно получение выпрямляющего перехода.

Для получения оптимальной модуляции канала под внешним воздействием, напряжение отсечки выбирается из расчета $U_{отс} = 2U_D$. Как приведено в таблице 1, при нулевом смещении имеем толщину объемного заряда равную 0,65 мкм с контактной разностью потенциалов 0.61 В. Тогда для напряжения отсечки 0.61 В х2 =1.22 В или для запирающего канал обратного напряжения $U_{обр}$=0.6 В имеем толщину $W_{ооз}$ 0.90 мкм. То есть при увеличении напряжения в два раза область объемного заряда увеличивается в $\sqrt{2}$ раза, что соответствует оптимальной толщине канала.

Таблица 1

Данные толщины слоя объемного заряда от обратного напряжения

$U_{обр}$, В	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,3	1,6
$W_{ооз}$,мкм	0,65	0,70	0,74	0,83	0,90	0,97	1,04	1,13	1,22

Выбор толщины канала в пределах $\sqrt{2}$ толщины слоя объемного заряда p-n-перехода обусловлен тем, что при больших толщинах чувствительность полевого транзистора к внешним воздействиям снизится, а при меньших значениях появляется возможность образования гистерезиса в ходе увеличения и уменьшения напряжения отсечки при внешних воздействиях из-за различия хода расширения и сужения области объемного заряда вызываемого более резким уменьшением концентрации носителей у границы p-n-перехода.

Физическая особенность многофункционального датчика заключается в том, что если в известном термочувствительном полевом транзисторе отрицательный температурный коэффициент зависимости проводимости канала подавляется за счет выбора концентрации носителей вблизи точки перехода температурной чувствительности подвижности от высоких значений к низким [4-6], то в нашем случае наряду с температурной чувствительностью необходимо обеспечить также фоточувствительность, чувствительность к давлению. Эти свойства можно обеспечить включив полевой транзистор в режиме запирания канала напряжением сток-затвор, когда с повышением рабочего напряжения до отсечки канала падение напряжения на переходе исток-затвор линейно возрастает, а затем после отсечки приобретает потенциал равный напряжению отсечки канала. При заданном рабочем напряжении воздействие на канал света или температуры (давления) приводит к изменению потенциала на переходе исток-затвор, который, как было предложено в работе [3-5] идентифицируется как измерительный параметр.

Исследование зависимости фототока от светового излучения в режиме тока короткого замыкания и отсечки канала

При подсветке канала в области объемного заряда перехода затвор – канал генерируются электронно-дырочные пары, которые создают фототок на переходе исток-затвор, приводя к уменьшению сопротивления этого перехода, что, в свою очередь, приводит к уменьшению падения напряжения и к соответствующему увеличению тока сток-затвор. Электронная схема измерения зависимости падения напряжения на переходе исток-затвор от внешнего воздействия приведена на рис. 2.

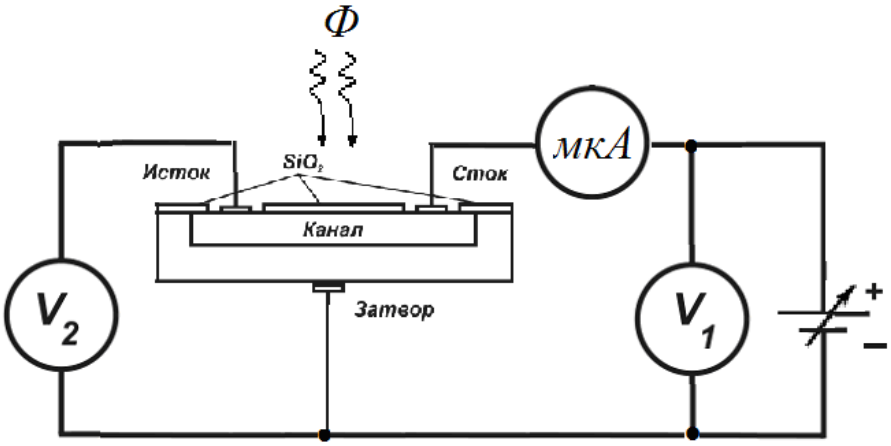


Рис. 2. Схема измерения падения напряжения на переходе исток-затвор в режиме запирания канала напряжением сток-затвор

Как видно из рисунка относительно рабочего напряжения переход затвор-канал, можно сказать, включен в диодном режиме, или при подсветке он действует аналогично фотодиоду. Однако принципиально он существенно отличается от фотодиода. Так, в предлагаемом рабочем режиме запирания канала напряжение на переходе сток-затвор в два и более раза больше, чем на переходе

исток-затвор. В случае, когда вывод истока замкнут со стоком (диодный режим) он превращается в диод с тонкой базой.

Как приведено на рис.3 в диодном режиме включения обратный ток вплоть до 10 В не превышает 1нА, а в прямом направлении начиная с 0.7 В наблюдается резкий рост тока и при напряжении 0.9 В прямой ток достигает 9.75 мА.

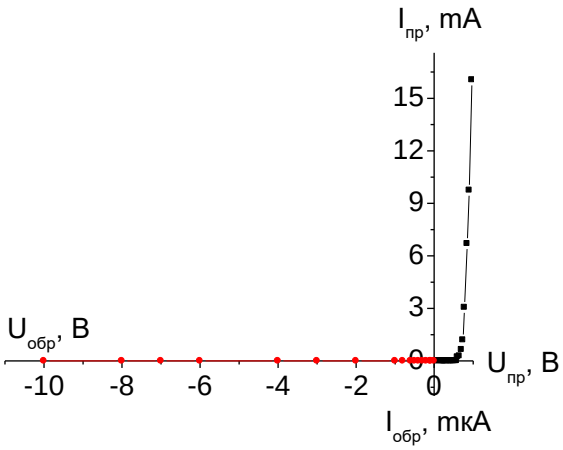


Рис. 3. Вольтамперная характеристика p-n-перехода затвора

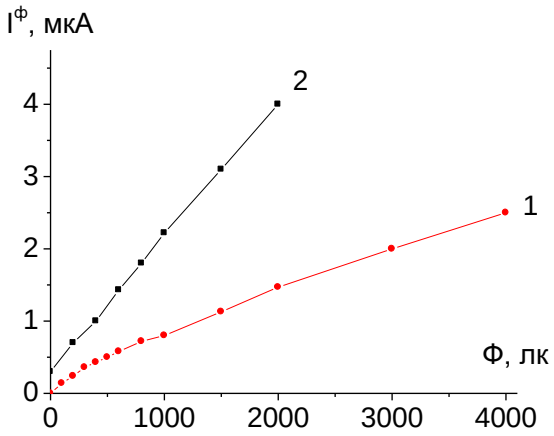


Рис. 4. Зависимости фототока от интенсивности освещения в режиме короткого замыкания и запирании канала напряжением сток-затвор

Соответственно, в режиме запирания канала столь незначительный обратный ток перехода затвор-исток практически не будет оказывать влияния на генерируемый от подсветки канала фототок.

Как показали исследования, в режиме короткого замыкания, когда выводы затвора и истока закорочены на амперметр с повышением интенсивности освещения канала от галогенной лампы фототок увеличивается близко к линейному, рис.4, кривая 1. При этом в режиме запирания канала напряжением сток-затвор имеем в два раза больший фототок (кривая 2).

Что касается падения напряжения, то его величина с увеличением интенсивности освещения вначале при малых интенсивностях освещения существенно уменьшается, и далее нелинейно уменьшаясь, зависимость ослабляется. На первом участке чувствительность составляет 0.00025 В/лк, а на участке 1000-2000 лк фоточувствительность на порядок меньше и равна 0.00002 В/лк.

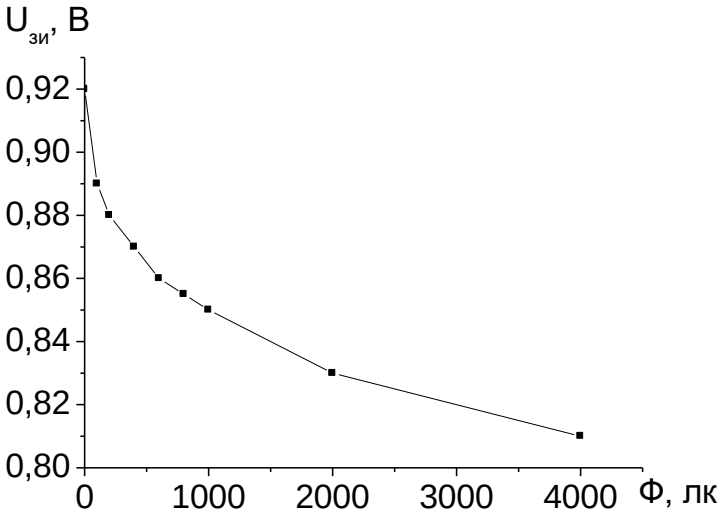


Рис. 5. Зависимости падения напряжения на переходе затвор-исток от освещенности в режиме запирания канала напряжением сток-затвор

Чувствительность падения напряжения на переходе исток-затвор к освещенности обусловлено следующим. Так, освещение канала n-типа квантами с энергией большей ширины запрещенной зоны приводит к генерации неравновесных электронно–дырочных пар, а увеличение интенсивности освещения к уменьшению контактной разности потенциалов p-n-перехода

$$U_{\phi} = \frac{kT}{e} \ln \frac{n_n}{n + n_{\phi}} \quad , (2.12)$$

где n_{ϕ} – концентрация дырок, генерируемых фотонами при освещении n-области.

В свою очередь фототок, возникающий на переходе исток-затвор, уменьшает его сопротивление, что приводит к уменьшению падающего напряжения по сравнению с темновым.

Таким образом, полевой фототранзистор в режиме отсечки канала можно использовать для измерения интенсивности светового излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.М.Андреев, В.Р.Ларионов, И.В.Ловыгин, Д.А.Малевский, М.Я.Масленков, В.Д.Румянцев, М.З.Шварц. Создание комплекса методик и средств для исследования наногетероструктурных солнечных элементов. http://technoexan.ru/articles/article3_photovoltaika.pdf

2. Федосеев В.И., Колосов М.П. Оптико-электронные приборы ориентации и навигации космических аппаратов: учеб. пособие. — М.: Логос, 2007. —248 с.: ил.

3. Бабичев Г.Г., Козловский С.И., Романов В.А., Шаран Н.Н. Кремниевые двухстоковые полевые тензотранзисторы. Журнал технической физики, 2000, том 70, вып. 10. С. 45-49.

4. Karimov A.V., Yodgorova D.M., Kamanov B.M., Djurayev D.R., Turayev A.A. Features amplifying properties of a field effect transistor in the circuit with dynamic load // Physical Surface Engineering, 2015. – V. 13, No. 1. – PP. 12-16.

5. Patent RU number the IAP 05120 "Multi-sensor-based field effect transistor" // A.V. Karimov, Yodgorova D.M., Abdulkhaev O.A., Dzhurayev D.R., Turaev A.A. Bull., №11 from 11.30.2015.

6. Karimov A.V., Bakhronov Sh.N. The thermoelectric converter//Technical Physics Letters. 25, 101–102 (1999).

7. Д.Р.Джураев, А.В.Каримов, Д.М.Ёдгорова, О.А.Абдулхаев, А.А.Тураев, Научный журнал “Физика полпроводников и микроэлектроника” 1(01)2019.с.45-47.

