

№ 6 (96) ▪ 2020

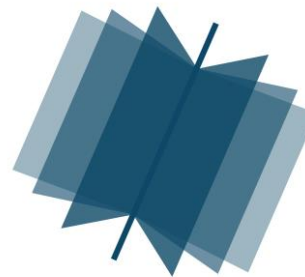
Часть 1 ▪ Июнь

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЖУРНАЛ**

INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL

**ISSN 2303-9868 PRINT
ISSN 2227-6017 ONLINE**

Екатеринбург
2020



Периодический теоретический и научно-практический журнал.
Выходит 12 раз в год.
Учредитель журнала: Соколова М.В.
Главный редактор: Меньшаков А.И.
Адрес издателя и редакции: 620137, г. Екатеринбург, ул.
Академическая, д. 11, корп. А, оф. 4.
Электронная почта: editors@research-journal.org
Сайт: www.research-journal.org
16+

**№ 6 (96) 2020
Часть 1
Июнь**

Дата выхода 17.06.2020
Подписано в печать 11.06.2020
Тираж 200 экз.
Цена: бесплатно.
Заказ 295118.
Отпечатано с готового оригинал-макета.
Отпечатано в типографии "А-принт".
620049, г. Екатеринбург, пер. Лобачевского, д. 1.

Журнал имеет свободный доступ, это означает, что статьи можно читать, загружать, копировать, распространять, печатать и ссылаться на их полные тексты с указанием авторства без каких-либо ограничений. Тип лицензии CC поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Актуальная информация об индексации журнала в библиографических базах данных <https://research-journal.org/indexing/>.

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: **ПН № ФС 77 – 51217.**

Члены редколлегии:

Филологические науки:

Растягаев А.В. д-р филол. наук, Московский Городской Университет (Москва, Россия);
Сложеникина Ю.В. д-р филол. наук, Московский Городской Университет (Москва, Россия);
Штрекер Н.Ю. к.филол.н., Калужский Государственный Университет имени К.Э. Циолковского (Калуга, Россия);
Вербицкая О.М. к.филол.н., Иркутский Государственный Университет (Иркутск, Россия).

Технические науки:

Пачурин Г.В. д-р техн. наук, проф., Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (Нижний Новгород, Россия);
Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф., Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (Нижний Новгород, Россия);
Герасимова Л.Г. д-р техн. наук, Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева (Апатиты, Россия);
Курасов В.С. д-р техн. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Оськин С.В. д-р техн. наук, проф. Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия).

Педагогические науки:

Куликовская И.Э. д-р пед. наук, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Россия);
Сайкина Е.Г. д-р пед. наук, Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена (Санкт-Петербург, Россия);
Лукиянова М.И. д-р пед. наук, Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова (Ульяновск, Россия);
Ходакова Н.П. д-р пед. наук, проф., Московский городской педагогический университет (Москва, Россия).

Психологические науки:

Розенова М.И. д-р психол. наук, проф., Московский государственный психолого-педагогический университет (Москва, Россия);
Ивков Н.Н. д-р психол. наук, Российская академия образования (Москва, Россия);
Каменская В.Г. д-р психол. наук, к. биол. наук, Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина (Елец, Россия).

Физико-математические науки:

Шамолин М.В. д-р физ.-мат. наук, МГУ им. М. В. Ломоносова (Москва, Россия);
Глезер А.М. д-р физ.-мат. наук, Государственный Научный Центр ЦНИИчермет им. И.П. Бардина (Москва, Россия);
Свиштунов Ю.А. д-р физ.-мат. наук, проф., Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия).

Географические науки:

Умывакин В.М. д-р геогр. наук, к.техн.н. проф., Военный авиационный инженерный университет (Воронеж, Россия);
Брылеев В.А. д-р геогр. наук, проф., Волгоградский государственный социально-педагогический университет (Волгоград, Россия);
Огуреева Г.Н. д-р геогр. наук, проф., МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия).

Биологические науки:

Буланый Ю.П. д-р биол. наук, Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского (Саратов, Россия);
Аникин В.В., д-р биол. наук, проф., Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского (Саратов, Россия);
Еськов Е.К. д-р биол. наук, проф., Российский государственный аграрный заочный университет (Балашиха, Россия);
Шеуджен А.Х. д-р биол. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Ларионов М.В. д-р биол. наук, профессор, Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского (Саратов, Россия).

Архитектура:

Янковская Ю.С. д-р архитектуры, проф., Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (Санкт-Петербург, Россия).

Ветеринарные науки:

Алиев А.С. д-р ветеринар. наук, проф., Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия);
Татарникова Н.А. д-р ветеринар. наук, проф., Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова (Пермь, Россия).

Медицинские науки:

Никольский В.И. д-р мед. наук, проф., Пензенский государственный университет (Пенза, Россия);
Ураков А.Л. д-р мед. наук, Ижевская Государственная Медицинская Академия (Ижевск, Россия).

Исторические науки:

Меерович М.Г. д-р ист. наук, к. архитектуры, проф., Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия);
Бакулин В.И. д-р ист. наук, проф., Вятский государственный университет (Киров, Россия);
Бердинских В.А. д-р ист. наук, Вятский государственный гуманитарный университет (Киров, Россия);
Лёвочкина Н.А. к.ист.наук, к.экон.н. ОмГУ им. Ф.М. Достоевского (Омск, Россия).

Культурология:

Куценков П.А. д-р культурологии, к.искусствоведения, Институт востоковедения РАН (Москва, Россия).

Искусствоведение:

Куценков П.А. д-р культурологии, к.искусствоведения, Институт востоковедения РАН (Москва, Россия).

Философские науки:

Петров М.А. д-р филос. наук, Института философии РАН (Москва, Россия);
Бессонов А.В. д-р филос. наук, проф., Институт философии и права СО РАН (Новосибирск, Россия);
Цыганков П.А. д-р филос. наук., МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия);
Лойко О.Т. д-р филос. наук, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Томск, Россия).

Юридические науки:

Костенко Р.В. д-р юрид. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Северо-Кавказский федеральный университет г. Пятигорске (Пятигорск, Россия);
Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Всероссийская академия внешней торговли (Москва, Россия);
Ергашев Е.Р. д-р юрид. наук, проф., Уральский государственный юридический университет (Екатеринбург, Россия).

Сельскохозяйственные науки:

Важов В.М. д-р с.-х. наук, проф., Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина (Бийск, Россия);
Раков А.Ю. д-р с.-х. наук, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр (Михайловск, Россия);
Комлацкий В.И. д-р с.-х. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Белгород, Россия);
Наумкин В.П. д-р с.-х. наук, проф., Орловский государственный аграрный университет.

Социологические науки:

Замараева З.П. д-р социол. наук, проф., Пермский государственный национальный исследовательский университет (Пермь, Россия);
Солодова Г.С. д-р социол. наук, проф., Институт философии и права СО РАН (Новосибирск, Россия);
Кораблева Г.Б. д-р социол. наук, Уральский Федеральный Университет (Екатеринбург, Россия).

Химические науки:

Абдиев К.Ж. д-р хим. наук, проф., Казахстанско-Британский технический университет (Алма-Аты, Казахстан);
Мельдешов А. д-р хим. наук, Казахстанско-Британский технический университет (Алма-Аты, Казахстан);
Скачилова С.Я. д-р хим. наук, Всероссийский Научный Центр По Безопасности Биологически Активных Веществ (Купавна Старая, Россия).

Науки о Земле:

Горяинов П.М. д-р геол.-минерал. наук, проф., Геологический институт Кольского научного центра Российской академии наук (Апатиты, Россия).

Экономические науки:

Бурда А.Г. д-р экон. наук, проф., Кубанский Государственный Аграрный Университет (Краснодар, Россия);
Лёвочкина Н.А. д-р экон. наук, к.ист.н., ОмГУ им. Ф.М. Достоевского (Омск, Россия);
Ламоттке М.Н. к.экон.н., Нижегородский институт управления (Нижний Новгород, Россия);
Акбулаев Н. к.экон.н., Азербайджанский государственный экономический университет (Баку, Азербайджан);
Кулиев О. к.экон.н., Азербайджанский государственный экономический университет (Баку, Азербайджан).

Политические науки:

Завершинский К.Ф. д-р полит. наук, проф. Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия).

Фармацевтические науки:

Тринеева О.В. к.фарм.н., Воронежский государственный университет (Воронеж, Россия);
Кайшева Н.Ш. д-р фарм. наук, Волгоградский государственный медицинский университет (Волгоград, Россия);
Ерофеева Л.Н. д-р фарм. наук, проф., Курский государственный медицинский университет (Курс, Россия);
Папанов С.И. д-р фарм. наук, Медицинский университет (Пловдив, Болгария);
Петкова Е.Г. д-р фарм. наук, Медицинский университет (Пловдив, Болгария);
Скачилова С.Я. д-р хим. наук, Всероссийский Научный Центр По Безопасности Биологически Активных Веществ (Купавна Старая, Россия); Ураков А.Л., д-р мед. наук, Государственная Медицинская Академия (Ижевск, Россия).

**Екатеринбург
2020**

ОГЛАВЛЕНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

| | |
|--|----|
| Вдовичев А.А. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАСООБМЕНА СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА В ГОФРИРОВАННОМ КРИОБАКЕ | 6 |
| Волкова А.Ю., Суетин В.П. ДВИЖЕНИЕ В ВЯЗКОЙ СРЕДЕ. ВИДЫ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ..... | 13 |
| Гуломнабиев С.Г. О РАЗРЕШИМОСТИ ОДНОЙ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ПРОСТРАНСТВЕ ОГРАНИЧЕННЫХ НА ВСЕЙ ОСИ ФУНКЦИЙ | 18 |
| Тукмаков Д.А., Уразов А.Н. ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАЧАЛЬНОГО ОБЪЁМНОГО СОДЕРЖАНИЯ ДИСПЕРСНОЙ КОМПОНЕНТЫ СМЕСИ НА ИСТЕЧЕНИЕ ЗАПЫЛЁННОЙ СРЕДЫ В ВАКУУМ | 23 |

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

| | |
|---|-----|
| Агафонова Д.В. АНАЛИЗ ХАРАКТЕРА ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПРОКАТКЕ НОВЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al-Mg-Li..... | 29 |
| Амер А. Э., Рахмани К., Лебедев В. А. ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ С ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ (МАИ) | 35 |
| Наумов И.И., Бурякова О.С., Маков С.В. КОНСТРУКЦИЯ МНОГООСЕВОГО УСТРОЙСТВА ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ, РАБОТАЮЩЕГО В ПОЛЯРНОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ И ВЫБОР ИНФОРМАЦИОННО УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ЕГО УПРАВЛЕНИЯ | 49 |
| Гайнуллин И.А., Загирова Р.Ю., Нургатина С.О. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА НА ПОЧВУ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЯЗЫКА C# | 55 |
| Зависляк И.В., Кувылина Т.В. ПОЛИТИКА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ | 61 |
| Юнин В.А., Зыков А.В., Захаров А.М., Перекопский А.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ БАРАБАННОГО ТИПА С ИНФРАКРАСНЫМ ИСТОЧНИКОМ ТЕПЛА | 64 |
| Кидакоев М.М., Крымова В.Г., Кидакоева М.М. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ ЗАГУСТИТЕЛЯ И ЗАМЕДЛИТЕЛЯ СХВАТЫВАНИЯ НА СТРОИТЕЛЬНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ..... | 69 |
| Кувылина Т.В., Черепанова В.В. ИЗМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА СРЕДЫ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ НА ПРИМЕРЕ PEST-АНИЛИЗА..... | 75 |
| Магомадов В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ | 78 |
| Муралев А.А., Усанин С.Н., Чурсин А.А. К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗОВ ПРИБОРОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ .. | 81 |
| Abdizhapparova B.T., Khanzharov N.S., Orymbetova G.E., Kenzhibayeva G.S., Kassymova M.K., Amangeldy M. SALTED CHEESE WITH VEGETABLE ADDITIVES..... | 84 |
| Иванова Н.С., Панюшкина М.С., Патрин С.А. ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОЗДУХОСБОРНИКОВ С КОРРОЗИОННЫМ ИЗНОСОМ..... | 91 |
| Сандуляк А.В., Горпиненко Ю.О., Полисмакова М.Н., Сандуляк Д.А., Сандуляк А.А. МАГНИТНЫЙ ПОТОК И ИНДУКЦИЯ В СЕРДЦЕВИНАХ НАМАГНИЧИВАЕМЫХ ЦЕПОЧЕК ШАРОВ..... | 96 |
| Прыткова Е.А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ | 111 |
| Латышенко Г. И., Соколовская Д. Д. О РАЗРАБОТКЕ И ПРОДВИЖЕНИИ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ ТОНКОСТЕННЫХ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ..... | 115 |

| | |
|---|-----|
| Федотов В. А. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ И ИХ ОЦЕНКА ПО КАЧЕСТВУ ЗЕРНА | 118 |
| Никонова Е.З., Яковлева А.А. БЕСПРОВОДНЫЕ ДАТЧИКИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ | 121 |
| Ганжа В.А., Сатышев А.С., Карелин Е.Н., Ганжа А.В. ДИСКОВЫЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН ДОРОЖНОЙ МАШИНЫ | 127 |
| Баранов А.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ОРГАНИЗАЦИЯХ | 131 |
| СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES | |
| Дмитриева Т.О. МЯСНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ БАРАНЧИКОВ КАТУМСКОЙ И ГОРЬКОВСКОЙ ПОРОД В ВОЗРАСТЕ 6 МЕСЯЦЕВ | 134 |
| Кирейчева Л.В., Яшин В.М. ФОРМИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩЕГО МЕЛИОРАТИВНОГО РЕЖИМА НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ | 140 |
| Королев К.П., Боме Н.А. ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У СОРТОВ <i>LINUM USSITATISSIMUM</i> L. В УСЛОВИЯХ СОЛЕВОГО СТРЕССА | 145 |
| Косенко Т.Г. ОСОБЕННОСТИ ОТРАСЛЕВОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ЮЖНОЙ ЗОНЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ | 149 |
| Костылев П.И., Костылева Л.М. СЕЛЕКЦИЯ ЗЕРНОВОГО, САХАРНОГО СОРГО И СУДАНСКОЙ | 153 |
| Майбородин С.В. ВЫРАЩИВАНИЕ КОРНЕСОБСТВЕННЫХ САЖЕНЦЕВ ВИНОГРАДА | 158 |
| Нурманов Е. Т., Хамзина Б. Н. МАСЛИЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ – ВАЖНОЕ ЗВЕНО В ДИВЕРСИФИКАЦИИ ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА | 161 |
| Чувиллина В.А. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОДНОЛЕТНИХ КОРМОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ О. САХАЛИН | 164 |
| ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY | |
| Гайнулин Ф.Ф., Левенец Т.В. СИНТЕЗ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СОЧЕТАНИИ ЭТИЛОВОГО ЭФИРА 3-(4-МЕТИЛФЕНИЛГИДРАЗОНО)-2,4-ДИОКСОПЕНТАНОВОЙ КИСЛОТЫ С <i>NI</i> -МОНОНУКЛЕОФИЛАМИ | 169 |
| АРХИТЕКТУРА / ARCHITECTURE | |
| Сергеева Н.Д., Ковалев Р.Б., Голотина И.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ НА КОНСТРУКЦИЯХ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ОБОЛОЧЕК ЗДАНИЙ | 173 |
| Лава Д.А. СОВРЕМЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОСТРОЕК НАЧАЛА XX ВЕКА В Г. ХАРБИНЕ | 180 |
| ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ / VETERINARY SCIENCE | |
| Артамонова О.А. ИЗУЧЕНИЕ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ МОЛОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ DELAVAL | 184 |
| Бутаков Е.И., Шаманская Л.Д. ЭФФЕКТИВНОСТЬ АКАРИЦИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ НАТУРАЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРОТИВ <i>PSOROPTES CUNICULI</i> | 188 |
| Коваленко А.В., Фетюкова А.С. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ И ПРОДУКТИВНОГО ДОЛГОЛЕТИЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В УСЛОВИЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ | 193 |
| Шантыз А.Х., Дельцов А. А., Марченко Е.Ю., Шантыз А.Ю. ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ АБИОТОНИК | 196 |

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.001>**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОБМЕНА СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА В ГОФРИРОВАННОМ КРИБАКЕ**

Научная статья

Вдовичев А.А.*

ORCID: 0000-0001-8979-8845,

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (fansw[at]bk.ru)

Аннотация

В статье рассматривается перспективная модель топливного СПГ-бака, позволяющая увеличить время бездренажного хранения за счет обеспечения постоянной степени заполнения изотермического сосуда жидкой фазой топлива. Выполнено технологическое описание способа поддержания неизменяемой объемной доли криогенного топлива в сжиженном состоянии путем использования гофрированной конструкции сосуда по типу сильфонного осевого компенсатора. Осуществлена постановка задачи программного расчета с использованием метода конечных объемов, позволяющего описать распределение физических параметров двухфазной системы «жидкость-газ» с учетом наличия теплопритока к стенкам рассматриваемого гофрированного сосуда. Приведены результаты численного эксперимента бездренажного хранения криожидкости без стравливания продукта в систему питания двигателя внутреннего сгорания, выявлены недостатки аналитического исследования процессов тепломассопереноса и гидродинамики СПГ в криогенной изотермической емкости.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, топливный криогенный бак, бездренажное хранение, тепломассообмен, свободно-конвективное движение, моделирование гидродинамического поля бинарной системы.

NUMERICAL MODELING OF HEAT AND MASS TRANSFER PROCESSES OF LIQUEFIED NATURAL GAS IN CORRUGATED CRYO-TANK

Research article

Vdovichev A.A.*

ORCID: 0000-0001-8979-8845,

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia;

* Correspondent author (fansw[at]bk.ru)

Abstract

The article discusses a promising model of an LNG fuel tank, which allows increasing the time of drainless storage by means of ensuring a constant degree of filling an isothermal vessel with the liquid phase of the fuel. A technological description of the method for maintaining an unchanged volume fraction of cryogenic fuel in the liquefied state with a corrugated vessel in the form of an axial bellows compensator is performed. The problem of the program calculation is formulated using the finite volume method, which enables describing the distribution of the physical parameters of the two-phase liquid-gas system with regard to the presence of heat influx to the walls of the corrugated vessel under consideration. The results of the numerical experiment of drainless storage of cryo-liquid without bleeding the product into the power supply system of an internal combustion engine are presented, the shortcomings of the analytical study of heat and mass transfer, and LNG hydrodynamics in a cryogenic isothermal tank are revealed.

Keywords: liquefied natural gas, cryogenic fuel tank, drainage-free storage, heat and mass transfer, free convection movement, simulation of the hydrodynamic field of a binary system.

Введение

Одной из наиболее актуальных проблем для автомобилей, работающих на сжиженном природном газе (СПГ), является увеличение времени удержания криогенного продукта без стравливания его в атмосферу. Данная проблема особенно важна для транспортных средств, осуществляющих длительную поездку с регламентом работы, требующим периодические остановки, например, магистральных тягачах или спецтехнике [1, С. 70].

Как известно, при хранении и транспортировке СПГ в изотермических топливных баках происходит непрерывающийся процесс испарения жидкой фазы за счет имеющегося температурного напора через стенки сосуда, что, в свою очередь, является причиной повышения избыточного давления образующихся паров природного газа и ведет к снижению времени бездренажного хранения криопродукта.

В настоящее время имеется несколько способов утилизации выпара. Например, на крупных танкерах применяются системы принудительного сжижения газообразного СПГ – холодильные машины, работающие по циклу Стирлинга [2, С. 168]. Однако использование таких установок для конденсации паров в автотранспортных средствах является экономически нецелесообразным. Зачастую для увеличения времени удержания сжиженного газа в автомобилях применяются следующие технические способы. Во-первых, с целью снижения теплопереноса через конструкцию топливного бака в межстенном пространстве криогенного сосуда располагают высокоэффективную экранно-вакуумную теплоизоляцию, обладающую сверхнизким коэффициентом теплопроводности [3, С. 25-28]. Во-вторых, используется система подачи газообразного топлива в двигатель в том случае, когда давление в сосуде становится выше верхней границы рабочего давления [4]. Тем не менее, ни одним из существующих технологических решений не предусмотрено поддержание постоянной начальной степени заполнения жидкой фазы криопродукта φ_0 .

Степень заполнения жидкой фазы криопродукта оказывает непосредственное влияние на интенсивность процесса испарения и, следовательно, величину избыточного давления в герметичном объеме криобака. В случае полного заполнения сосуда СПГ, без наличия парового пространства, при переносе теплоты внутрь емкости происходит резкое повышение избыточного давления и, как следствие, стравливание газа в атмосферу через систему аварийного сброса [5, С. 545-546]. При частичном заполнении криобака создаются условия для увеличения интенсивности испарения топлива по причине перехода кинетической энергии жидкости в тепло, вызванное толчками и трением сжиженного газа о стенки сосуда при движении транспортного средства [6, С. 103]. В зависимости от вида криогенного топлива, значения избыточного давления и объема бака существует оптимальная степень заполнения жидкой фазы, при которой период бездренажного хранения максимален. Установлено, что для сжиженного природного газа при рабочем давлении 0,4 МПа она составляет 75% (с учетом особенностей конструкции криобака), что позволяет продлить срок хранения СПГ до 9-10 дней [7].

Разработанная перспективная модель криогенного топливного бака с изменяющимся объемом позволяет увеличить время бездренажного хранения СПГ (см. рисунок 1). Способ ее работы основан на принудительном изменении объема конструкции путем сдвига упругой гофрированной металлической оболочки, представляющей собой осевой сильфонный компенсатор, заглушенные основания которого образуют герметичное пространство. Осевое перемещение торцов конструкции позволяет поддерживать неизменяемость отношения геометрического объема жидкого метана V_0 к объему емкости V_p . Тем самым решается проблема уменьшения начальной степени заполнения φ_0 в ходе забора криотоплива в двигатель.

Работа системы поддержания статичного положения зеркала жидкости относительно дна сосуда основана на том, что при излучении измерителем уровня СПГ ультразвуковой волны, отражающейся от свободной поверхности раздела «газ-жидкость», осуществляется подача сигнала на электродвигатель, в результате чего выполняется вращательно-поступательное движение штока. Оно передается поршню, оказывающему давление на основание стенки сосуда-компенсатора. Таким образом, в условиях, когда часть жидкого СПГ была стравлена в ДВС, возникающее осевое сжатие гибкой мембраны приводит к уменьшению внутреннего объема емкости и обеспечению постоянства объемной доли жидкой фазы криопродукта.