8. D.R.Djuraev, A.A.Turaev. Photoelectric sensitivity of multifunctional sensor on the outdoor transistor. Scientific reports of Bukhara State University 3(23)2018. с.7-11.

9. A.V. Karimov, D.R. Djuraev, O.A. Abdulhaev, A.Z. Rahmatov, D.M. Yodgorova, A.A.Turaev. Tenso properties of field-effect transistors in channel cutoff mode. International Journal of Engineering Inventions Volume 5, Issue 9 [Oct. 2016] PP: 42-44.

10. O.A.Abdulkhayev, D.R.Dzhurayev, D.M.Yodgorova, A.V.Karimov, A.Z.Rakhmatov, A.A.Turaev. Physico-technological aspects multifunctional sensor on field-effect transistor. New Trends of Development Fundamental and Applied Physics: Problems, Achievements and Prospects 10-11 November 2016, Tashkent, Uzbekistan. PP: 231-234.

11. A.V. Karimov, D.R.Djuraev, A.A.Turaev. Investigation temperature sensitivity of the field-effect transistor in channel depletion mode. Journal of Scientific and Engineering Research, 2017, 4(2):1-4.

12. А.А.Тураев. Особенности температурной чувствии-тельности транзисторной структуры в двухполюсном режиме. Colloquium-journal. Arhitecture Technical science Physics and Mathematics № 3(27) 2019. p.71-75.

ОДНА ЗАДАЧА ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ТИПА С ДИВЕРГЕНТНОЙ ГЛАВНОЙ ЧАСТЬЮ

Маматов Алишер Зулунович
доктор технических наук, профессор
Ташкентского института текстильной
и лёгкой промышленности, Узбекистан
Досанов Муртозокул Саидазимович
Преподаватель ГулДУ, Узбекистан
Рахмонов Жамшид Турдалиевич
Преподаватель ГулДУ, Узбекистан
Турдибоев Дилшод Хамидович
PhD, *старший преподаватель,*
ГулДУ Узбекистан

ONE PROBLEM OF A PARABOLIC TYPE WITH DIVERGENT MAIN PART

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена одна задача параболического типа с дивергентной главной частью на плоскости, когда граничное условие содержит производную по времени от искомой функции. Построено

приближенное решение рассматриваемой задачи. Доказана существования и единственность обобщенного решения задачи в пространстве $\widetilde{H^{1,1}}(Q_T)$.

ABSTRACT

The article considers one parabolic type problem with a divergent main part on the plane, when the boundary condition contains the time derivative of the desired function. An approximate solution to the problem under consideration is constructed. The existence and uniqueness of a generalized solution of the problem in the space $\widetilde{H^{1,1}}(Q_T)$ is proved.

Ключевые слова: параболический тип, монотон, дифференциальные неравенства.

Key words: The parabolic type, monotone, differential inequality

Рассмотрим неклассическую квазилинейную задачу параболического типа, когда граничное условие содержит производную по времени от искомой функции [1-5]:

$$\begin{cases} u_t - \frac{d}{dx_i} a_i(x,t,u,\nabla u) + a(x,t,u,\nabla u) = 0\,, \\ u_t + a_i(x,t,u,\nabla u)\cos(\nu, x_i) = g(x,t,u), (x,t) \in S_t\,, \\ u(x,0) = u_0(x)\,, x \in \Omega \end{cases} \tag{1}$$

где $\Omega -$ ограниченная область в E_2.

Предположим, что выполнены следующие условия: А. При $(x,t,u,p) \in \{\bar{\Omega} \times [O,T] \times E_1 \times E_2\}$ функции $a_i(x,t,u,p)\,, a(x,t,u,p)$ измеримы по (x,t,u,p), непрерывны по (t,u,p) и удовлетворяют неравенствам

$$|a_i(x,t,u,p)| \le C(|P| + |U|^k) + \varphi_1(x,t)\,, \varphi_1 \in L_2(Q_T)\,, i = 1{,}2 \tag{2}$$

$$|a(x,t,u,p)| \le C(|P|^{2-\epsilon} + |U|^k) + \varphi_2(x,t)\,, \varphi_2 \in L_q(Q_T), \tag{3}$$

где $|P| = (\sum_{i=1}^{m} p_i^2)^{\frac{1}{2}}$, $k < \infty, \varepsilon > 0, q > 1$

В случае ограниченных обобщений решений на $\widetilde{H^{1.1}_{(Q_T)}}$ ограничения на $a_i(x,t,u,p)$ и $a(x,t,u,p)$ следующие

$$|a_i(x,t,u,p)| \le \mu_1(u)\big(|P| + \varphi_1(x,t)\big)\,, \varphi_1 \in L_2(Q_T)\,,$$

$$|a(x,t,u,p)| \le \mu_2(u)\big(|\mathrm{p}|^2 + \varphi_2(x,t)\big)\,, \varphi_2 \in L_1(Q_T),$$

где $\mu_i(u) -$ непрерывные функции от u

Б. Функции $a_i(x,t,u,p)$ имеют вид:

$$a_i(x,t,u,p) = \bar{a}_i(x,t,u,p) + \bar{\bar{a}}_i(x,p) \tag{4}$$

здесь

$$\bar{a}_i(x,t,u,p) = \frac{\partial \bar{a}(x,t,u,p)}{\partial \mathrm{p}_i}, \left|\frac{\partial \bar{a}}{\partial t}\right| \le C(|u|^{2r} + |p|^2) + \varphi_3(x,t)\,, \varphi_3 \in L_1(Q_T)$$

$$\left|\frac{\partial \bar{a}}{\partial u}\right| \le C(|u|^r + |p|) + \varphi_4(x,t)\,, \varphi_4 \in L_2(Q_T) \tag{5}$$

$$r \ge 0\,, \int_\Omega \bar{a}\,(x,t,u,\nabla u)dx\,\Big|_0^t \ge 0$$

В. Условие параболичности. Для любой гладкой функции U(x,t) справедливо неравенство.

$$\int_{Q_T} \bar{\bar{a}}_i\,(x,\nabla U) U_{tx_i} \mathrm{dxdt} \ge \nu \|\nabla \mathrm{U}\|^2_{\mathrm{L}_{2(\Omega)}} \tag{6}$$

где ν-положительная постоянная. Г. Условие монотонности. Для любых функций $u, v \in H^1$

$$(a_i(x,t,u,\nabla u) - a_i(x,t,v,\nabla v), u_{x_i} - v_{x_i})_\Omega + (a(x,t,u,\nabla u) - a(x,t,v,\nabla v), u - v)_\Omega \ge 0 \tag{7}$$

Д. При $(x,t,u) \in \{\bar{\Omega} \times [o,T] \times E_1\}$ функция $g(x,t,u)$
непрерывна по (t,u) и удовлетворяет неравенству:

$|g(x,t,u) - g(x,t,v)| \le g_0|u - v|, g(x,t,0) \in L_2(S_T)$ (8)

Определение. Обобщенным решением из пространства $\widetilde{H^{1,1}}(Q_T) = \{u \in H^{1,1}(Q_T): u_t \in L_2(S_T)\}$ задачи (1) назовем функцию из $\widetilde{H^{1,1}}(Q_T)$ удовлетворяющую тождеству

$$\int_{Q_T} (u_t\eta + a_i(x,t,u,\nabla u)\eta_{xi} + a(x,t,u,\nabla u)\eta)\, dxdt +$$

$$+ \int_{S_T}(u_t - g(x,t,u))\, \eta\, dxdt = 0 \qquad (9)$$

Построим приближенное решение по Галеркину [6-11]. Возьмем координатную систему из пространства H^1. Приближенное решение U(x,t) будем искать в виде

$$U(x,t) = \sum_{k=1}^{n} C_k^n\,(t)\varphi_k(x)$$

где $C_k^n(t)$ определяются из системы обыкновенных дифференциальных уравнений

$$(U_t, \varphi_j)_{\hat{L}_2} + (a_i(x,t,U,\nabla U), \varphi_{jx_i})_\Omega + (a(x,t,U,\nabla U), \varphi_j)_\Omega =$$

$$= (g(x,t,U), \varphi_j)_S\,, j = \overline{1,n} \qquad (10)$$

и начальных условий

$$U(x,O) - U_0 - \text{ "мало"}$$

Если система $\{\varphi_k\}$ ортонормированна в метрике $\hat{L}_2(\Omega)$, то система (10) принимает вид

$$\dot{C}_i^n = f_j^n(t, C_1^n, .., C_n^n), \qquad (11)$$

где $f_j^n(t, C_1^2, .., C_n^n) = -(a_i(x,t,U,\nabla U), \varphi_{jx_i})_\Omega - (a(x,t,U,\nabla U), \varphi_j)_\Omega + (g(x,t,U), \varphi_j)_S$

Условие А обеспечивает существование и непрерывность функции

$f_j^n(t, C_1^n, .., C_n^n)$ по t и C_k^n. Поэтому для существования, по крайней мере одного решения задачи (11) на всем интервале [O,T] достаточно знать все возможные решения равномерно ограничены. Такая ограниченность следует из априорной оценки

$$\max_{0\le t\le T} \|U(x,t)\|^2_{\hat{L}_2} + \|U_t(x,t)\|^2_{L_{2(o,T,\hat{L}_2)}} + \max_{0\le t\le T}\|\nabla U(x,t)\|^2_{\hat{L}_2} \le N \qquad (12)$$

где N-постоянная, не зависящая от n.

Отсюда получим неравенство

$$\max_{0\le t\le T}\|C_n(t)\|^2 = \max_{0\le t\le T}\|U(x,t)\|^2_{L_{2(\Omega)}} \le N, C_n = \{C_k^n(t)\}_{k=1}^n$$

Для доказательства неравенства (12) умножим уравнение (10) на $\dot{C}_k^n(t)$, просуммируем по k от 1 до n и проинтегрируем полученное соотношение от нуля до t:

$$\|U_t\|^2_{L_{2(o,T,\hat{L}_2)}} + \int_{Q_t} a_i\,(x,t,U,\nabla U)\frac{\partial}{\partial t}U_{x_i}dxdt + \int_0^t (U,U_t)_{\hat{L}_2}dt + + \int_{Q_t} a(x,t,U,\nabla U)\, U_t dxdt =$$

$$\int_{S_t} g(x,t,U)\, U_t dxdt + \int_0^t (U,U_t)_{\hat{L}_2}\, dt \qquad (13)$$

В силу предположений (3)-(7) и неравенства Коши

$$2ab \le \varepsilon a^2 + \varepsilon^{-1}b^2 \text{ имеем} \int_{Q_t} a_i\,(x,t,U,\nabla U)\frac{\partial}{\partial t}(U_{x_i})dxdt = \int_{Q_t}\frac{d}{dt}\bar{a}(x,t,U,\nabla U)dxdt -$$

$$\int_{Q_t}(\frac{\partial\bar{a}}{\partial U}U_t + \frac{\partial\bar{a}}{\partial t})\, dxdt + \int_{Q_t}\bar{\bar{a}}_i\,(x,\nabla U)\frac{\partial}{\partial t}U_{x_i}dxdt \ge \int_\Omega\ \bar{a}\,(x,t,U,\nabla U)dx\Big|_0^t + \nu\|\nabla U\|^2_{L_{2(\Omega)}} - \frac{1}{4}\|U_t\|^2_{L_2(Q_t)} -$$

$$C\big(\|U\|^2_{L_2(Q_t)} + \|\nabla U_t\|^2_{L_2(Q_t)}\big) - \|\varphi_3\|_{L_1(Q_t)} - \|\varphi_4\|^2_{L_2(Q_t)}$$