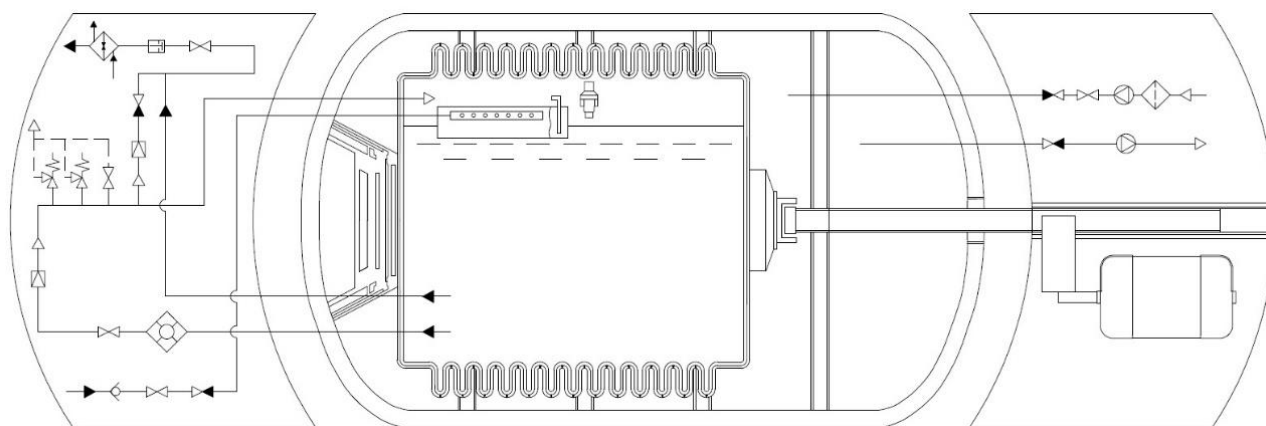


Рис. 1 – Принципиальная схема системы локального хранения сжиженного природного газа с изменяющимся объемом

Разработка перспективной модели СПГ-бака на первичном этапе требует предварительных исследований связанных с изучением гидродинамики и тепломассообмена в условиях хранения криопродукта в замкнутом пространстве гофрированного изотермического сосуда.

Теоретическое исследование процессов свободной конвекции бинарной системы «жидкость-газ» осложняется тем, что требует решения системы дифференциальных уравнений движения основной массы жидкости, межмолекулярной диффузии на поверхности раздела фаз, уравнений энергии, выражений профиля температур и скоростей [8, С. 390-391], [9, С. 77-78].

Значительным недостатком аналитического расчета является то, что он основан на использовании приближенных методов и не учитывает всех факторов тепломассообмена криогенной жидкости в замкнутом пространстве: геометрических особенностей топливного бака, неравномерности распределения притока к поверхностям сосуда, теплофизических свойств жидкой и газообразной фазы СПГ, их зависимости от температуры, начального температурного поля основной массы криопродукта и последующей температурной и компонентной стратификации и др.

С учетом вышесказанного актуальной задачей является максимально приближенное к реальным физическим условиям численное описание процессов гидродинамики, нестационарного тепломассообмена и фазовых переходов на основе применения гидродинамического программного комплекса.

Методы и принципы исследования

Для выполнения подробного исследования распределения параметров криогенного продукта, заполняющего герметичный сосуд, при наличии парового и жидкостного пространства используется математическое моделирование на базе гидродинамического пакета универсальной программы Star-CCM+.

Принцип программного расчета основан на использовании универсальных законов неразрывности, сохранения энергии и импульса, описываемых дифференциальными трехмерными уравнениями Навье-Стокса, осредненных по

Рейнольдсу, с помощью которых можно получить распределение параметров сплошной среды в замкнутом объеме, ее теплофизические и гидродинамические особенности [10, С. 156], [11, С. 151].

$$\begin{cases} \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_j} = 0 \\ \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}_j \bar{u}_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{P}}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\nu \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} \right) + g\beta(T - T_0) + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\bar{u}_i' u_j') \\ \frac{\partial \bar{T}}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}_j \bar{T}}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\lambda}{\rho c_p} \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_j} \right) + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\bar{T}' u_j') \end{cases} \quad (1)$$

где t – время; ρ – плотность; \bar{u} – компоненты вектора осредненной скорости по осям координат; ν – коэффициент кинематической вязкости; $(T - T_0)$ – отклонение фактической температуры от фиксированной средней; $\beta = T^{-1}$ – коэффициент теплового расширения среды; \bar{P} , \bar{T} – осредненные давление и температура; $\bar{u}_i' u_j' = \frac{\tau_{ij}}{\rho}$; τ_{ij} – турбулентные напряжения (дополнительные напряжения Рейнольдса); $\rho c_p \bar{T}' u_j'$ – дополнительный тепловой поток; u_i', u_j', T' – локальные пульсации скорости и температуры.

Получение параметров среды в пространстве сосуда осуществляется при помощи метода конечных (контрольных) объемов – дискретизации уравнений Навье-Стокса, осредненных по времени (уравнений Рейнольдса) – в ходе которого расчетная область разбивается на определенное количество непересекающихся элементарных объемов, совокупность которых называется расчетной сеткой. Для каждого элементарного объема – ячейки – определяются законы сохранения массы импульса и энергии, которые преобразуются в систему алгебраических уравнений относительно скорости, температуры и других характеристик в центрах расчетных ячеек.

Описание турбулентных течений в условиях вычисления процессов сжатия газа, свободно-конвективных движений осуществляется с применением модели турбулентности типа «к-ε», как одной из наиболее эффективных для решения задач подобного рода. Уравнение стандартной модели турбулентности «к-ε» записывается следующими выражениями [12, С. 75]:

$$\frac{\partial}{\partial \tau} (\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho k \bar{u}_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial \tau} (\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \varepsilon \bar{u}_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{\varepsilon 3} G_b) - C_{\varepsilon 2} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon \quad (3)$$

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (4)$$

где G_k – турбулентная кинетическая энергия, образованная средними градиентами скорости; G_b – кинетическая энергия выталкивающей силы; Y_M – вклад переменного расширения в общую скорость диссипации, учитывающийся только при больших числах Маха; $C_{\varepsilon 1}$, $C_{\varepsilon 2}$, C_μ – константы, выявленные на основе эмпирических данных.

Для моделирования процесса нагрева в замкнутом объеме необходимо рассматривать бинарную систему с учетом наличия массопереноса конденсацией или испарением на поверхности раздела фаз. В некоторых исследованиях с целью экономии вычислительных ресурсов и сокращения времени программного расчета выполняют две независимые модели парового и жидкостного пространства. Такой подход имеет негативный эффект, связанный с упрощением процесса тепломассопереноса, поскольку не учитывает фактор вертикального перемещения зеркала жидкости. В нашем случае применяется двухфазная модель «жидкость-газ», позволяющая выявить динамику изменения состояния криопродукта на границе раздела.

Поскольку объемная доля метана в сжиженном газе, используемом в качестве топлива для автомобилей, составляет 99,8% [13], то исследуемую модель можно представить в качестве однофракционной системы, что позволит снизить ресурс программы на определение нестационарной компонентной стратификации.

Для задачи многофазной среды используется модель Эйлеровой многофазной смеси (Eulerian Multi-Phase Mixture), основанной на использовании метода функции плотности вероятности для получения замкнутой системы уравнений динамики и тепломассопереноса в двухфазном потоке.

Поскольку рассматриваемая среда является гетерогенной (состоит из нескольких фаз), уравнение масс для компонентов смеси будет иметь вид [14, С. 38]:

$$\int_V \frac{\partial(\alpha_i \rho_i)}{\partial t} dV + \int_S \rho_i^\circ v_{in} dS = \int_V \sum_{j=1}^N J_{ji} dV, \text{ где } j, i = 1, 2, \dots, N \quad (5)$$

где α_i – величина, характеризующая долю объема смеси, занимаемой фазой; ρ_i° – истинная плотность вещества фазы (масса i -той фазы в единице объема i -той фазы); v_{in} – скорость абсолютного движения фазы; J_{ji} – величина, характеризующее интенсивность перехода массы из j -той в i -тую составляющую в единице объема смеси и в единицу времени (массовый приток).

Уравнение движения для фаз в отдельности (закон сохранения импульса) записывается следующим образом [14, С. 42]:

$$\rho_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = \rho_i \vec{F}_i + \nabla \vec{p}_{in} + \sum_{j=1}^N (\vec{P}_{ji} - J_{ji} \vec{v}_i) \quad (6)$$

где \vec{F}_i – массовые (объемные) силы, отнесенные к единице массы жидкости и называемые напряженностью поля сил; \vec{p}_{in} – поверхностная сила, отнесенная к единице площади поверхности (напряжение); \vec{P}_{ji} – интенсивность обмена импульсом между j -той и i -той составляющими.

Описание взаимодействий между двумя агрегатными состояниями топлива осуществляется с помощью подмоделей Volume Of Fluid: взаимодействие фаз (Phase Interaction), Кипение (Boiling) и Rohsenow Кипение (Rohsenow Boiling) [15, С. 6, 11]. Стоит отметить, что модель Volume Of Fluid, задающая процессы испарения и конденсации, предполагает наличие границы раздела жидкой и газообразной фаз [16, С. 3].

Основные результаты

Как можно увидеть (см. рисунок 2) со временем хранения криогенного топлива происходит изменение расположения границы раздела фаз вдоль вертикальной оси сосуда с повышением доли парового пространства, что связано с преобладанием скорости теплопередачи от пара над скоростью отводом тепла к жидкости [8, С. 389]. Следовательно, для данной конструкции сосуда (при условиях стационарного режима хранения) начального объема парового пространства, соответствующего 25% геометрического объема бака ($V_{\text{пар}} = 0,25V_p$), будет достаточно для перехода части жидкой фазы СПГ в газообразное состояние и перемещения зеркала жидкости вертикально вниз.

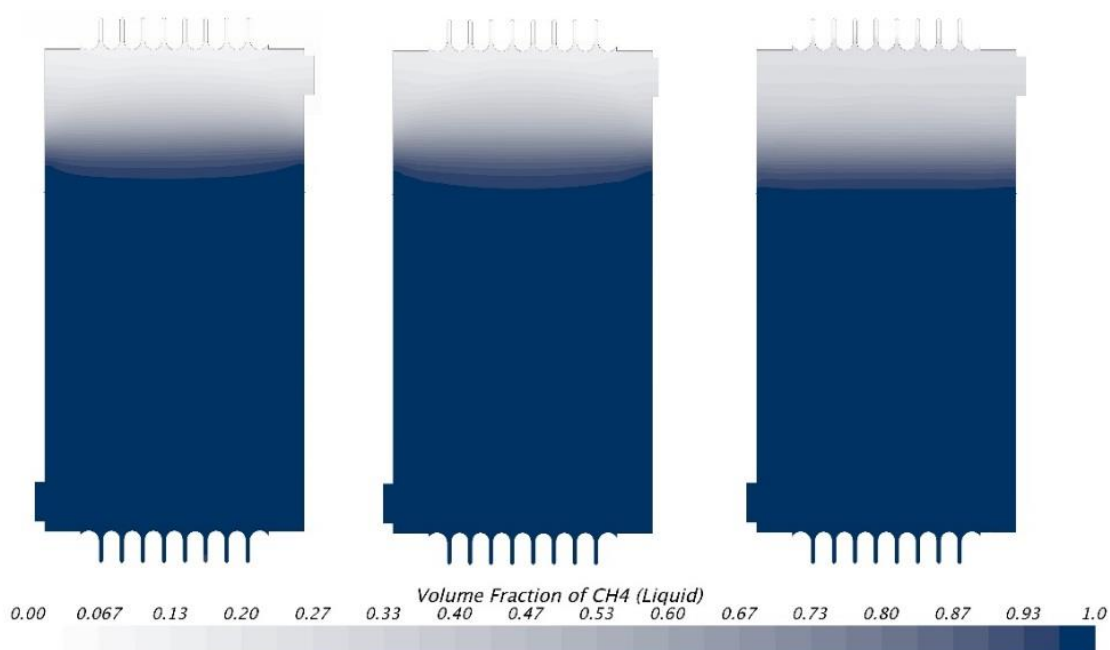


Рис. 2 – Поля объемной доли жидкой фазы (CH_4 liquid) при осуществлении сходимости задачи

Необходимо добавить, что при рассмотрении профиля распределения фаз «жидкость-пар» отчетливо прослеживается непрерывающееся явление конвективного теплопереноса под воздействием архимедовых сил и вязких напряжений, проявляющееся в формировании зоны насыщенного пара, доля жидкой фазы в которой варьируется от 60% до 84%.

В ходе анализа полученных данных положения зеркала жидкого метана при реализации бездренажного хранения прослеживается опускание границы раздела фаз по вертикальной оси. На оси ординат в качестве нуля принято исходное положение плоскости жидкого метана после заполнения сосуда. При достижении критического давления в емкости $P_{\text{доп}} = 1,6$ МПа [17] уровень топлива снизился на 0,228 м (см. рисунок 3). Стоит отметить, интенсивность кипения жидкой фазы возрастает по мере хранения криотоплива.

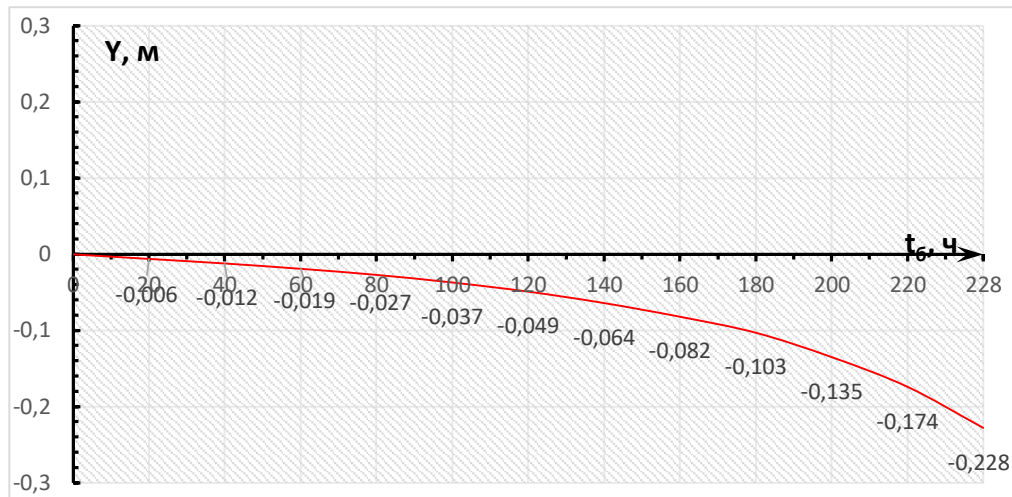


Рис. 3 – Изменение положения уровня раздела фаз по времени бездренажного хранения

На примере полученного поля распределения скоростей с наложением линий тока в верхней части криогенного сосуда (см. рисунок 4) подтверждены результаты практических работ по изучению естественной конвекции в условиях нагрева боковых стенок. Во-первых, установлено наличие восходящих течений прогретой жидкости в пограничном слое ($v_y = 0,012 \div 0,018$ м/с) с образованием вихрей на расстоянии 0,04 м от плоских поверхностей бака при повороте течений к средней точке объема. Во-вторых, наблюдается увеличение толщины пограничного слоя δ с расстоянием вдоль стенки от 0 м до $0,03 \div 0,035$ м. В-третьих, в слое температурного расслоения формируется переходное движение ($Re = 6800$) от плоскости фазового раздела в нижнюю зону. Сжиженный газ здесь находится в состоянии перемешивания с температурой выше температуры ядра криопродукта.

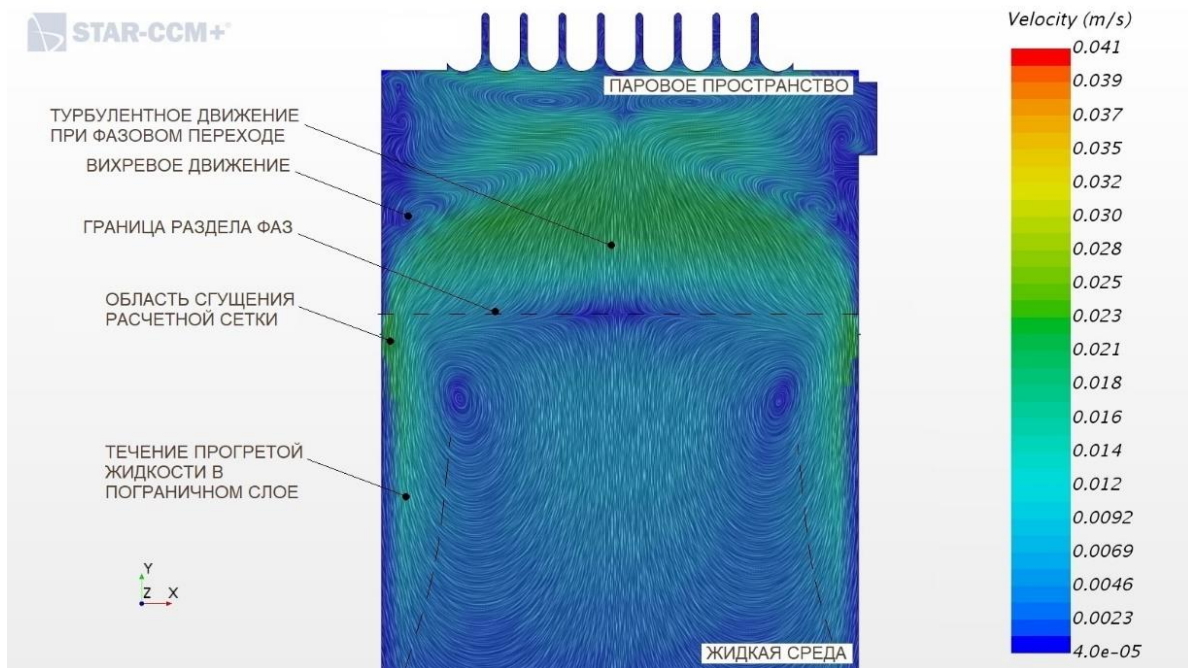


Рис. 4 – Гидродинамическое поле с отображением линейных интегралов скоростей в верхней части емкости

Как известно для аналитического рассмотрения модели температурного расслоения используется ряд упрощений и выведенных соотношений, позволяющих описать движение жидкости у обогреваемой поверхности, выявить толщину и время слоя температурного расслоения, определить температуру поверхности жидкости [8, С. 420, 436-439].

Уравнение, характеризующее движение криопродукта внутри горизонтального цилиндра:

$$\frac{\alpha D_0}{\lambda_f} = 0,53 \left[\frac{D_0^3 \rho^2 g \beta_f \Delta T_0}{\mu_f^2} \left(\frac{c_p \mu}{\lambda} \right)_f \right]^{1/4} \quad (7)$$

где α – коэффициент теплоотдачи стенки сосуда, Вт/(м² · °С); D_0 – внешний диаметр цилиндра, м; λ_f – коэффициент теплопроводности при температуре $T_f = (T_w + T_b)/2$, Вт/(м · °С); T_w – температура стенки, °С; T_b – среднemasовая температура, °С; β_f – коэффициент объемного расширения при T_f , $\frac{1}{^\circ\text{C}}$; μ – коэффициент динамической вязкости при T_f , Па · с.

Уравнение соотношения перепада температуры, времени хранения и толщины слоя температурного расслоения:

$$\frac{T_s - T_B}{(q/A)_0(H/\lambda)} = \frac{2(H/R)}{I \cdot Pr[\Delta(t)/H]} \cdot \frac{v/t}{H^2} \quad (8)$$

где T_s – температура поверхности раздела, °C; T_B – температура неперемешанной жидкости, °C; $(q/A)_0$ – плотность теплового потока в боковой стенке, Вт/м² · с; H – высота жидкости, м; R – радиус сосуда, м; Pr – число Прандтля; $\Delta(t)$ – толщина слоя температурного расслоения, м; t – время хранения, с.

Полученные данные математического моделирования показали, что применяемые допущения теоретического анализа вносят значительные корректировки по отношению к результатам, выявленным при выполнении численного исследования процесса изохорного нагрева бинарной системы «жидкость-пар». Такие упрощения как постоянство среднемассовой температуры T_b , описание температурного расслоения профилем ψ , не зависящем от времени и радиального расстояния, могут быть применимы в ходе аналитического исследования на небольших временных отрезках (малых изменениях давления ΔP), поскольку процесс изменения температур СПГ в реальном криобаке имеет длительный характер и при программном расчете требует большого числа итераций. Однако допущение отсутствия тепло- и массообмена на границе раздела фаз вносит значительную погрешность при осуществлении расчетов, описании процессов на границе раздела фаз и выявлении динамики роста избыточного давления в баке.

Заключение

Результаты численного моделирования термодинамических процессов криопродукта в гофрированном сосуда перспективной модели топливного бака на базе программного комплекса Star-CCM+ показали, что развитие пограничного слоя начинается не в нижней точке криососуда и зависит от геометрии бака, температурного градиента, плотности теплового потока, его равномерности и др.

Зона однородной температуры (неперемешанная жидкость) при условии рассмотрения однокомпонентного топлива (объемная доля CH_4 в СПГ составляет единицу) и отсутствия фракционной стратификации при наличии «старой» и «новой» жидкой фазы остается стабильной на длительном промежутке времени без потери гидродинамической устойчивости.

Время наступления критического избыточного давления $P_{доп}$ в баке на практике оказывается меньше, чем при исследовании аналитической модели, вследствие существования неучитываемых при инженерном расчете теплофизических и гидродинамических факторов, таких как формирование слоя температурного расслоения, граничащего с газообразной средой слоем прогретой жидкости, что исключает процесс конденсации пара и, как следствие, усиливает скорость повышения рабочего давления.

Наличие гофрированных участков сосуда не оказывает значительного воздействия на формирование температурных и гидродинамических полей в общем объеме исследуемого внутреннего пространства.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Мовчан Е. П. Создание эффективных автомобильных криобаков для СПГ / Е. П. Мовчан // Технические газы. – 2009. – №3. – С. 68–72.
2. Бармин И. В. Сжиженный природный газ вчера, сегодня, завтра / И. В. Бармин, И. Д. Кунис. – М.: Изда-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 256 с.
3. Каганер М. Г. Тепловая изоляция с использованием вакуума / М. Г. Каганер. – М.: ВНИИКИМАШ, 1963. – 45 с.
4. Пат. 118717 Российская Федерация, МПК F17C 9/00. Бак криогенный топливный транспортного средства, работающего на сжиженном природном газе / Колгушкин Ю. В.; заявитель и патентообладатель ОАО «НПО «ГЕЛИЙИМАШ». – № 2012110491/06; заявл. 20.03.2012; опубл. 27.07.2012, Бюл. № 21. – 11 с.
5. Архаров А. М. Криогенные системы: Учебник для студентов вузов по специальностям «Техника и физика низких температур» и «Холодильная, криогенная техника и кондиционирование»: В 2 т. Т.2. Основы проектирования аппаратов, установок и систем / А. М. Архаров, И. А. Архаров, В. П. Беляков и др.; под ред. А. М. Архарова, А. И. Смородина. – М.: Машиностроение, 1999. – 720 с.
6. Сорокин А. П. Сжиженный метан за рубежом / А. П. Сорокин, Л.М. Черняк. – М.: «НЕДРА», 1965. – 135 с.
7. Технические данные. Газовый баллон. [Электронный ресурс]. – URL: stpi.it.volvo.com/STPIFiles/Volvo/FactSheet/LGAS115,%20LGAS155,%20LGAS205_Rus_01_309253877.pdf (дата обращения: 06.04.2020).
8. Кларк Д. Криогенная теплопередача. – В кн.: Успехи теплопередачи: Пер. с англ. / Д. Кларк. – М.: Мир, 1971. – С. 361–567.
9. Беляков В.П. Криогенная техника и технология / В.П. Беляков. – М.: Энергоиздат, 1982. – 272 с.
10. Уляшева В. М. Численное моделирование распределения воздуха всерными диффузорами в офисных помещениях / В. М. Уляшева, А. А. Вдовичев // Материалы XVI Международной научной конференции «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды». – 2018. – №1. – С. 154–159.
11. Солдатов Е. С. Численное исследование нестационарного тепломассообмена в криогенном резервуаре долговременного хранения с подвижной границей раздела фаз / Е.С. Солдатов // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. – 2019. – Т. 5. – №2. – С. 148–159.
12. Кузьминов А. В. Метод расчета турбулентных течений несжимаемой жидкости на основе двухслойной (k-ε)-модели / А. В. Кузьминов, В. Н. Лапин, С. Г. Черный // Вычислительные технологии. – 2001. – Т. 6. – № 5. – С. 73-86.