Далее

$$\left|\int_{Q_t} a(x,t,U,\nabla U)U_t dxdt\right| \le \frac{1}{4}\|U_t\|^2_{L_2(Q_t)} + C\|U\|^2_{L_2(O,t,H^1(\Omega))} + \|\varphi_2\|^2_{L_2(Q_t)}$$

Аналогично

$$\left|\int_0^t (U,U_t)_{\hat{L}_2} dt\right| \le \frac{1}{4}\int_0^t \|U_t\|^2_{\hat{L}_2}\, dt + \int_0^t \|U\ \ \|^2_{\hat{L}_2}\, dt,$$

$$\left|\int_{S_t} g(x,t,U)\, U_t dxdt\right| \le \frac{3}{4}\|U_t\|^2_{L_2(S_t)} + C(\|U\|^2_{L_2(S_t)} + \|g(x,t,o)\|^2_{L_2(S_t)})$$

Полученные оценки подставим в (13):

$$\|U_t\|^2_{L_2(o,t,\hat{L}_2)} + \|\nabla U\|^2_{L_2(\Omega)} + \|U\|^2_{\hat{L}_2} \le C\left(\|U\|^2_{L_2(o,t,\hat{L}_2)} + \|\nabla U\|^2_{L_2(o,t,L_2(\Omega))}\right) + +K(t)$$

где

$$K(t) = C_1(\|g(x,t,o)\|^2_{L_2(S_t)} + \|\varphi_2\|^2_{L_2(Q_t)} + \|\varphi_3\|^2_{L_1(Q_t)} + \|\varphi_4\|^2_{L_2(Q_t)} + \|U_0(x)\|^2_{H^1(\Omega)})$$

Отсюда, в силу леммы о дифференциальных неравенствах, получим оценку (12)

Займемся теперь предельным переходом по $n \to \infty$. Из оценки (12) следует, что найдется такая функция $U(x,t) \in \overline{H^{1.1}}(Q_T)$ и такая под последовательность U(x,t), что функции U(x,t) сходятся к u(x,t) слабо в норме $\overline{H^{1.1}}(Q_T)$ и функции U_t сходятся к u_t в $L_2(S_t)$. Так как вложения $\overline{H^{1.1}}(Q_T) \in L_2(Q_t), L_2(S_t)$ компактны, то U(x,t)→ u(x,t) сильно в $L_2(S_t)$ и в $L_2(Q_t)$. Из этой сходимости следует сходимость U(x,t) к u(x,t) в $L_2(\Omega)$ и в $L_2(S)$ для почти всех t из [O,T] и почти всюду в $Q_t U S_t$. Кроме того, по теореме вложения, следует сильная сходимость U(x,t) в $L_{q^*}(Q_T)$, $q^* < q = 2$ и слабая сходимость в $L_q(Q_T)$ [12-13].

Такая сходимость U(x,t) к u(x,t) гарантирует, сходимость интеграла

$$\int_{S_t} g(x,t,U)\, vdxdt \to \int_{S_t} g(x,t,u)\, vdxdt$$

Далее, из условия A следует, что функции $a_i(x,t,U,\nabla U)$ $i = \overline{1,2}$ и $a(x,t,U,\nabla U)$ имеют равномерно ограниченные нормы в пространствах $L_2(Q_t)$ и $L_1(Q_T)$ соответственно. Ввиду этого положим, что вся последовательность $a_i(x,t,U,\nabla U)$ $i = 1,2$ сходится слабо в $L_2(Q_T)$ и элементам $A_i(x,t)$ пространства $L_2(Q_T)$ и функции $a(x,t,U,\nabla U)$ сходятся слабо к A(x,t)∈ $L_1(Q_T)$ в пространстве $L_1(Q_T)$.

Обозначим через P_l совокупность линейных комбинаций вида

$$W(x,t) = \sum_{k=1}^{l} d_k\,(t)\varphi_k(x)$$

uде $d_k(t)$-произвольные гладкие на отрезке [O,T] функции. Умножая соотношения (10) на $d_k(t)$ суммируя по к от 1 до l и интегрируя от 0 до t, находим, что для любой функции $W(x,t) \in P_l$ справедливо равенство

$$\int_0^t (U_t, W)_{\tau_2}\, dt + \int_{Q_t} a_i(x,t,U,\nabla U)W_{x_i} + a(x,t,U,\nabla U)W]dxdt = \int_{S_t} g(x,t,U)\, Wdxdt \quad (14)$$

Перейдем к пределу по $n \to \infty$. В результате чего получаем:

$$\int_0^T (U_t, W)_{\tau_2} dt + \int_{Q_T}\left[A_i(x,t)W_{x_i} + A(x,t)W\right] dxdt = \int_{S_T} g(x,t,u)\, Wdxdt \quad (15)$$

Так как $\bigcup_{l=1}^{\infty} P_e$ плотно в $H^{1.0}(Q_T)$, то выполнив в (15) замыкание по W получаем, что равенство (15) справедливо для любой функции $W \in H^{1,0}(Q_T)$

Нетрудно доказать, что

$$\int_{Q_T} [A_i(x,t)W_{x_i} + A(x,t)W]\, dxdt = \int_{Q_T} \left[a_i(x,t,U,\nabla U)W_{x_i} + a(x,t,U,\nabla U)W\right]dxdt$$

Теперь из равенства (15) получим, что функция U(x,t) есть искомое обобщенное решение.

Докажем единственность решения. Пусть $U_1(x,t), U_2(x,t)$ два решения задачи (9), тогда их разность $U_1 - U_2$ удовлетворяет соотношению

$$\int_{Q_t} \frac{\partial(U_1 - U_2)}{\partial t}(U_1 - U_2)dxdt + a_0 \int_{S_t} \frac{\partial(U_1 - U_2)}{\partial t}(U_1 - U_2)dxdt$$

$$+ \int_{Q_T} \{[a_i(x,t,U_1,\nabla U_1) - a_i(x,t,U_2,\nabla U_2)](U_1 - U_2)_{x_i}$$

$$+ [a(x,t,U_1,\nabla U_1) - a(x,t,U_2,\nabla U_2)](U_1 - U_2)\}dxdt$$

$$= \int_{S_t} [g(x,t,U_1) - g(x,t,U_2)]\,(U_1 - U_2)dxdt$$

Воспользовавшись условиями (5) и (7), получим

$$\int_{\Omega} (U_1 - U_2)^2\,dx + a_0 \int_{S} \int_{\Omega} (U_1 - U_2)^2\,dx \le 2\,g_0 \int_{S_T} \int_{\Omega} (U_1 - U_2)^2\,dxdt$$

Следовательно, $U_1 \equiv U_2$. Таким образом, доказана:

ТЕОРЕМА. Если выполнены условия А-Д, то существует единственное обобщенное решение задачи (1) в пространстве $\widetilde{H^{1,1}}(Q_T)$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ладыженская О.А., Солонников В.А., Уральцева Н.Н. Линейные и квазилинейные уравнения параболического типа// М.-Наука,-1967.-736 С.
2. Ладыженская О.А., Уральцева Н.Н. Линейные и квазилинейные уравнения эллиптического типа// М.-Наука,-1973.-576 С.
3. Kagur J. Nonlinear parabolic equtions with the mixed nonlinear and nonstationary boundary conditions Math Slovoca, 1980, 30, N3, p 213-237
4. Polyanin, A. D., Schiesser, W. E., and Zhurov, A. I. Partial differential equations (2008), Scholarpedia, 3(10):4605.
5. Friedman A. Partial differential equations of parabolic type, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. (1964)
6. Михлин С.Г. Численная реализация вариационных методов//М.-Наука,-1966.-432 С.
7. Маматов А.З. Применения метода Галеркина к некоторому квазилинейному уравнению параболического типа// Вестник ЛГУ,-1981.-№13.-С.37-45.
8. Кудинов В, Карташов Э, Калашников В. Теория тепломассопереноса: решение задач для многослойных конструкций. М.-« Юрайт».-2018. -435 с. Math, 1971, 16, 362-369.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ СТРУКТУРЫ НА ПОВЕРХНОСТИ И В ЦЕНТРЕ НЕПРЕРЫВНОЛИТОГО СЛИТКА

Хорошев Игорь Андреевич
студент,
Липецкий государственный технический университет,
Россия, г. Липецк
Дождиков Владимир Иванович
доктор. техн. наук, профессор,
Липецкий государственный университет,
Россия, г. Липецк

COMPARATIVE ANALYSIS OF CONDITIONS FOR THE STRUCTURE FORMATION ON THE SURFACE AND IN THE CENTER OF A CONTINUOUSLY CAST INGOT

Khoroshev Igor
student,
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia
Dozhdikov Vladimir
doctor of engineering, Professor,
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

АННОТАЦИЯ

Понимание условий протекания кристаллизации металлического слитка необходимо для успешного управления процессом затвердевания и, соответственно, структурой получаемого металлопродукта. В статье проведен анализ основных параметров процесса кристаллизации поверхностной и центральной зон непрерывнолитого слитка.

ABSTRACT

Understanding the conditions of crystallization of a metal ingot is necessary for successful management of the solidification process and, accordingly, the structure of the resulting metal product. The article analyzes the main parameters of the crystallization process of the surface and central zones of a continuously cast ingot.

Ключевые слова: зародышеобразование; условия охлаждения; структура металла.

Key words: nucleation; cooling conditions; metal structure.

Одной из основных задач повышения качества непрерывного слитка является получение заданной структуры в различных зонах по его толщине. Для решения этой задачи необходим анализ влияния условий формирования слитка на процесс образования его структуры и на основе результатов этого анализа определение возможности управления процессом кристаллизации.

Как известно, критический размер образующегося зародыша в процессе кристаллизации $r_{крит}$ определяется формулой:

$$\boldsymbol{r}_{\text{крит}} = \frac{2\sigma_{SL}T_e}{\Delta H \Delta T}, \quad (1)$$

где σ_{SL} – поверхностное натяжение на границе зародыш – расплав; T_e - температура плавления вещества; ΔH - удельная теплота плавления; ΔT - степень переохлаждения расплава.

Скорость образования зародышей в расплаве можно найти, например, по формуле:

$$\boldsymbol{I}_{\text{гом}} = \frac{16\pi n D_0}{a^4}\left(\frac{\sigma_{SL}T_e}{\Delta H \Delta T}\right)^2 exp\left[-\frac{E_D + \left(\frac{16}{3}\right)\pi\sigma_{SL}^3\left(\frac{T_e}{\Delta H \Delta T}\right)^2}{k_B(T_e - \Delta T)}\right], \quad (2)$$

где n – общее число атомов в единице объема; а – межатомное расстояние; D_0 - предэкспотенциальный множитель в законе Аррениуса для коэффициента диффузии; E_D - энергия активации диффузии, приходящаяся на 1 атом; k_B - постоянная Больцмана.