13. ГОСТ Р 57431-2017. Газ природный сжиженный. Общие характеристики. – Введ. 2018–01–01. – М.: Стандартинформ, 2017. – 16 с.

14. Саровский инженерный центр. Руководство пользователя STAR-CCM+ версии 8.02. Перевод документации CD-adapco. Моделирование кипения с использованием модели Объема Жидкости (VOF) (VOF: Boiling). 2010. – 25 с.

15. Великанова Ю. В. Гидромеханика многофазных сред: учебное пособие / Ю. В. Великанова. – Самара.: Самарский государственный технический университет, 2009. – С. 166.

16. Алешин А. Е. Компьютерное моделирование тепломассопереноса в канале регенеративного теплообменника / А. Е. Алешин, А. В. Циганкова, Т. В. Рябова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». – 2015. – № 1. – С. 1-7.

17. ГОСТ Р 56217-2014. Автомобильные транспортные средства, использующие газ в качестве моторного топлива. Общие технические требования к эксплуатации на сжиженном природном газе, техника безопасности и методы испытаний. – Введ. 2015–06–01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 20 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Movchan E. P. Sozdaniye effektivnykh avtomobilnykh kriobakov dlya SPG [Creating efficient automotive cryobanks for LNG] / E. P. Movchan // Tekhnicheskiye gazy. – 2009. – №3. – P. 68–72. [in Russian]

2. Barmin I. V. Szhizhennyy prirodnyy gaz vchera, segodnya, zavtra [Liquefied natural gas yesterday, today, tomorrow] / I. V. Barmin, I. D. Kunis. – М.: Izda-vo MGTU im. N.E. Baumana. 2009. – 256 p. [in Russian]

3. Kaganer M. G. Teplovaya izolyatsiya s ispolzovaniyem vakuuma [Thermal insulation using vacuum] / M. G. Kaganer. – М.: VNIIMASH. 1963. – 45 p. [in Russian]

4. Pat. 118717 Russian Federation. MPK F17C 9/00. Bak kriogenny topivnyy transportnogo sredstva. rabotayushchego na szhizhennom prirodnom gaze [Tank cryogenic fuel vehicle operating on liquefied natural gas] / Kolgushkin Yu. V.; applicant and patent holder of open joint-stock company "research and production association «GELIYMASH». – № 2012110491/06; appl. 20.03.2012; publ. 27.07.2012. Byul. № 21. – 11 p. [in Russian]

5. Arkharov A. M. Kriogennyye sistemy: Uchebnik dlya studentov vuzov po spetsialnostyam «Tekhnika i fizika nizkikh temperatur» i «Kholodilnaya. kriogennaya tekhnika i konditsionirovaniye»: V 2 t. T.2. Osnovy proyektirovaniya apparatov. ustanovok i system [Cryogenic systems: A textbook for university students on the specialties «Technics and Physics of Low Temperatures» and «Refrigeration, Cryogenic Technique and Conditioning»: In 2 vols. T.2. Fundamentals of designing apparatuses, installations and systems] / A. M. Arkharov, I. A. Arkharov, V. P. Belyakov i dr.; pod red. A. M. Arkharova, A. I. Smorodina. – М.: Mashinostroyeniye. 1999. – 720 p. [in Russian]

6. Sorokin A. P. Szhizhennyy metan za rubezhom [Liquefied methane abroad] / A. P. Sorokin, L.M. Chernyak. – М.: «NEDRA». 1965. – 135 p. [in Russian]

7. Tekhnicheskiye dannyye. Gazovyy ballon [Technical details. Gas bottle] [Electronic resource]. – URL: stpi.it.volvo.com/STPIFiles/Volvo/FactSheet/LGAS115.%20LGAS155.%20LGAS205_Rus_01_309253877.pdf (accessed: 07.04.2020) [in Russian]

8. Klark D. Kriogennaya teploperedacha. – V kn.: Uspekhi teploperedachi: Per. s angl. [Cryogenic heat transfer. - In the book: Successes in heat transfer] / D. Klark. – М.: Mir. 1971. – P. 361–567. [in Russian]

9. Belyakov V.P. Kriogennaya tekhnika i tekhnologiya [Cryogenic Engineering and Technology] / V.P. Belyakov. – М.: Energoizdat. 1982. – 272 p. [in Russian]

10. Ulyasheva V. M. Chislennoye modelirovaniye raspredeleniya vozdukha veyernymi diffuzorami v ofisnykh pomeshcheniyakh [Numerical simulation of air distribution by fan diffusers in office premises] / V. M. Ulyasheva, A. A. Vdovichev // Materialy XVI Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Kachestvo vnutrennego vozdukha i okruzhayushchey sredy». – 2018. – №1. – P. 154–159. [in Russian]

11. Soldatov E. S. Chislennoye issledovaniye nestatsionarnogo teplomassoobmena v kriogennom rezervuare dolgovremennogo khraneniya s podvizhnoy granitsej razdela faz [Numerical study of unsteady heat and mass transfer in a cryogenic long-term storage tank with a moving phase boundary] / E.S. Soldatov // Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Fiziko-matematicheskoye modelirovaniye. Neft. gaz. energetika. – 2019. – T. 5. – №2. – P. 148–159. [in Russian]

12. Kuzminov A. V. Metod rascheta turbulentnykh techeniy neszhimayemoy zhidkosti na osnove dvukhsloynoy (k-ε)-modeli [A method for calculating turbulent flows of an incompressible fluid based on a two-layer (k-ε) model] / A. V. Kuzminov, V. N. Lapin, S. G. Chernyy // Vychislitelnyye tekhnologii. – 2001. – T. 6. – № 5. – P. 73-86. [in Russian]

13. GOST R 57431-2017. Gaz prirodnyy szhizhennyy. Obshchiye kharakteristiki [Natural liquefied gas. General characteristics]. – Vved. 2018–01–01. – М.: Стандартинформ. 2017. – 16 p. [in Russian]

14. Sarovskiy iyzhenyernyy tsentr. Rukovodstvo polzovatelya STAR-CCM+ versii 8.02. Perevod dokumentatsii CD-adapco. Modelirovaniye kipeniya s ispolzovaniyem modeli Obyema Zhidkosti (VOF) (VOF: Boiling) [Sarov Engineering Center. STAR-CCM + Version 8.02 User Guide. Translation of CD-adapco documentation. Simulation of boiling using the model of the Volume of fluid (VOF) (VOF: Boiling)]. 2010. – 25 p. [in Russian]

15. Velikanova Yu. V. Gidromekhanika mnogofaznykh sred: uchebnoye posobiye [Hydromechanics of multiphase media: a training manual] / Yu. V. Velikanova. – Samara.: Samarskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet. 2009. – P. 166. [in Russian]

16. Alechin A. E. Kompyuternoye modelirovaniye teplomassoperenosa v kanale regenerativnogo teploobmennika [Computer simulation of heat and mass transfer in the channel of a regenerative heat exchanger] / A. E. Alechin, A. V. Tsigankova, T. V. Ryabova // Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya «Kholodilnaya tekhnika i konditsionirovaniye». – 2015. – № 1. – P. 1-7. [in Russian]

17. GOST R 56217-2014. Avtomobilnyye transportnyye sredstva. ispolzuyushchiye gaz v kachestve motornogo topliva. Obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya k ekspluatatsii na szhizhennom prirodnom gaze. tekhnika bezopasnosti i metody ispytaniy [Automobile vehicles using gas as a motor fuel. General technical requirements for operation on liquefied natural gas, safety measures and test methods]. – Vved. 2015–06–01. – М.: Стандартинформ. 2015. – 20 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.002>**ДВИЖЕНИЕ В ВЯЗКОЙ СРЕДЕ. ВИДЫ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ**

Научная статья

Волкова А.Ю.^{1*}, Суетин В.П.²^{1, 2} Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Россия

* Корреспондирующий автор (alenaivolkova98[at]yandex.ru)

Аннотация

Изучен процесс торможения вращающегося твердого тела. Выполнен модельный эксперимент, в котором трение в системе меняется с помощью парусов, ориентированных под разными углами относительно воздушного потока. Определен интервал скоростей, при которых играют роль различные виды трения: сухое, вязкое и аэродинамическое, а также вычислены основные параметры разных видов трения (момент силы сухого трения, коэффициент вязкого трения), закономерности их изменения в зависимости от условий эксперимента.

Ключевые слова: коэффициент сопротивления, вязкое трение, эксперимент**MOVEMENT IN VISCOUS MEDIA. TYPES OF RESISTANCE FORCES. DETERMINATION OF RESISTANCE COEFFICIENTS**

Research article

Volkova A.Yu.^{1*}, Suetin V.P.²^{1, 2} Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg, Russia

* Correspondent author (alenaivolkova98[at]yandex.ru)

Abstract

The process of friction of a rotating solid is studied. A model experiment is performed in which friction in the system is changed using sails oriented at different angles with respect to the airflow. The speed range is determined at which various types of friction play an important role: dry, viscous and aerodynamic, and the main parameters of different types of friction (the moment of dry friction force, coefficient of viscous friction) and the laws of their change depending on the experimental conditions are calculated.

Keywords: resistance factor, viscous friction, experiment.

В процессе торможения любого движущегося тела при разных скоростях играют роли разные виды трения. При самых низких скоростях это сухое трение, когда коэффициент трения не зависит от скорости. Для более высоких скоростей трение будет вязким, когда сила трения зависит от скорости. Далее при еще более высоких скоростях трение уже будет аэродинамическим, когда сила трения пропорциональна квадрату скорости, и так далее. Для исследования видов сил сопротивления мы изучили процесс торможения вращающегося твердого тела. При этом мы определили интервал скоростей, при которых в процессе торможения основную роль играют различные силы торможения (сухое, вязкое, аэродинамическое). Для изменения вязкого и аэродинамического трения на твердое тело устанавливаем два паруса. Изменяя положение парусов относительно потока воздуха, моделируем величину коэффициентов вязкого и аэродинамического трения. Для определения вида трения и коэффициента трения исследуем зависимости угловой скорости вращения тела от времени от времени.

Зависимость угловой скорости вращения твердого тела можно найти из уравнения динамики вращательного движения [1, с. 140]:

$$I \frac{d\omega}{dt} = M \quad (1)$$

где I – момент инерции системы, M – момент сил сопротивления.

Для сухого трения сила трения не зависит от скорости вращения, а момент силы $M = -M_0 = \text{const}$. В этом случае из уравнения (1) находим:

$$\omega = \omega_0 - \frac{Mt}{I} \quad (2)$$

Тогда угловая скорость вращения уменьшается по линейному закону в зависимости от времени.

Вязкое трение характеризуется линейной зависимостью силы трения от скорости движения ($F = av$, где a – коэффициент сопротивления). Зависимость между моментом сил трения и угловой скоростью тоже будет линейной ($M = -k\omega$) [2, с. 332].

В данном случае решением уравнений (1) и (2) будут следующие зависимости:

$$\omega = \omega_0 e^{-\gamma t} \quad (3)$$

где $\gamma = k/I$. Тогда линейная зависимость угловой скорости от угла поворота системы и зависимость логарифма скорости от времени [3, с. 48]:

$$\ln \omega t = \ln \omega_0 - \gamma t \quad (4)$$

Если расстояние от оси вращения до каждого из парусов равно R , то коэффициент сопротивления:

$$\alpha = \frac{\gamma I}{2R^2} \quad (5)$$

Коэффициент γ определяется методом наименьших квадратов по зависимости $\ln \omega$ от времени [4, с. 105].

Для изучения видов сил сопротивления и определения коэффициентов сопротивления собираем схему экспериментальной установки, которая состоит из вращающегося столика, стержня и двух парусов (см. рисунок 1).

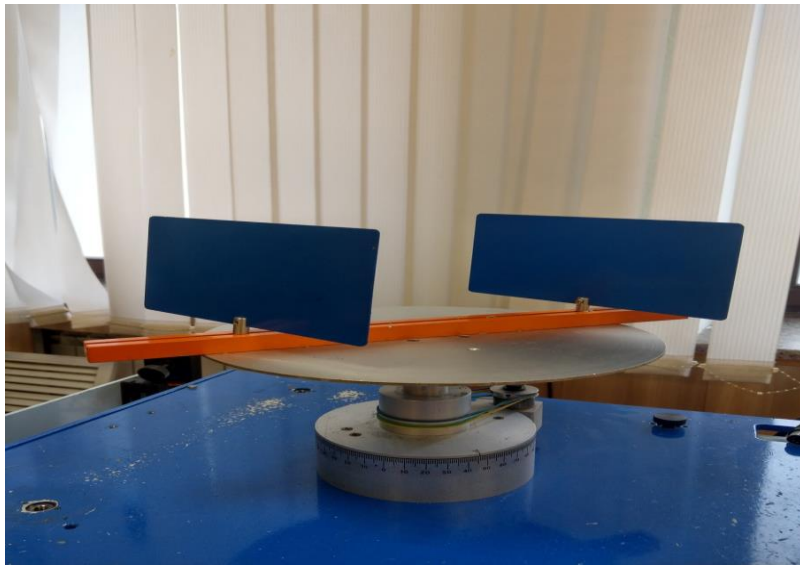


Рис. 1 – Схема экспериментальной установки

Наша установка позволяет определять период вращения от начала вращения вплоть до остановки тела. Для определения средней угловой скорости вращения при прохождении n -ого оборота воспользуемся ее определением [5, с. 13]:

$$\omega_n = 2\pi/t_n \quad (6)$$

Так как угловая скорость является переменной величиной, то полученное ее значение является средним значением угловой скорости за n -й период вращения [6, с. 113].

Определение видов сил сопротивления и определение коэффициентов сопротивления

На рис. 2 представлен экспериментальный график зависимости угловой скорости вращения столика от времени для ориентации парусов вдоль потока ($\varphi=0^\circ$).

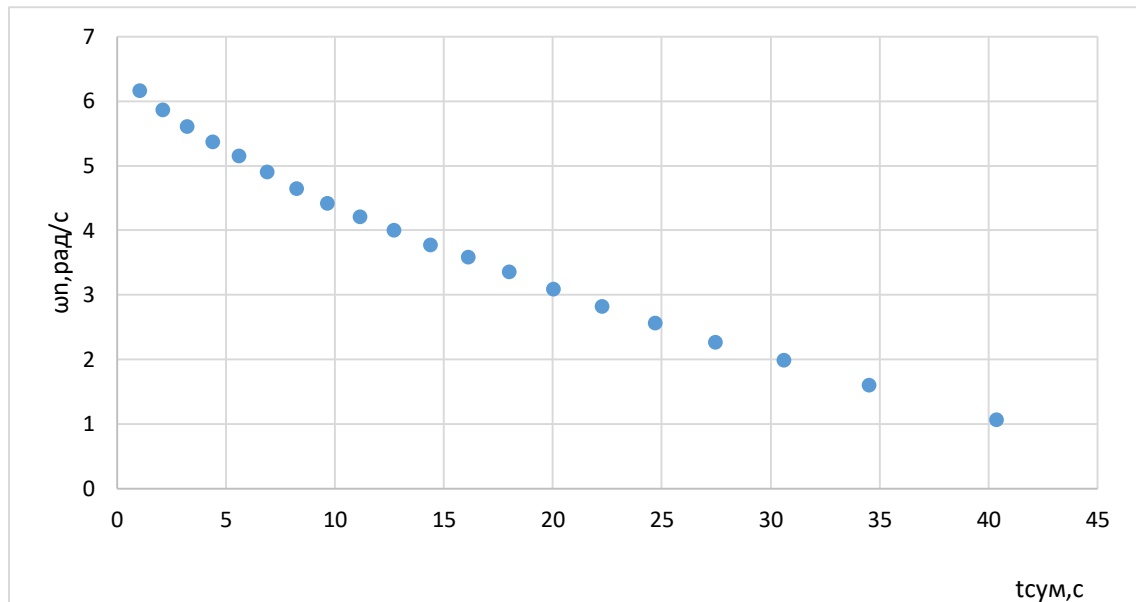


Рис. 2 – График зависимости угловой скорости вращения столика от времени для угла ориентации парусов вдоль воздушного потока ($\varphi=0^\circ$)

График нелинейный, по нему трудно отделить интервалы времени в которых преобладают определенные виды трения.

По полученным расчетам также построим график зависимости логарифма угловой скорости вращения столика от времени для угла ориентации парусов для 0° . По графику видно, что наблюдается излом зависимости, если интервал времени примерно 20 секунд. Значит мы наблюдаем границу разных видов трения. Если время меньше 20 секунд трение будет вязким график в этом диапазоне линейный, если же интервал времени больше 20 секунд, то трение будет сухое, тангенс угла наклона зависимости в этой точке изменяется. При данных скоростях вращения участок интервалов времени, в котором трение считается аэродинамическим, обнаруживается только на двух начальных точках.

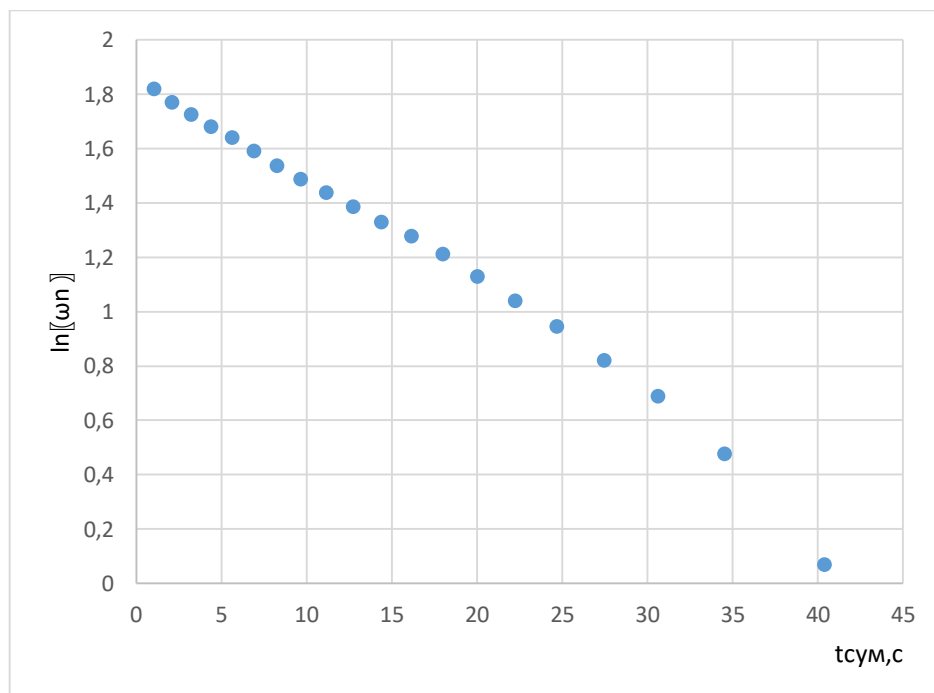


Рис 3 – График зависимости логарифма угловой скорости вращения столика от времени для угла ориентации парусов 0° .

Аналогично были построены графики и выделены области разных видов трения для углов ориентации парусов 30° , 60° и 90° . Для всех зависимостей методом наименьших квадратов были определены тангенсы углов наклона зависимостей угловой скорости от времени для сухого трения и логарифма угловой скорости от времени для вязкого. Переход с одного вида трения на другое наблюдается при угловой скорости вращения 1 рад/с.

Таким образом, с помощью метода наименьших квадратов по зависимости угловой скорости вращения столика от времени, мы определили отношение момента силы трения к моменту инерции для сухого трения.

Вычислили момент силы сухого трения $M_{\text{тр}}$ по формуле [7, с. 61]:

$$\frac{M_{\text{тр}}}{I} = \beta \quad (7)$$

где β – это отношение момента силы трения к моменту инерции для сухого трения, а I – момент инерции системы, который определяется отдельно. Момент силы сухого трения слабо зависит от угла ориентации парусов [8, с. 132]. Среднее его значение указано в Таблице 1.

Также с помощью метода наименьших квадратов по зависимости логарифма угловой скорости вращения столика от времени для вязкого трения, мы определили коэффициент γ .

После чего вычислили коэффициент вязкого трения по формуле [9, с. 29]:

$$\alpha = \frac{\gamma \cdot I}{2 \cdot R^2} \quad (8)$$

где γ – коэффициент, определенный с помощью метода наименьших квадратов по зависимости логарифма угловой скорости вращения столика от времени для вязкого трения, R – расстояние от оси вращения до каждого из парусов ($R = 0,13$ м) [10, с. 31]. Результаты измерений и вычислений момента силы сухого трения и коэффициента вязкого трения заносим в Таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерений и вычислений момента силы сухого трения и коэффициента вязкого трения от угла ориентации парусов относительно воздушного потока

| Угол ориентации парусов ϕ , град. | Отношение момента силы трения к моменту инерции для сухого трения β , 1/с | Момент силы сухого трения $M_{\text{тр}}$, Н·м | Коэффициент γ , 1/с | Коэффициент вязкого трения α , кг/с |
|--|---|---|----------------------------|--|
| 0 | 0,14 | 0,001 | 0,0362 | 0,007358 |
| 30 | | | 0,0912 | 0,018537 |
| 60 | | | 0,1152 | 0,023415 |
| 90 | | | 0,1413 | 0,02872 |

По полученным результатам для коэффициента вязкого трения построим график зависимости коэффициента вязкого трения от угла поворота парусов (см. рис. 4).

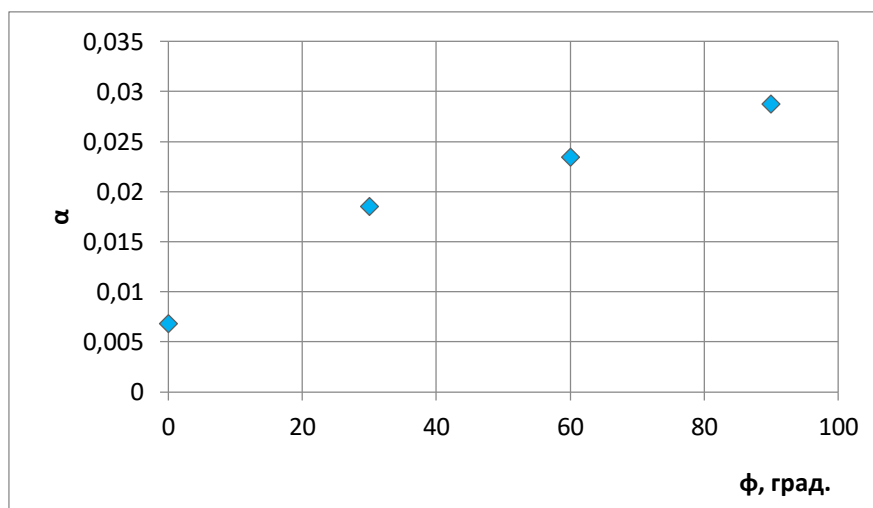


Рис. 4 – Зависимость коэффициента вязкого трения от угла ориентации парусов

График зависимости коэффициента вязкого трения от угла поворота парусов нелинейный. При изменении угла поворота парусов относительно воздушного потока коэффициент вязкого трения увеличивается в 4 раза.