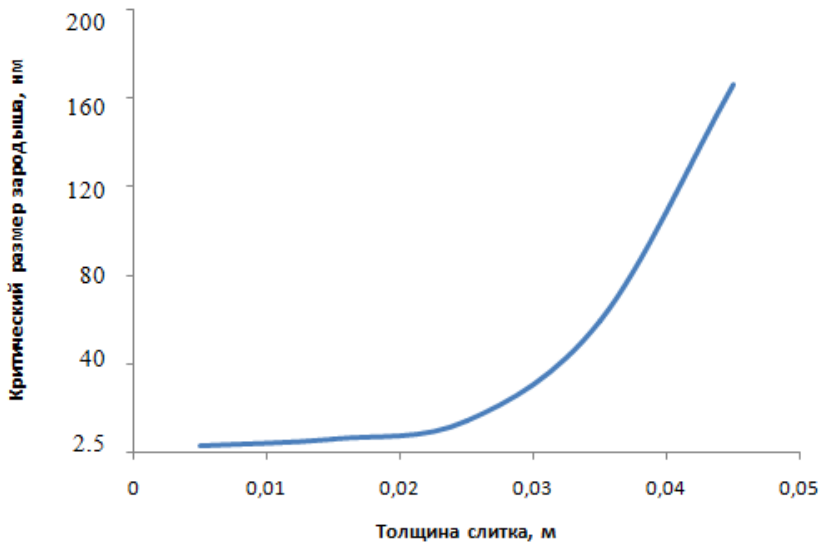
Скорость роста кристаллов является функцией переохлаждения расплава, и ее можно описать выражением:

$$\boldsymbol{\vartheta} = \frac{3\Delta S^2 D \Delta T^2}{4\pi V_M R T \sigma}, \quad (3)$$

где ΔS – разность энтропий твердой и жидкой фаз; D – коэффициент диффузии; V_M – молярный объем.

Формулы (1-3) [1] , использованные для оценки значений основных параметров процесса кристаллизации, позволили определить соотношение размеров зародышей, скоростей их образования и роста, что в конечном счете определяет дисперсность структуры металла. Следует отметить, что значения всех трех рассмотренных выше параметров, определяющих термодинамические и кинетические условия процесса и влияющих на размер зерен кристаллической структуры, зависят от степени переохлаждения металла.

Значения степени переохлаждения в поверхностной и центральной зонах непрерывного слитка толщиной 250 мм из малоуглеродистой стали при заданных значениях температуры на его поверхности в процессе кристаллизации были получены с помощью математической модели охлаждения и кристаллизации слитка [2]. Использование формул (1-3) позволило оценить условия кристаллизации в поверхностной и центральной зонах слитка. Так, например, на рисунке 1 приведены размеры критических зародышей на различной глубине от поверхности кристаллизующегося слитка при температуре поверхности 1450 ℃. При этих условиях слиток характеризуется высокой скоростью охлаждения металла в поверхностной зоне, и, следовательно, большими значениями степени переохлаждения и температурного градиента. Поэтому размер образующихся критических зародышей в этой зоне крайне мал и не превышает 2,5 нм, а скорость образования зародышей, наоборот, высокая (примерно 10^{19} м$^{-3}$ · с$^{-1}$). При этом скорость роста кристаллов не превышает 1,8 мкм/с.



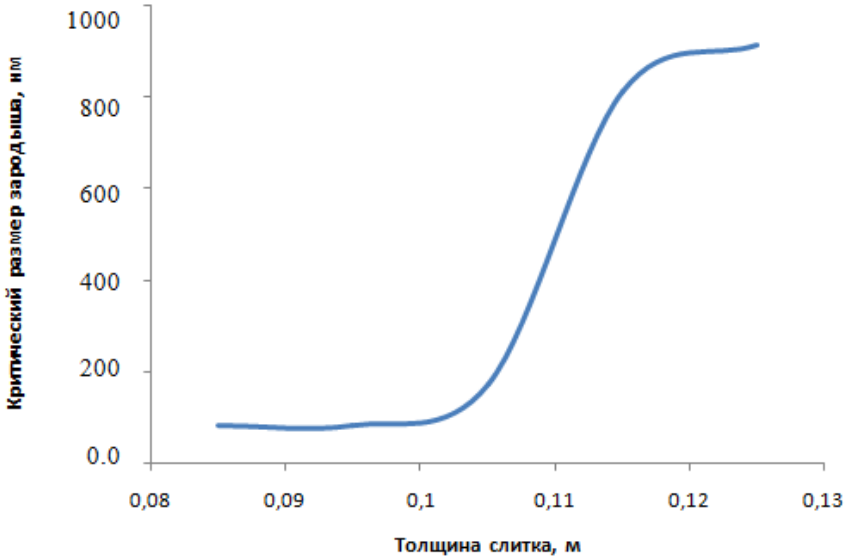


Рисунок 1. Распределение критических радиусов зародыша по толщине слитка в поверхностной(вверху) и центральной(внизу) зонах

Процесс кристаллизации металла в центральной зоне слитка, напротив, отличается низкими значениями степени переохлаждения металла и температурными градиентами. В силу этого в жидкой фазе центральной зоны слитка температура металла изменяется мало при движении к центру слитка, и небольшая величина степени переохлаждения металла в различных точках этой зоны мало отличается по своему значению. В этих условиях процесс кристаллизации в различных точках центральной зоны протекает примерно одинаково в отношении критического размера зародышей, скорости их образования и скорости роста. Это приводит к практически одновременному появлению в центральной зоне кристаллитов с примерно одинаковым размером. Основные параметры процесса кристаллизации здесь характеризуются образованием больших (от 100 до 1000 нм) зародышей, малыми скоростями зародышеобразования (до 10^{11} $м^{-3} \cdot с^{-1}$) и значениями скорости их роста порядка 1 мкм/с, что приводит к появлению в центре затвердевшего слитка зоны крупных равноосных кристаллов.

Таким образом, в результате проведенного сравнительного анализа основных параметров процесса кристаллизации, таких, как критический радиус зародышей, скорости их образования и роста, была проведена количественная оценка особенностей формирования структуры непрерывного слитка в его поверхностной и центральной зонах.

Список литературы

1. Ефимов, В.А. Разливка и кристаллизация стали / В.А. Ефимов. – Изд. «Металлургия», 1976. – 552 с.

2. Дождиков В.И., Васютин А.Ю. Черкасов Н.В. Сравнительный анализ способов задания граничных условий при моделировании ЗВО МНЛЗ // Сталь, №7. М.: «Интермет Инжиниринг», 2018. С. 19 – 21.

NON-DESTRUCTIVE METHOD FOR CONTROLLING THE SURFACE DENSITY OF THIN FIBROUS MATERIALS

Shlyakhtenko Pavel
Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor Emeritus, St. Petersburg State University of Industrial Technology and Design, Russia

ABSTRACT

The optical method for controlling the surface density of thin fiber-containing materials is considered.

Examples of such materials are semi-finished products of spinning production, condenser paper, proteinaceous sausage casing, optically transparent composite materials, for example, aqueous solutions of cellulose fibers used in the paper industry, or industrial effluents of these enterprises containing optically anisotropic light-transmitting fibers, and the like. .

The method consists in the fact that the object under investigation is illuminated through the polarizer with plane polarized light, in which the plane of the light vector rotation is rotated by 45 degrees relative to the machine direction of the material being studied. By the magnitude of the measured luminous flux passing through the analyzer, the optical plane of which is 90 degrees rotated relative to the optical plane of the polarizer, the concentration of fibers in the test material is judged.

A diagram of the device according to the method under discussion is given, and its performance has been proved on samples of various fiber-containing materials.

Keywords: natural and chemical fibers; fibrous and fiber containing materials; optical anisotropy; interference of polarized light.

Introduction

In work [1] it is offered and in work [2] an optical method for controlling the surface density of such materials was described.

The method relates to non-destructive optical methods for monitoring flat light-transmitting materials containing fibers.

Examples of such materials are semi-finished products of a spinning type, condenser paper, a white-cured sausage casing, optically transparent composite materials consisting of an isotropic matrix reinforced with synthetic or natural fibers, for example, aqueous solutions of cellulose fibers used in the paper industry, or industrial effluents of these enterprises containing optically anisotropic light-transmitting fibers, and similar materials.

Closest to the proposed method is a method of controlling the physical parameters of moving flat fibrous materials [3]. The method consists in the fact that the test material is illuminated with a parallel beam of light perpendicular to its surface. Using the photodetector, the entire light flux emitted by the illuminated material in the direction of light incidence is recorded, and this flux is compared with the flux recorded by the photodetector for a reference sample of this material, and the surface density is judged by the difference in the light streams. In the device according to this method, the photodetector recorded the entire luminous flux emitted by the illuminated surface of the material under study and the standard.

Results and discussion

The aim of the proposed method [1] is to increase the accuracy of measurement. Figure 1 shows a diagram illustrating its operation.

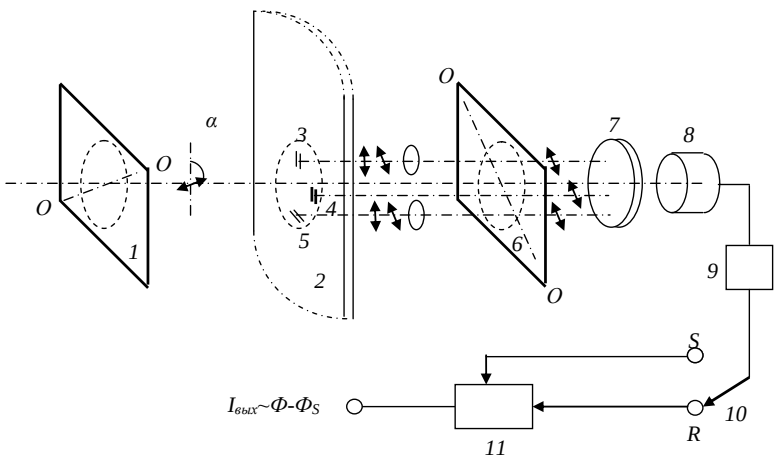


Figure 1. The device diagram explaining the method of controlling the surface density of the material

Non-polarized light is incident by a parallel beam on the polarizer *1* and illuminates the test material with light in which the electric vector ***E*** oscillates at an angle $\alpha = 45^0$ to the direction of drawing of the controlled planar light-transmitting material *2*. The material studied contains fibers mainly oriented along the machine direction (drawing direction). Figure 1 shows, for example, two types of light transmitting fibers *3, 4, 5*.

Anisotropic fibers *3, 5* are oriented along (*3*) and perpendicular (5) to the machine direction, respectively. In these fibers, incident light excites two light waves ("ordinary" ray and "extraordinary") of the same intensity, which interfere with the output of the light fiber in the general case of elliptical polarization.

Fiber *4* has a complex relief of geometry in volume, i.e., many irregular inhomogeneities on the surface and in volume. The reflections and scattering of light by these inhomogeneities lead to the fact that the light transmitted through this fiber is scattered and depolarized.

Obviously, in this case, part of the light from the fibers *3, 4,* and *5* passes through the analyzer *6*, set so that its optical plane is perpendicular to the optical plane of the polarizer *1*. At the same time, the light transmitted through the isotropic filling of the material under study is completely blocked by the analyzer *6*.

Thus, only light coming from the fiber cones located in the illuminated region of the test material, which is then collected at the receiving area of the photodetector *8*, is incident on the lens *7*.

The signal from the output of the linear photodetector at low fiber concentrations in the material, when the fibers do not obscure each other, should be proportional to the number of illuminated fibers. This signal through the amplifier *9* and the key *10* is fed to a comparison circuit *11*, where it is compared with a signal remembered by the circuit when measured on a reference sample of the test material with a known surface density (thickness, with a constant width of the material).

Measurements on the reference sample are carried out according to the above-described diagram on the same device, when instead of the material being studied, the reference sample is placed, and the key is transferred from the "*R*" position to the "*S*" position. In this case, the signal from the photodetector *8*, proportional to the number of fibers in the illuminated part of the reference sample (thickness or surface density), is fed through an amplifier *9* to the corresponding input of the comparison circuit *11*, where it is stored.

The signal from the output of the comparison circuit, proportional to the difference of the light fluxes $\Phi - \Phi_S$, indicates the deviation of the controlled parameter of the material under study from the reference value.

The proposed method is based on measuring the concentration of fibers in the material.

In the case of an increased concentration of fibers, when they shade each other, the measured difference signal is functionally related to the surface density of the material. If the type of function is known, then the desired value can be calculated. If unknown, then the form of this function can be found experimentally during control measurements on the appropriate number of samples of this material with independently measured surface density values.

Figure 2 shows the dependences of the voltage *U* at the output of amplifier 9 (Figure 1) on the surface density σ for reindeer wool comb (curve 1) and sheep wool (curve 2) at a wavelength of λ = 555 nm (comb direction in samples oriented at an angle $\alpha = 45^0$ to the optical plane of the polarizer).

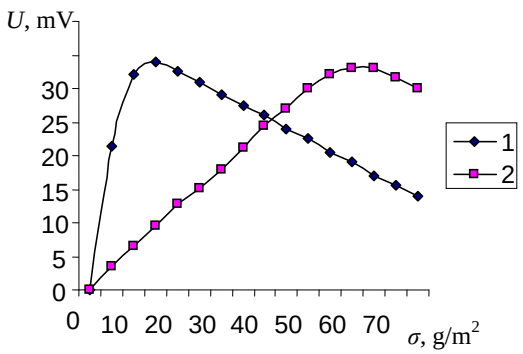


Figure 2. Experimental dependences of the measured signal on the surface density σ for reindeer wool (1) and sheep's (2)

From the course of the curves in this figure it can be seen that the appearance of the curves is the same qualitatively. In the initial section (for thin samples), the dependence is linear and increasing. After reaching a maximum, it is close to a linear dependence and decreases.

The course of the dependences in these sections can be approximated by the dependences from which the desired value of σ from the measured value of the voltage *U* can be calculated by the formulas: for reindeer wool at a low density σ = 60*U*, for a high density σ = 660 (0 , 18 - *U*); for sheep's wool at low

density σ = 350*U*, for high density σ = 600 (0.265 - *U*). Moreover, the dimension of the resulting density is σ [g / m^2], the dimension is *U* [V].

The quantitative differences in the course of curves 1 and 2 in Fig. 2 are associated with differences in the color and diameter (d) of the fibers (for the studied reindeer core fibers d = 0.3 mm, for the fibers in the sheep's comb d ~ 0.01 mm).

To control the surface density of the proteinaceous sausage casing at the Belkozin plant (Luga), according to the considered method, an operating device was assembled, a block diagram of which is shown in Figure 3.

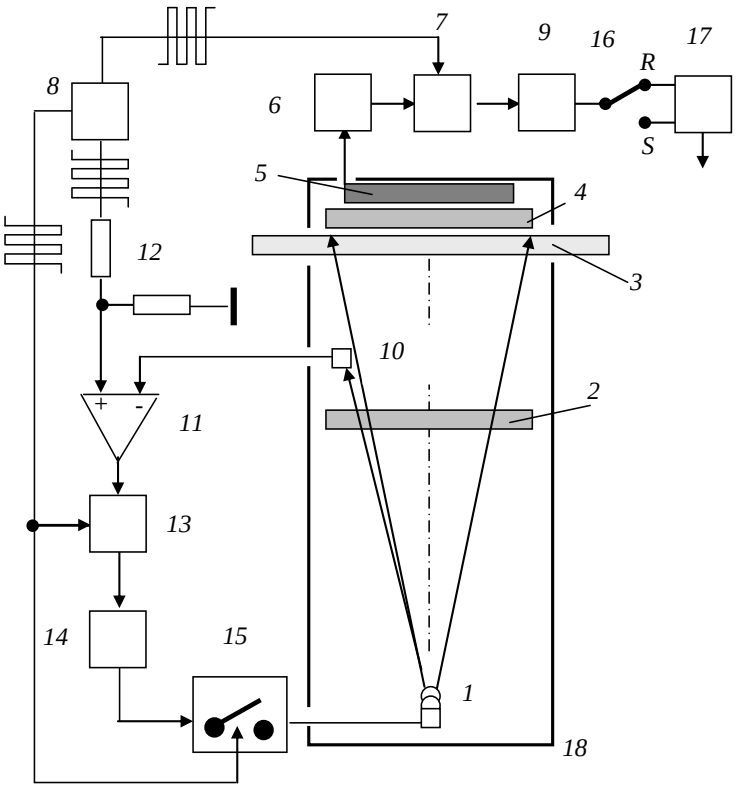


Figure 3. Block diagram of the device

A light emitting diode *1* was used as a light source, emitting light whose wavelength lies in the region of 567 nm, the light from which is transmitted through polaroid *2*, the optical plane of which is oriented at an angle of 45^0 to the direction of drawing of the material under study. The light emitted by the test material *3* through analyzer 4 crossed with the polarizer *2* (polaroid film) enters the photodetector *5*, which consists of solar photodiode batteries connected in parallel and installed parallel to the surface of the test material 3 immediately after the analyzer *4*.

The signal from the photodetector *5* is fed to the amplifier 6, passes through a phase detector *7*, connected to the reference frequency generator *8* and the amplifier *9*. A part of the light from the source *1* goes to the photodiode receiver *10*. The signal from the photodetector *10* then goes to one of their inputs an amplifier *11*, to the second input of which a signal comes from a voltage divider *12* connected to a reference frequency generator *8*.

From the output of amplifier *11*, the signal is supplied to a phase detector *13* connected to *8*, an integrator *14*, and a chopper *15* controlled by a generator *8*. The amplifier *9* is connected to a key *16*, which can be connected either to the measuring input of the comparison circuit *17* ("R") , or to the reference input ("S").

The device operates as follows. The variable component of the signal from the photodetector *5*, passing through the amplifier *6*, enters the phase detector *7*, the reference signal of which is generated by the reference frequency generator *8*. The amplified and detected signal from the photodetector 5 then goes to the constant voltage amplifier *9*, the output voltage of which characterizes the surface density of the investigated fiber - sheet material *3*.

To compensate for temperature instability and temporary departure of the parameters of the emitter *1*, the emitter is powered as follows. The signal from the photodetector *10* (using a solar battery of the same type as in the photodetector *5*), which characterizes the radiation power, is compared with the reference signal and amplified by a differential amplifier *11*. The reference signal is obtained by attenuating the signal of the reference frequency generator 8 in the voltage divider *12*. From the output of the amplifier *11*, the signal enters the phase detector *13*, then is integrated

into *14* and through the chopper *15*, controlled by the generator *8*, is supplied to the emitter *1*.

The electrical circuit of amplifiers operating on a variable signal component, in combination with phase detection, provides the necessary protection and independence of readings from extraneous illumination and intrinsic noise of highly sensitive amplifiers.

At the output of the comparison circuit *17*, the signal measured on the test material is compared with the signal received and stored earlier in the measurements when the key *16* is in position “S”, and instead of the test material, a reference sample of the same material known surface density. The mismatch signal from the output of the circuit *17* can be used to adjust in the circuit automatically adjust the surface density to the standard.

The photosensitive part of the circuit, together with the emitter, is placed in a light-shielding casing *18* to protect photodetectors from irregular constant flashes that change the recombination ability of pn junctions, which is important when their power is sufficient.

Figure 4 shows the experimental dependence of the measured signal at the output of amplifier *9* on the surface density of the protein-sausage sausage casing, measured by an independent method in a factory laboratory by weighing on an analytical balance.

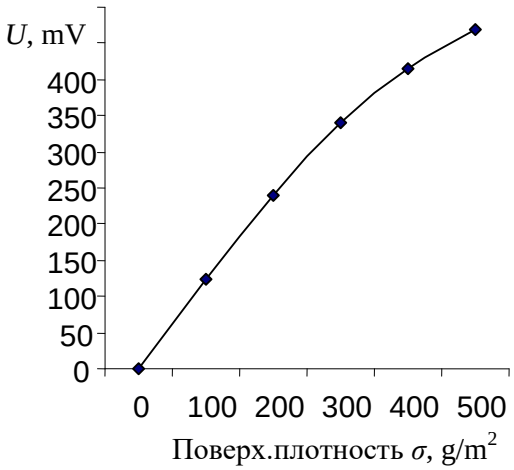


Figure 4. Experimental dependence *U (σ)* for a sausage casing

The measurements were carried out according to the method under consideration, both on individual samples and on samples obtained by adequately superimposing (combining machine directions) the samples on top of each other.

It can be seen that in the entire range of shells manufactured by the «Bel-kozin» factory, whose surface density varies up to 300 g / m2 for various diameters, this dependence is linear.

Measurements showed that measurements of surface density in this range are confidently recorded at the level of 5% (P = 0.9) of the standard, which fully satisfied the needs of the factory.

The measurements performed on the prototype [3], which were carried out on the same device, but without a polarizer *2* and analyzer *4*, gave an error in measuring the surface density, significantly exceeding the required tolerances for controlling the protein shell in the required interval. In measurements, the dependence of the signal on surface density was extremely irregular. For some samples of the sausage casing, the deviation sign at the output of circuit *17* was positive, for other samples of the same surface density it was negative, especially when measuring the surface density of up to 200 g / m^2 , which made the measurements by the prototype method completely unsuitable in the most interesting factory range.

References

1. Patent RF № 2024011 G 01 N 21/86 Sposob kontrolia poverhnostnoi plotnosti slabopogloshaycshih voloknosodergaschih materialov / Shlyakhtenko P.G.,Zinoviev A.V., Gilikova R.P. Opubl. 30.11.94., Бюл. № 22.

2. Pavel Shlyakhtenko Opticheskie methodi kontrolia parametrov voloknosodergiaschih materialov. Kontrol strukturi tekstilnih materialov: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. – 2012. – 347 s.

3. Patent RF № 1483344 G01 N 21/86. Ustroistvo dlia kontrolia fizicheskih paramerrov dviguchihsia ploskih voloknistih svetopropuskayshih materialov / Shlyakhtenko P.G.,Surikov O.M., Truevtsev N.N. I dr. Opubl. 30.05.89, Bul. № 20.

НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБЛУЧЕНИЕ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Юров Виктор Михайлович
кандидат физ.-мат. наук, доцент
Гученко Сергей Алексеевич
докторант PhD
Маханов Канат Мэтович
кандидат физ.-мат. наук, доцент
Карагандинский государственный университет имени Е.А. Букетова,
Казахстан, Караганда

LOW ENERGY GEAR EXPOSURE

Yurov Viktor
Candidate of phys.-mat. sciences, associate professor
Guchenko Sergey
PhD student
Makhanov Kanat Matovich
Candidate of phys.-mat. sciences, associate professor
Karaganda State University named after EA. Buketova,
Kazakhstan, Karaganda

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе на зубчатые передачи наносились традиционные нитрид титановые покрытия, но с использованием низкоэнергетического облучения. На основе приведенных примеров использования ионного и ионно-плазменного ассистирования в процессе или после осаждения покрытий можно сделать вывод, что дополнительная бомбардировка газовыми или металлическими ионами позволяет кардинально изменять структуру конденсата.

ABSTRACT

In this work, conventional titanium nitride coatings were applied to gears, but using low-energy radiation. Based on the above examples of the use of ion and ion-plasma assistance during or after the deposition of coatings, it can be concluded that additional bombardment with gas or metal ions makes it possible to radically change the structure of the condensate.

Ключевые слова: покрытие, поверхность, напыление, ионно-плазменное ассистирование
Key words: coating, surface, spraying, ion-plasma assistance

Зубчатые передачи широко применяются в машиностроении. Большой срок их эксплуатации зачастую определяют в целом ресурс работы машин. Но выход из строя при эксплуатации зубчатых колес связан, в большинстве случаев, с поломкой зубьев колес и разрушением поверхности из-за цикличности действия контактных напряжений [1, 2]. В работе [2] проводились испытания сталей Ст. 3, 40Х, 65Г и 12Х18Н10Т, используемых при изготовлении зубчатых передач, методом ионного азотирования в водородной среде состава 75 об. % N_2 + 25 об. % H_2 и безводородной среде состава 75 об. % N_2 + 25 об. % Ar_2. При этом температура азотирования была T = 580 ºC, давление P = 240 Па и время азотирования t = 4 часа. Контактная выносливость образцов после ионного азотирования в безводородной среде в 1,4-1,5 раз больше по сравнению с не азотированными образцами и на 14-25% выше по сравнению с азотированием в водородной среде [2].

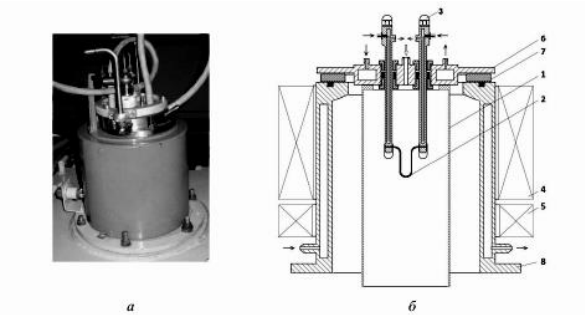
Целью настоящей работы является упрочнение зубчатой передачи путем ионно-плазменного азотирования с одновременным нитрид титановым покрытием.

В качестве образца для эксперимента использовалась звездочка: внешний диаметр 250 мм; внутренний диаметр 50 мм; толщина 25 мм; шаг 50. Образец вырезался с помощью плазмореза. Нами использовался микротвердомер HVS-1000A. Данный прибор разработан с использованием последних достижений в механике, оптике, электронике и компьютерных технологиях для проведения испытаний на твердость металлических и неметаллических материалов, особо мелких деталей или тонких закаленных слоев. В результате прибор способен обеспечивать стабильными и достоверными высокоточными результатами. Он так же может использоваться для исследования структуры металлических материалов и для определения распределения цементита по поверхности и экспериментов с определением твердости по методу Кнупа [3].

Нанесение нитрид титановых покрытий на «звездочки» проводилось нами на базе установки ННВ-6.6И1.

В качестве источника газовой плазмы применялся плазменный источник «ПИНК» с комбинированным накаленным и полым катодом [14], разработанный в лаборатории плазменной эмиссионной электроники (ЛПЭЭ) ИСЭ СО РАН (рис. 1). Генератор плазмы «ПИНК» расположен на верхнем фланце камеры ННВ-6.6И1. Источник газовой плазмы «ПИНК» представляет собой плазменный источник на основе

несамостоятельного дугового разряда с комбинированным накаленным и полым катодом. На фланце 6 смонтированы два водоохлаждаемых электроввода 3 для питания прямонакального катода 2. Цилиндрический экранный электрод 1 диаметром 90 мм и длиной 350 мм закреплен на вакуумной стороне фланца 6. Катод выполнен из вольфрамовой проволоки длиной 125 мм и толщиной 1,5 мм. Питание накала обеспечивается трансформатором с регулировкой переменного (50 Гц) напряжения по его первичной обмотке. Электрическое питание разряда осуществляется от источника напряжения, включающего в себя трехфазные трансформатор и выпрямитель. Плазменный источник изолирован от корпуса установки и находится под плавающим потенциалом. Газ в источник газовой плазмы подается через газоввод на фланце 6 от системы напуска газа, включающей два регулятора расхода газа РРГ-10. Источник газовой плазмы «ПИНК» [4, 5] работает по следующему принципу. После подачи газа, стабилизации давления в камере и создании в рабочем объеме плазмогенератора продольного магнитного поля с магнитной индукцией B = 0,1–3 мТл включается накал катода и подается напряжение на электроды разрядной системы. Электроны, эмитируемые термокатодом, ускоряются в направлении к дополнительному электроду, который в момент зажигания разряда выполняет роль вспомогательного анода, и ионизируют газ в катодной полости, тем самым провоцируя зажигание разряда в промежутке накаленный катод-поджигающий электрод.



1 – катодная полость; 2 – накаленный вольфрамовый катод; 3 – электроввод; 4 – стабилизирующая катушка; 5 – фокусирующая катушка; 6 – водоохлаждаемый фланец; 7 – изолятор; 8 – водоохлаждаемый корпус.

Рисунок 1– Внешний вид (а) и принципиальная схема (б) плазменного источника «ПИНК» [4].

При этом полый катод заполняется плазмой, которая распространяется в вакуумную камеру. Это приводит к переключению горения разряда на основной анод (внутренние стенки вакуумной камеры), т.е. происходит зажигание основного несамостоятельного дугового разряда. Под действием внешнего магнитного поля траектория электронов, эмитировавших с накаленного катода, искривляется. Движение электронов происходит по цилиндрической спирали, что увеличивает их путь к аноду, тем самым приводя к увеличению эффективности ионизации газа.

Изменяя ток накала, следовательно, и эмиссию электронов с термокатода, можно легко регулировать ток разряда от десятков до сотен ампер при напряжении горения в несколько десятков вольт. Такой разряд классифицируется как несамостоятельный дуговой разряд с накаленным катодом без катодного пятна. Данный дуговой разряд позволят эффективно генерировать низкотемпературную плазму в больших объемах (≥ 0,1 м^3) с концентрацией n_e ~ 10^9–10^{11} см$^{-3}$ и однородностью не хуже ±15 %. В результате звездочки имеют вид нитрид титановых покрытий (рис. 2).

а)

б)

Рисунок 1 – «Звездочка» без азотирования (а) и с азотированием и нитрид титановым покрытием (б)

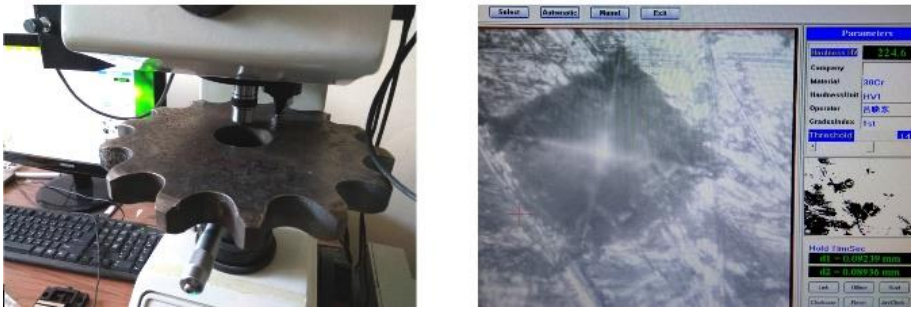
Микротвердость μ образца «звездочки» без покрытия и с покрытием с ассистированием ПИНК в течение 1 часа при нагрузке HV 0,05=0,49N (табл. 1).

Таблица 1

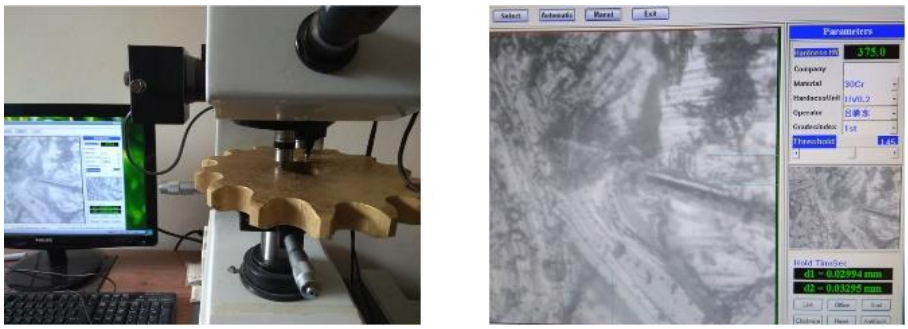
Микротвердость «звездочки» без покрытия и с покрытием

Образец	1	2	3	4	5	6	7	8	Среднее
μ, HV б/п	218	220	232	228	214	226	224	223	224
μ, HV с/п	382	370	374	375	369	376	377	375	375

Из табл. 1 следует, что ассистирование ПИНК приводит к увеличению микротвердости более чем в 1,7 раза по сравнению исходным. Ассистирование ПИНК показывает, что структуру покрытия можно изменить, используя ионную бомбардировку азотом.



а)



б)

Рисунок 2 – Микротвердость без покрытия (а) и с покрытием (б)

На рис. 2 показано изображение покрытия TiN после облучения азотом.

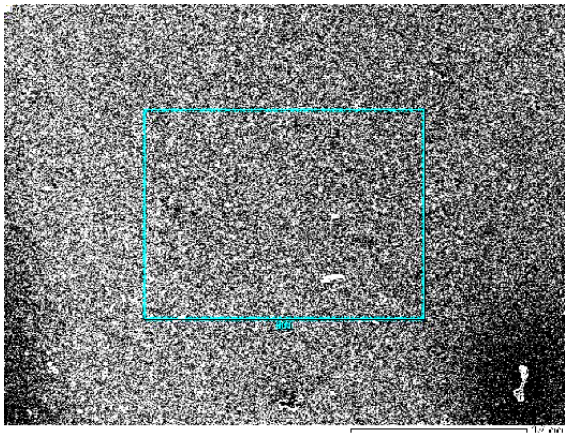


Рисунок 2 - Электронно-микроскопическое изображение покрытия TiN после ионной бомбардировки образца Ст. 3.

Одним из перспективных методов ассистирования процесса синтеза покрытий является низкоэнергетическое ионное облучение [6-8], в ходе которого не происходит существенного изменения системы покрытие/подложка, но появляется возможность регулирования структурно-фазового и элементного состава покрытий и их свойств.

В [8] показано, что одновременное с напылением титана облучение ионами азота, во-первых, исключает формирование высокоэнергетических нано- и субмикрокристаллических субструктур с высокой кривизной кристаллической решетки и высокой плотностью частичных дисклинаций в границах зерен и связанных с этим высоких локальных напряжений, и во-вторых, оно стимулирует эпитаксиальный механизм формирования нитридной фазы на подложке γ-аустенита, и в-третьих, приводит к повышению пластичности нитридного покрытия (от 3 до 6 %).