Данное исследование иллюстрирует экспериментальное доказательство существования различных видов трения, позволяет определить их границы по величине скорости вращения, а также позволяет определить важнейшие параметры сил трения и их зависимость от внешних условий эксперимента.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Савельев И.В. Курс общей физики, главная редакция физико-математической литературы. В 3 т. Т. 1 Механика, колебания и волны, молекулярная физика / И.В. Савельев. – М.: Наука, 1970. – 511 с.
2. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. 3-е изд. / А.Н. Матвеев. – М.: ОНИКС 21 век: Мир и Образование, 2003. — 432 с.
3. Иродов И.Е. Курс общей физики. В 5 т. Т. 1 Механика. Основные законы / И.Е. Иродов. – М.: 2010. — 309 с.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Т. 1 Механика / Д.В. Сивухин. – М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2005. – 560 с.
5. Трофимов Т.И. Курс физики. 11-е изд. / Т.И. Трофимов. – М.: 2006.— 560 с.
6. Джанколи Д. Физика. В 2 т. Т. 1 Механика / Д. Джанколи. – М.: Мир; 1989 – 656 с.
7. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики / А.А. Детлаф., Б.М. Яворский. – М.: Высш. шк., 2002. – 718 с.
8. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики. В 3 т. Т.1 Механика. Теплота. Молекулярная физика / Г.С. Ландсберг. – Том 1: 2010 – 612с.
9. Суетин В.П. Механика / В.П. Суетин., Д.В. Суетин, В.Е. Макаров // Методические указания к выполнению лабораторных работ по физике для студентов всех форм обучения: УрГУПС, Екатеринбург. – 2011. – 72 с.
10. Светозаров В.В. Лабораторный комплекс ЛКМ-1, Механика / В.В. Светозаров // Научно-технический центр Владис, Москва. – 2000. – 56 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Savelev I.V. Kurs obshhej fiziki, glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoy literatury. V 3 t. T. 1 Mehanika, kolebanija i volny, molekuljarnaja fizika [General physics course, the main edition of the physical and mathematical literature. V. 1 Mechanics, vibrations and waves, molecular physics] / I.V. Savel'ev. – М.: Nauka, 1970. – 511 p. [in Russian]
2. Matveev A.N. Mehanika i teorija odnositel'nosti. [Mechanics and theory of relativit 3rd ed] / A.N. Matveev. – М.: ONIKS 21 vek: Mir i Obrazovanie, 2003. – 432 p. [in Russian]
3. Irodov I.E. Kurs obshhej fiziki. V 5 t. T. 1. Mehanika. Osnovnye zakony [General physics course. In 5 vols. V. 1 Mechanics. Basic laws] / I.E. Irodov. – М.: 2010. — 309 p. [in Russian]
4. Sivuhin D.V. Obshhij kurs fiziki. V 5 t. T. 1 Mehanika [General physics course. In 5 vols. V. 1 Mechanics] / D.V. Sivuhin. – М.: FIZMATLIT; Izd-vo MFTI, 2005. – 560 p. [in Russian]
5. Trofimov T.I. Kurs fiziki. 11-th ed. [Physics course] / T.I. Trofimov. – М.: 2006.— 560 p. [in Russian]
6. Dzhankoli D. Fizika. V 2 t. T. 1 Mehanika [Physics. In 2 vols. V. 1 Mechanics] / D. Dzhankoli. – М.: Mir; 1989 – 656 p. [in Russian]
7. Detlaf A.A., Javorskij B.M. Kurs fiziki [Physics Course] / A.A. Detlaf., B.M. Javorskij. – М.: Vyssh. shk., 2002. – 718 p. [in Russian]
8. Landsberg G.S. Jelementarnyj uchebnik fiziki. V 3 t. T.1 Mehanika. Teplota. Molekuljarnaja fizika [Elementary textbook of physics. In 3 vols. V.1 Mechanics. Heat. Molecular Physics] / G.S. Landsberg. – Tom 1: 2010 – 612 p. [in Russian]
9. Suetin V.P. Mehanika [Mechanics] / V.P. Suetin., D.V. Suetin, V.E. Makarov // Metodicheskie ukazaniya k vypolneniju laboratornyh rabot po fizike dlja studentov vseh form obuchenija [Methodological instructions for the implementation of laboratory work in physics for students of all forms of education]: UrGUPS, Ekaterinburg. – 2011. – 72 p. [in Russian]
10. Svetozarov V.V. Laboratornyj kompleks LKM-1, Mehanika [Laboratory complex LKM-1, Mechanics] / V.V. Svetozarov // Nauchno-tehnicheskij centr Vladis, Moskva. – 2000. – 56 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.003>**О РАЗРЕШИМОСТИ ОДНОЙ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ
В ПРОСТРАНСТВЕ ОГРАНИЧЕННЫХ НА ВСЕЙ ОСИ ФУНКЦИЙ**

Научная статья

Гуломнабиев С.Г. *

ORCID 0000-0002-5205-0806,

Политехнический институт Таджикского технического университета имени М. Осими, Худжанд. Таджикистан

* Корреспондирующий автор (sardor1967[at]list.ru)

Аннотация

Для одной системы линейных дифференциальных уравнений с неограниченными коэффициентами рассматривается вопрос об однозначной разрешимости в пространстве ограниченных на всей оси функций. При постановке задач матрица коэффициентов разделена на две матрицы, матрица «старших» и матрица «младших» коэффициентов. Предполагается, что спектр матрицы «старших» коэффициентов имеет пересечение с мнимой осью. Выявлены условия для матрицы «младших» коэффициентов, при выполнении которых обеспечивается однозначная разрешимость системы в пространстве ограниченных на всей оси функций. Выявленные условия выписаны с помощью связи между «старшими и младшими» коэффициентами системы.

Ключевые слова: система дифференциальных уравнений, ограниченное на всей оси решение, разрешимость, спектр матрицы, мнимая ось.

**ON THE SOLVABILITY OF ONE SYSTEM OF LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS
IN THE SPACE OF FUNCTIONS LIMITED FOR THE ENTIRE AXIS**

Research article

Gulomnabiev S.G. *

ORCID 0000-0002-5205-0806,

Polytechnic Institute of the Tajik Technical University named after Academic M.S.Osimi, Khujand. Tajikistan

Correspondent author (sardor1967[at]list.ru)

Abstract

The issue of unique solvability in the space of functions limited for the entire axis for one system of linear differential equations with unlimited coefficients is considered. When setting tasks, the matrix of coefficients is divided into two matrices, the matrix of “senior” and the matrix of “lower” coefficients. It is assumed that the spectrum of the matrix of “senior” coefficients has an intersection with the imaginary axis. The conditions for the matrix of “lower” coefficients are revealed, the fulfillment of which ensures the unique solvability of the system in the space of functions limited for the entire axis. Revealed conditions are written out using the relationship between the “senior and junior” coefficients of the system.

Keywords: system of differential equations, solution limited for the entire axis, solvability, matrix spectrum, imaginary axis.

Введение

В данной статье рассматривается система дифференциальных уравнений

$$x' = (A a(t) + B b(t))x + f(t), \quad x \in R^2 \quad (1)$$

где $A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$, $B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix}$ постоянные квадратные матрицы второго порядка, $a(t)$, $b(t)$ – определенные и непрерывные на всей оси функции, удовлетворяющие условиям

$$\lim_{|t| \rightarrow \infty} a(t) = \lim_{|t| \rightarrow \infty} b(t) = +\infty. \quad (2)$$

Относительно функции $a(t)$ и $b(t)$ предполагается также, что они удовлетворяют условию

$$\lim_{|t| \rightarrow \infty} \frac{b(t)}{a(t)} = 0. \quad (3)$$

Для вектор-функции $f(t) = \begin{pmatrix} f_1(t) \\ f_2(t) \end{pmatrix}$ предполагаем, что имеет место неравенство

$$\overline{\lim}_{|t| \rightarrow \infty} \frac{|f(t)|}{b(t)} = f_0 < +\infty. \quad (4)$$

где $|f(t)| = \max_t (f_1(t), f_2(t))$

Ниже рассматривается вопрос о наличии решений системы (1) принадлежащих пространству ограниченных на всей оси функций.

Сначала рассмотрим соответствующую однородную систему

$$x' = (A a(t) + B b(t))x, \quad x \in R^2 \quad (5)$$

Общеизвестно, что в силу условия (3) поведение нетривиальных решений однородной системы (5) на бесконечности существенно зависит от расположения спектра матрицы A на комплексной плоскости. В случае, когда спектр матрицы A не пересекается с мнимой осью, вышеизложенный вопрос в той или иной форме рассмотрен в многочисленных работах многих математиков [6], [7], [9]. В случае, когда спектр матрицы A пересекается с мнимой осью возникает естественный вопрос: Какими условиями должна обладать матрица B , чтобы можно было гарантировать наличие решений системы (1), принадлежащих пространству ограниченных на всей оси функций.

В статье рассмотрен один из простейших возможных вариантов, когда спектр матрицы A пересекается с мнимой осью. А именно предположим, что одно из двух собственных значений матрицы A равно нулю. Если одно (только одно) из собственных значений матрицы A равно нулю, то $\det(A) = 0$ и $\text{tr}(A) \neq 0$ (след матрицы). Далее предполагается, что для элементов матрицы A выполнены условия

$$a_{11} \neq 0, \quad a_{21} \neq 0, a_{22} = \frac{a_{21} \cdot a_{12}}{a_{11}} \text{ и } a_{11} + \frac{a_{21} \cdot a_{12}}{a_{11}} \neq 0, \quad (6)$$

а элементы матрицы B связаны с элементами матрицы A соотношением

$$a_{11}a_{21}b_{11} - a_{11}a_{21}b_{22} = a_{11}^2b_{21} - a_{21}^2b_{12} \quad (7)$$

Лемма. Пусть скалярные функции $a(t)$ и $b(t)$ удовлетворяют условиям (2) и (3), для элементов матрицы A и B выполнены условия (6) и (7), и имеет место $\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} \neq 0$. Тогда система (5) не имеет ненулевых решений принадлежащих пространству ограниченных на всей оси функций.

Доказательство. В системе (5) производим замену переменных

$$y = Tx \quad (8)$$

где $T = \begin{pmatrix} \frac{\beta a_{11}}{a_{12}} & \beta \\ \gamma & -\frac{\gamma a_{11}}{a_{21}} \end{pmatrix}$, β и γ произвольные ненулевые числа.

$$y' = Tx' = (TAT^{-1}a(t) + TBT^{-1}b(t))y(t)$$

После несложных преобразований с учётом (6) и (7) имеем

$$TAT^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{a_{11}^2 + a_{12}a_{21}}{a_{11}} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, TBT^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{a_{11}b_{21} + a_{21}b_{22}}{a_{21}} & \frac{(a_{12}b_{21} - a_{21}b_{12})\beta}{a_{12}\gamma} \\ 0 & \frac{a_{11}b_{22} - a_{21}b_{12}}{a_{11}} \end{pmatrix}$$

$$y'_1 = \frac{a_{11}^2 + a_{12}a_{21}}{a_{11}} a(t) y_1 + \frac{a_{11}b_{21} + a_{21}b_{22}}{a_{21}} b(t) y_1 + \frac{(a_{12}b_{21} - a_{21}b_{12})\beta}{a_{12}\gamma} b(t) y_2$$

$$y'_2 = \frac{a_{11}b_{22} - a_{21}b_{12}}{a_{11}} b(t) y_2$$

Очевидно, что второе уравнение системы независимое уравнение и допускает представлений решений в явной форме.

$$y_2(t) = y_2(t_0) e^{\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} \int_{t_0}^t b(\tau) d\tau}.$$

В силу условия (2) с учётом $\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} \neq 0$, в случае когда $y_2(t_0) \neq 0$ имеем $|y_2(t)| \rightarrow +\infty$ при $t \rightarrow +\infty$, если $\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} > 0$ и $|y_2(t)| \rightarrow +\infty$ при $t \rightarrow -\infty$, если $\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} < 0$. Следовательно, однородная система не имеет не тривиальных ограниченных на всей оси решений.