Плазменное ассистирование можно использовать при вакуумно-дуговом осаждении покрытий, которое является одним из этапов комплексной обработки сталей [9-11], включающей предварительное ионное азотирование поверхности и последующее нанесение TiN покрытия в едином технологическом цикле. Такая комбинированная обработка стали Ст. 3 позволяет формировать в поверхностном слое нитрид (γ′-Fe_4N) и обеспечивает градиентное снижение твердости по глубине образца. Это обеспечивает повышение адгезии TiN покрытия к стальной подложке и существенное увеличение износостойкости полученной композиции.

В [11, 12] показаны эксперименты по осаждению TiN покрытий вакуумно-дуговым плазменно-ассистированным методом при токе газового плазмогенератора 10–12 А и токе дугового испарителя 50–100 А, в которых изучалось влияние отрицательного напряжения смещения на формирование ионно-плазменных покрытий, а его значение составляло 15, 200, 600 и 1000 В. Установлено, что при плазменно-ассистированном нанесении покрытия напряжение смещения, прикладываемое к образцу, имеет определяющее значение в изменении структуры и фазового состояния в процессе формирования слоя. Исследования показали, что при малых отрицательных значениях напряжения смещения формируется пластинчатая структура с высоким уровнем упругих полей напряжения. Увеличение смещения приводит к формированию в пластинах наноразмерной поликристалической структуры в результате разбиения на отдельные разориентированные кристаллиты. Оптимальным напряжением смещения оказывается $U_{см}$ = –200 В. Предполагается, что модификация структуры и свойств TiN, осажденных в условиях вакуумно-дугового распыления титана при облучении низкоэнергетическими ионами азота, обусловлена развитием релаксационных процессов вследствие ионного миксинга, генерации точечных дефектов и повышения диффузионной подвижности адатомов на поверхности растущего покрытия [12].

Заключение.

На основе приведенных примеров использования ионного и ионно-плазменного ассистирования в процессе или после осаждения покрытий можно сделать вывод, что дополнительная бомбардировка газовыми или металлическими ионами позволяет кардинально изменять структуру конденсата. При ионном стимулировании роста покрытий возможно повысить содержание атомарной и ионной компонент в газовом потоке за счет уменьшения молекулярной составляющей. Энергия, привносимая ионным пучком, может приводить к повышению коэффициента диффузии, что дает возможность наносить покрытия при невысоких температурах, тем самым уменьшая размер зерен.

Работа выполнена по программе МОН РК. Гранты №0118РК000063 и №Ф.0781.

Литература

1. Копф И.А., Корнилов В.В., Ефимов Е.В. Нестационарная термическая модель заедания и износа эвольвентных зубчатых передач // Техника машиностроения, 1998, №1(15). - С. 54-59.

2. Каплун П.В. Способы повышения износостойкости и контактной выносливости зубчатых колёс // Вісник НТУ "ХПІ", 2015, № 35. – С. 67-75.

3. Юров В.М., Гученко С.А., Маханов К.М. Особенности многофазных покрытий // Национальная Ассоциация Ученых (НАУ), 2020, №51, Ч. 1. – С. 44-49.

4. Григорьев С.В., Коваль Н.Н., Толкачев В.С. и др. Дуговые разряды низкого давления с полым катодом и их применение в генераторах плазмы и источниках заряженных частиц // Изв. вузов. Физика. – 2001. – Т. 44. – № 9. – С. 28–35.

5. Коростелева Е.Н., Прибытков Г.А., Гурских А.В. Исследование структуры и свойств спеченных материалов титан–медь // Физическая мезомеханика. – 2004. – Т. 7. – Спецвыпуск. – Ч. 2. – С. 75–77.

6. Борисов Д.П, Щанин П.М., Коваль Н.Н. Генерация объемной плазмы дуговым разрядом с накаленным катодом // Изв. ВУЗов. Физика. 1994, Т. 37, № 3. - С. 115-121.

7. Винтизенко Л.Г., Григорьев С.В., Коваль Н.Н., Толкачев В.С., Лопатин И.В., Щанин П.М. Дуговые разряды низкого давления с полым катодом и их применение в генераторах плазмы и источниках заряженных частиц. // Изв. ВУЗов. Физика. 2001, Т. 44, № 9. - С. 28-35.

8. Тюменцев А.Н., Коротаев А.Д., Пинжин Ю.П. и др. Влияние низкоэнергетического ионного облучения на микроструктуру покрытий нитрида титана. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 1998, № 10. - С. 92-100.

9. Goncharenko I.M., Grigoriev S.V., Lopatin I.V. et al. Surface modification of steels by complex diffusion saturation in low pressure arc discharge. //

Surface and Coatings Technology, 2003, V. 169-170. - P. 419-423.

10. Borisov D.P., Goncharenko I.M., Koval N.N., Schanin P.M. Plasma-assisted deposition of a three-layer structure by vacuum and gas arcs. // IEEE Transactions on Plasma Science, 1998, V. 26, № 6. - P. 1680-1684.

11. Гончаренко И.М. Комплексное модифицирование сталей и покрытий TiN в плазме дуговых разрядов низкого давления. - Диссертация на соискание уч. ст. канд. техн. наук. - Томск, 2004. - 168 с.

12. Yurov V., Shelpyakov B., Guchenko S. Titanium nitride coatings on turbine shovels // The scientific heritage, 2020, No 44, P. 1. – P. 29-33.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 546.654:547.581

СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ КОБАЛЬТА(II) С ПРОИЗВОДНЫМИ БЕНЗОКСАЗИНОВ

Шамсутдинова Медина Хумаидовна
кандидат хим. наук, доцент кафедры химии,
ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет» г. Грозный
Ташлигов Нур-Магомед Резванович
студент 4 курса биолого-химического факультета
ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет» г. Грозный
Курбанов Юнус Якубович
Ординатор 1 года обучения
Северо-Осетинская медицинская академия
г. Владикавказ

SYNTHESIS, STRUCTURE AND PROPERTIES OF COMPLEX COMPOUNDSOF COBALT (II) WITH BENZOXASINE DERIVATIVES

Shamsutdinova Medina Humaidovna
Candidate of the Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry,
FGBOU VO "Chechen State University", Grozny
Tashligov Nur-Magomed Rezvanovich
4-year student of the Faculty of Biology and Chemistry
FGBOU VO "Chechen State University", Grozny
Kurbanov Yunus Yakubovich
Resident 1 year of study
North Ossetian Medical Academy
Vladikavkaz
DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.1.57.263

АННОТАЦИЯ

В данной работе химическим методом синтезированы координационные соединений Co(II) с производными дигидро-4Н-3,1-бензоксазинами и изучены их состав, строение и физико-химические свойства. . По данным элементного анализа и анализа на металл полученные комплексные соединения имеют состав ML_2 , где М-металл, L- лиганды:

2-[2-гидроксифенил]-4,4-дифенил-1,2-дигидро-4Н-3,1-бензоксазином (L1), 2-[2-гидрокси-5-нитрофенил]-4,4-дифенил-1,2-дигидро-4Н-3,1-бензоксазином (L2), 2-[2-гидроксинафтил]-4,4-дифенил-1,2-дигидро-4Н-3,1-бензоксазином (L3), 2-[2-гидроксинафтил]-4,4-диэтил-1,2-дигидро-4Н-3,1-бензоксазином (L4). Строение и свойства полученных комплексных соединений изучали методом ИК-спектроскопии. По данным ИК-спектроскопии установлено, что во всех комплексных соединениях лиганд участвует в раскрытой азометиновой форме; в координации с атомом металла участвует два атома кислорода и атом азота азометинового фрагмента лиганда. Установлено, что лиганд в комплексе выполняет тридентатную хелатно-мостиковую функцию. Предложено строение комплексных соединений кобальта с производными бензоксазинов.

ANNOTATION

In this work, coordination compounds of Co (II) with derivatives of dihydro-4H-3,1-benzoxazines were synthesized by a chemical method and their composition, structure, and physicochemical properties were studied. ... According to the data of elemental analysis and analysis for metal, the obtained complex compounds have the composition ML2, where M is metal, L are ligands: 2- [2-hydroxyphenyl] -4,4-diphenyl-1,2-dihydro-4H-3,1-benzoxazine (L1), 2- [2-hydroxy-5-nitrophenyl] -4,4-diphenyl-1 , 2-dihydro-4H-3,1-benzoxazine (L2), 2- [2-hydroxynaphthyl] -4,4-diphenyl-1,2-dihydro-4H-3,1-benzoxazine (L3), 2- [2-hydroxynaphthyl] -4,4-diethyl-1,2-dihydro-4H-3,1-benzoxazine (L4). The structure and properties of the obtained complex compounds were studied by IR spectroscopy. According to IR spectroscopy data, it was found that in all complex compounds, the ligand participates in the open azomethine form; coordination with the metal atom involves two oxygen atoms and a nitrogen atom of the azomethine fragment of the ligand. It was found that the ligand in the complex performs a tridentate chelate-bridging function. The structure of complex compounds of cobalt with derivatives of benzoxazines is proposed.

Ключевые слова: дигидро-4Н-3,1 бензоксазины, комплексные соединения, ИК -спектры.

Key words: dihydro-4H-3,1 benzoxazines, complex compounds, IR spectra.

Актуальность темы. В последние годы интенсивно изучаются координационные соединения переходных металлов с би- и тридентатными азометиновыми лигандами. Повышенный интерес к таким комплексным соединениям вызван тем, что на их примере можно проследить конкурентную способность донорных центров лиганда в координации с атомом металла в зависимости от их природы и взаимного расположения в молекулах лигандов. Однако успехи координационной химии во многом связаны с созданием новых типов лигандных систем. Одной из таких систем являются производные дигидро-4Н-3,1-бензоксазинов.

Дигидробензоксазины имеют три донорных центра (два кислорода и один атом азот) и поэтому являются удобными объектами в качестве лигандов при комплексообразовании с переходными металлами.

Цель данной работы состояла в получении комплексных соединений Co(II) с 2-[2-гидроксифенил]-4,4-дифенил-1,2-дигидро-4Н-3,1-бензоксазином (L1), 2-[2-гидрокси-5-нитрофенил]-4,4-дифенил-1,2-дигидро-4Н-3,1-бензоксазином (L2), 2-[2-гидроксинафтил]-4,4-дифенил-1,2-дигидро-4Н-3,1-бензоксазином (L3), 2-[2-гидроксинафтил]-4,4-диэтил-1,2-дигидро-4Н-3,1-бензоксазином (L4) и изучении их состава, строения.

Для исследования состава и строения синтезированных комплексных соединений были использованы методы элементного, термогравиметрического анализа, ИК-спектроскопии

Нами был проведен синтез комплексных соединений лигандов **L1-L4** с ацетатами Co(II) химическим методом. По данным элементного анализа и анализа на металл полученные комплексные соединения имеют состав ML_2. **Синтез комплексных соединений состава ML_2.**

К раствору 0,0001 моль соединений L1 – L4 в небольшом количестве этанола при перемешивании прибавляли заранее приготовленный раствор 0,0001 моль ацетата кобальта в спирте. Раствор прогревали в течение 1 – 1,5 часа при температуре 50-60°С. При этом происходило упаривание раствора и частичное выпадение осадка. Через час осадок отфильтровывали, промывали на фильтре холодным этанолом. Выпадал осадок темно-зеленого цвета, который перекристаллизовывали из смеси хлороформ-спирт в соотношении 1:2.

Известно [1] , что дигидробензоксазины способны к таутомерному превращению в линейную азометиновую форму (основания Шиффа).

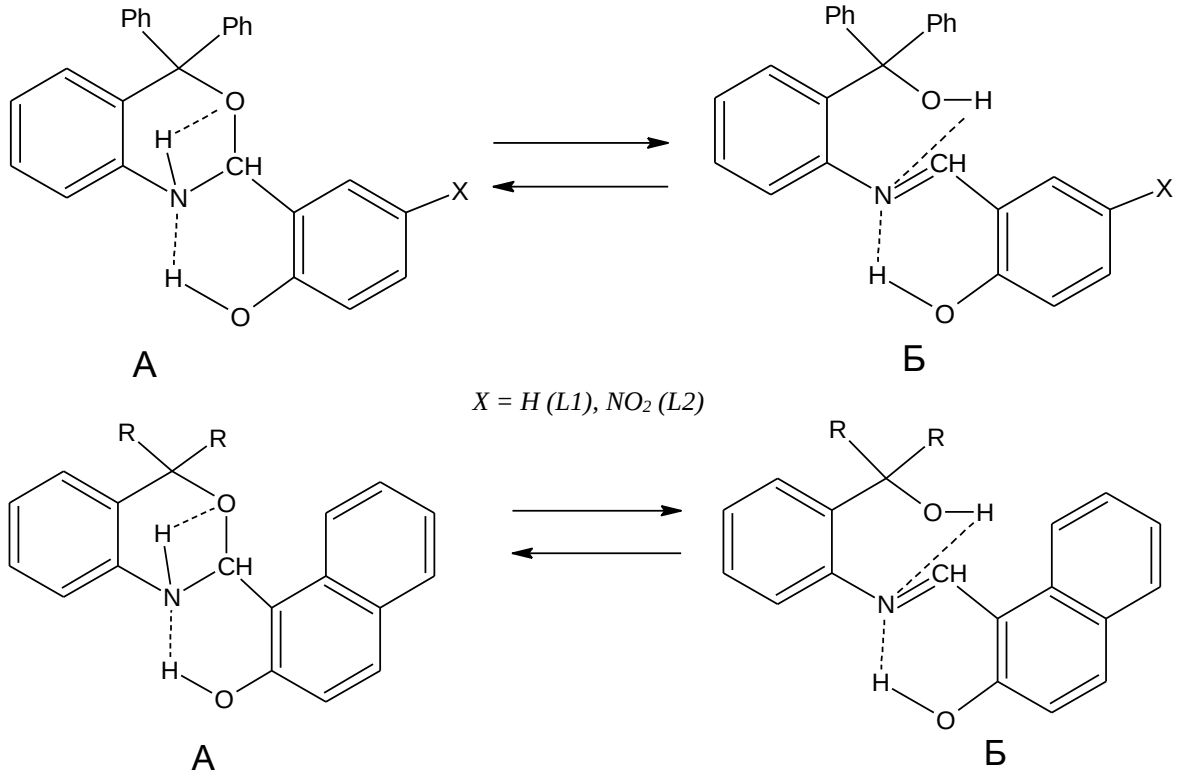


Рисунок 1 – Таутомерные превращения лигандов L1-L4

Дигидробензоксазины имеют три донорных центра (два кислорода и один атом азот) и поэтому являются удобными объектами в качестве лигандов при комплексообразовании с переходными металлами. Дигидробензоксазиновая структура может образовывать устойчивые шестичленные металлоциклы с участием атома кислорода ионизированной фенольной группы и атомами

азота или кислорода бензоксазинового цикла. Азометиновая структура также может выступать в роли трехдентатного лиганда. Наиболее вероятным, на наш взгляд, является образование координационного узла хелатного типа с выровненной электронной плотностью с участием иминного атома азота и кислорода ионизированной фенольной группы.

При комплексообразовании колебательные спектры исходных молекул существенно изменяются. В спектрах молекулярных соединений появляется ряд новых полос, относящихся к валентным и деформационным колебаниям межмолекулярных связей. Кроме того, наблюдаются заметные сдвиги колебательных частот и изменение интенсивности некоторых полос поглощения донора и акцептора при связывании их в комплекс [2]. В ИК-спектрах лигандов и синтезированных комплексных соединений наблюдается большое количество полос поглощения, полное описание которых затруднено, поэтому мы интерпретировали характеристические полосы функциональных групп, потенциально способных к координации.

Характеристические полосы валентных колебаний лигандов (L1- L4) и их комплексных соединений состава ML_2 приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1 при сравнении спектров лигандов и их соответствующих комплексных соединений наблюдаются значительные различия.

Таблица 1

Значения характеристических частот (см$^{-1}$) колебаний в ИК спектрах лигандов и комплексных соединений состава ML_2

Соеди-нение	ν_{N-H}	ν_{O-H}	$\nu_{C=N}$	ν_{NO2}		ν_{C-O}		ν_{M-N}	ν_{M-O}
				as	s	C_{sp^2}-O	C_{sp^3}-O		
L1	3329	2380	-	-	-	1250	ν_{as} 1066 ν_s 1018	-	-
$CoL1_2$	-	3496	1625	-	-	1544	1102	404	567
L2	3314	2320	-	1521	1339	1285	ν_{as} 1072 ν_s 1038	-	-
$CoL2_2$	-	3411	1617	1541	1386	1542	1096	453	599
L3	-	3340	1622	-	-	1315	1176	-	-
$CoL3_2$	-	3395	1618	-	-	1535	1106	459	568
L4	-	3358	1624	-	-	1286	1165	-	-
$CoL4_2$	-	3397	1617	-	-	1538	1104	454	546

Так в спектрах исследуемых комплексных соединений отсутствуют валентные колебания N–H связей при 3320-3300 см$^{-1}$, повышается частота валентных колебаний O–H связи 3530-3450 см$^{-1}$. Такой факт можно объяснить тем, что молекула лиганда при комплексообразовании находится в структуре Б, то есть бензоксазиновый цикл раскрывается.

В ИК-спектрах всех комплексных соединений в области 1625-1550 см$^{-1}$ наблюдается сложная картина. Точное отнесение полос в этой части спектра не представляется возможным ввиду образования хелатного цикла, что согласуется с литературными данными [3].

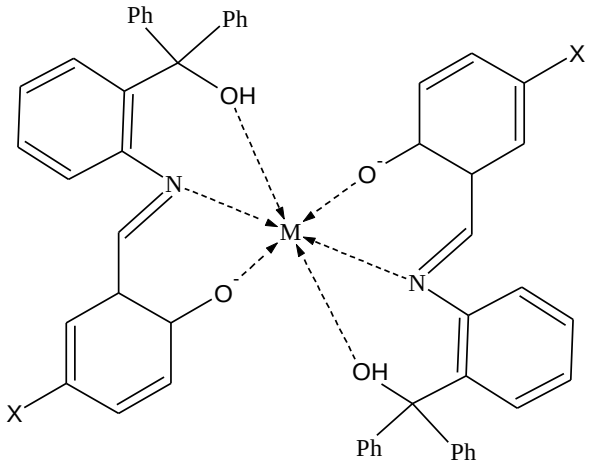
Образующиеся молекулы уксусной кислоты или спирта, используемого в качестве растворителя не входят в состав полученных комплексных соединений, что подтверждается элементным составом.

Поглощение в области 3530-3450 см$^{-1}$ обусловлено валентными колебаниями O–H связи третичной спиртовой группы, которая может принимать участие по аксиальным связям комплекса. Валентные колебания кислорода, связанного с бензольным кольцом повышают свою частоту по сравнению с соответствующей частотой в исходных лигандах и налагаются на валентные симметричные колебания нитрогруппы ($CoL2_2$) [3]. Повышение валентных антисимметричных колебаний нитрогруппы связано с тем, что ее сопряжение с бензольным кольцом понижается вследствие образования координационной связи металла с феноксидным атомом кислорода.

В ИК-спектрах в области ниже 700 см$^{-1}$ проявляются колебания M–O и M–N связей для таких металлов как Co(II). Значения частот валентных колебаний M–O и M–N приведены в табл.1

Таким образом, как показывают данные ИК спектроскопии, в координации с металлом принимают участие атом кислорода фенильного радикала и атом азот азометинового фрагмента. Участие в координации атома кислорода трифенилкарбинольной группы по характеру и положению OH-группы возможно.

Таким образом, наиболее возможным, на наш взгляд является образование комплексных соединений следующего строения с участием OH – групп трифенилкарбинольного фрагмента по аксиальным связям:



Из данной работы следует, что при синтезе координационных соединений

Co(II) с лигандами L1-L4 химическим методом при соотношении компонентов 1:2 образуются комплексы состава ML_2.

По данным ИК-спектроскопии установлено, что во всех комплексных соединениях лиганд участвует в раскрытой азометиновой форме; в координации с атомом металла участвует два атома кислорода и атом азота азометинового фрагмента лиганда.

Установлено, что лиганд в комплексе выполняет тридентатную хелатно-мостиковую функцию.

Литература:

1. Ракитин Ю.В., Касумов Р.Д., Панова Г.В., Ларин Г.М. ЭПР и структура ближайшего окружения в би- и трициклических хелатах Cu(II) // Коорд. Химия.- 1986.- т.12.- №9.- с.1188.

2. Громачевская Е.В., Ненько Н.И., Поспелова Ю.С., Кульневич В.Г. / Росторегулирующая и антистрессовая активность производных 4,4-дифенил-1,2-дигидро-4Н-3,1-бензоксазина // Тез. докл. IV Международной конференции “Регуляторы роста и развития растений”. – 1997. – Москва. – с. 63-64.

3. Решение о выдаче патента на изобретение по заявке №2001121594/04 от 29.05.2002 г. Замещенные 4,4-дифенил-1,2-дигидро-4Н-3,1-бензоксазины, проявляющие росторегулирующую и антистрессовую активность / Е.В. Громачевская, Н.И. Ненько, В.Г. Кульневич.

ISSN 2413-5291

НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ УЧЕНЫХ (НАУ)

Ежемесячный научный журнал

№57 / 2020

1 часть

Редакционный совет

Ответственный редактор – д.ю.н.Чукмаев А.И.
Секретарь конференции – к.ф.н. Варкумова Е.Е.
Редакционная коллегия
Сорновская Н.А.
Кажемаев А.В.
Каверин В.В.
Каримов П.Б.
Свистун А.А.
Селиктарова К.Н.
Артафонов В.Б.
Самиров А.И.
Семипалов С.А.
Новицкая О.С.

Ответственный редактор

Чукмаев Александр Иванович

Доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права.

(Астана, Казахстан)

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.Материалы публикуются в авторской редакции.

Адрес редакции: 620144, г. Екатеринбург, улица Народной Воли, 2, оф. 44

Адрес электронной почты: info@national-science.ru
Адрес веб-сайта: http://national-science.ru/

Учредитель и издатель Общество с ограниченной ответственностью

"Евразийское Научное Содружество"

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии 620144, г. Екатеринбург,
улица Народной Воли, 2, оф. 44