Рассмотрим теперь неоднородную систему (1). Не ограничивая общности, для простоты предположим, что $a(t) > 0$ и $b(t) > 0$ для любого $t \in R$.

Теорема. Пусть выполнены условия леммы. Тогда система (1) для любой функции $f(t)$ удовлетворяющей условию (4) имеет единственное решение, принадлежащее пространству ограниченных на всей оси функций.

Доказательство. Произведя замену (7) систему (1) приводим к виду

$$\begin{cases} y'_1 = \frac{a_{11}^2 + a_{12}a_{21}}{a_{11}} a(t) y_1 + \frac{a_{11}b_{21} + a_{21}b_{22}}{a_{21}} b(t) y_1 + \\ \quad \frac{(a_{12}b_{21} - a_{21}b_{12})\beta}{a_{12}\gamma} b(t) y_2 + \frac{\beta a_{11}}{a_{12}} f_1 + \beta f_2 \\ y'_2 = \frac{a_{11}b_{22} - a_{21}b_{12}}{a_{11}} b(t) y_2 + \gamma f_1 - \frac{\gamma a_{11}}{a_{21}} f_2 \end{cases} \quad (9)$$

Общее решение второго уравнения можно задать следующей формулой

$$y_2(t) = e^{\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} \int_0^t b(\tau) d\tau} \left(y_2(0) + \int_0^t \left(e^{-\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} \int_0^s b(\tau) d\tau} (\gamma f_1(s) - \frac{\gamma a_{11}}{a_{21}} f_2(s)) \right) ds \right)$$

Рассмотрим функцию $g(t) = \int_0^t \left(e^{-\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} \int_0^s b(\tau) d\tau} (\gamma f_1(s) - \frac{\gamma a_{11}}{a_{21}} f_2(s)) \right) ds$. Имеем

$$\begin{aligned} |g(t)| &\leq \int_0^t \left(e^{-\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} \int_0^s b(\tau) d\tau} \left| \gamma f_1(s) - \frac{\gamma a_{11}}{a_{21}} f_2(s) \right| \right) ds \leq \\ &\leq \left| \frac{a_{21} + a_{11}}{a_{21}} \right| \gamma \int_0^t \left(e^{-\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} \int_0^s b(\tau) d\tau} |b(s)| \frac{|f(s)|}{|b(s)|} \right) ds. \end{aligned}$$

Из условия (4) следует, что функция $\frac{|f(t)|}{|b(t)|}$ ограничена на всей оси т.е. существует число M , такое, что $\frac{|f(t)|}{|b(t)|} \leq M$, для любого $t \in R$. С учетом последнего неравенство имеем

$$|g(t)| \leq M \left| \frac{a_{21} + a_{11}}{a_{21}} \right| \gamma \int_0^t \left(e^{-\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} \int_0^s b(\tau) d\tau} |b(s)| \right) ds,$$

В силу условия $\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} \neq 0$, имеем ограниченность $|g(t)|$ при $t \rightarrow +\infty$, если $\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} > 0$ и ограниченность $|g(t)|$ при $t \rightarrow -\infty$, если $\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} < 0$.

Пусть $\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} > 0$. Случай $\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} < 0$ рассматривается аналогично. Подобрав соответствующим образом значение $y_2(0)$ рассмотрим частное решение второго независимого уравнения

$$y_2^*(t) = -e^{\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} \int_0^t b(\tau) d\tau} \int_t^{+\infty} \left(e^{-\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} \int_0^s b(\tau) d\tau} (\gamma f_1(s) - \frac{\gamma a_{11}}{a_{21}} f_2(s)) \right) ds$$

Для оценки $y_2^*(t)$ имеем $|y_2^*(t)| \leq e^{\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} \int_0^t b(\tau) d\tau} \int_t^{+\infty} \left(e^{-\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} \int_0^s b(\tau) d\tau} \left| (\gamma f_1(s) - \frac{\gamma a_{11}}{a_{21}} f_2(s)) \right| \right) ds \leq M \left| \frac{a_{21} + a_{11}}{a_{21}} \right| \gamma e^{\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} \int_0^t b(\tau) d\tau} \int_t^{+\infty} \left(e^{-\frac{a_{11}b_{22}-a_{21}b_{12}}{a_{11}} \int_0^s b(\tau) d\tau} |b(s)| \right) ds.$

Используя правило Лопиталя с учетом условия (4), легко доказать, что функция $y_2^*(t)$ ограничена на всей оси, т.е. существует N , такое что $|y_2^*(t)| \leq N$, для любого $t \in R$. Теперь подставляя $y_2^*(t)$ в первое уравнение, получим

$$y'_1 = \frac{a_{11}^2 + a_{12}a_{21}}{a_{11}} a(t) y_1 + \frac{a_{11}b_{21} + a_{21}b_{22}}{a_{21}} b(t) y_1 + \frac{(a_{12}b_{21} - a_{21}b_{12})\beta}{a_{12}\gamma} b(t) y_2^*(t) + \frac{\beta a_{11}}{a_{12}} f_1 + \beta f_2$$

Запишем общее решение в форме

$$\begin{aligned} y_1(t) &= e^{\frac{a_{11}^2 + a_{12}a_{21}}{a_{11}} \int_0^t a(\tau) d\tau + \frac{a_{11}b_{21} + a_{21}b_{22}}{a_{21}} \int_0^t b(\tau) d\tau} (y_1(0) + \\ &\int_0^t \left(e^{-\left(\frac{a_{11}^2 + a_{12}a_{21}}{a_{11}} \int_0^s a(\tau) d\tau + \frac{a_{11}b_{21} + a_{21}b_{22}}{a_{21}} \int_0^s b(\tau) d\tau \right)} \left(\frac{(a_{12}b_{21} - a_{21}b_{12})\beta}{a_{12}\gamma} b(s) y_2^*(s) + \frac{\beta a_{11}}{a_{12}} f_1 + \beta f_2 \right) \right) ds). \end{aligned}$$

Предположим, что $\frac{a_{11}^2 + a_{12}a_{21}}{a_{11}} > 0$. Из условия (3) следует, что $\int_0^t b(\tau) d\tau = \varepsilon(t) \int_0^t a(\tau) d\tau$, где $\varepsilon(t) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \mp\infty$. Тогда

$$\frac{a_{11}^2 + a_{12}a_{21}}{a_{11}} \int_0^t a(\tau) d\tau + \frac{a_{11}b_{21} + a_{21}b_{22}}{a_{21}} \int_0^t b(\tau) d\tau = \left(\frac{a_{11}^2 + a_{12}a_{21}}{a_{11}} + \frac{a_{11}b_{21} + a_{21}b_{22}}{a_{21}} \varepsilon(t) \right) \int_0^t a(\tau) d\tau.$$

Следовательно, начиная с некоторого достаточно большого значения t знак выражения, стоящий перед $\int_0^t a(\tau) d\tau$ совпадает со знаком выражения $\frac{a_{11}^2 + a_{12}a_{21}}{a_{11}}$.

Рассмотрим частное решение

$$y_1^*(t) = -e^{\frac{a_{11}^2 + a_{12}a_{21}}{a_{11}} \int_0^t a(\tau) d\tau + \frac{a_{11}b_{21} + a_{21}b_{22}}{a_{21}} \int_0^t b(\tau) d\tau} \times \int_t^{+\infty} \left(e^{-\left(\frac{a_{11}^2 + a_{12}a_{21}}{a_{11}} \int_0^s a(\tau) d\tau + \frac{a_{11}b_{21} + a_{21}b_{22}}{a_{21}} \int_0^s b(\tau) d\tau \right)} \left(\frac{(a_{12}b_{21} - a_{21}b_{12})\beta}{a_{12}\gamma} b(s) y_2^*(s) + \frac{\beta a_{11}}{a_{12}} f_1(s) + \beta f_2(s) \right) \right) ds.$$

Оценим отдельно подынтегральное выражение

$$\left| \frac{(a_{12}b_{21} - a_{21}b_{12})\beta}{a_{12}\gamma} b(s) y_2^*(s) + \frac{\beta a_{11}}{a_{12}} f_1(s) + \beta f_2(s) \right| \leq \left(\left| \frac{(a_{12}b_{21} - a_{21}b_{12})\beta}{a_{12}\gamma} \right| N + M \left(\left| \frac{\beta a_{11}}{a_{12}} \right| + |\beta| \right) \right) b(s),$$

Имеем для оценки $y_1^*(t)$

$$|y_1^*(t)| \leq \left(\left| \frac{(a_{12}b_{21} - a_{21}b_{12})\beta}{a_{12}\gamma} \right| N + M \left(\left| \frac{\beta a_{11}}{a_{12}} \right| + |\beta| \right) \right) e^{\left(\frac{a_{11}^2 + a_{12}a_{21}}{a_{11}} + \frac{a_{11}b_{21} + a_{21}b_{22}}{a_{21}} \varepsilon(t) \right) \int_0^t a(\tau) d\tau} \cdot \int_t^{+\infty} \left(e^{-\left(\frac{a_{11}^2 + a_{12}a_{21}}{a_{11}} + \frac{a_{11}b_{21} + a_{21}b_{22}}{a_{21}} \varepsilon(t) \right) \int_0^t a(\tau) d\tau} b(s) \right) ds.$$

Пользуясь правилом Лопиталья, как и прежде, легко можно вывести ограниченность функции $y_1^*(t)$. Следовательно, $y^* = \begin{pmatrix} y_1^*(t) \\ y_2^*(t) \end{pmatrix}$ является единственным ограниченным решением системы (9). Единственность решения следует из леммы. Тогда $x = T^{-1}y^*$ является единственным ограниченным решением системы (1).

Теорема доказана.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Крейн М. Г. Лекции по теории устойчивости решений дифференциальных уравнений в банаховом пространстве / М. Г. Крейн. – Киев, 1964.
2. Демидович Б.П. Лекции по математической теории устойчивости / Б.П. Демидович. – М.: Наука, 1967.
3. Далецкий Ю. Л. Устойчивость решений дифференциальных уравнений в банаховом пространстве / Ю.Л. Далецкий, М. Г. Крейн. – М.: Наука, 1970.
4. Мухамадиев Э.М. Об обратимости дифференциальных операторов в пространстве непрерывных и ограниченных на оси функций / Э.М. Мухамадиев // ДАН СССР, 1971. – Т. 196, № 1. – С. 47-49.
5. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц / Ф.Р. Гантмахер. – М.: Наука, 1980.
6. Лабиб Р. О существовании ограниченных решений системы линейных дифференциальных уравнений с неограниченными коэффициентами / Р. Лабиб. // ДАН Тадж. ССР, 1989. – Т. 32, № 1. – С. 425-427.
7. Байзаев С. Ограниченные решения некоторых обыкновенных дифференциальных уравнений в банаховом пространстве / С. Байзаев, Э. Мухамадиев // Вестник ТГУПБП. – №1(41). – 2010. – С. 108-112.
8. Зиёмидинов Б.М. Предельные решения и условие разрешимости систем дифференциальных уравнений первого порядка в пространствах Степанова / Б.М. Зиёмидинов, С.Г. Гуломнабиев // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. – 2015. – Т. 58. № 9. – С. 780-785.
9. Гуломнабиев С.Г. О решениях однородной системы линейных дифференциальных уравнений в пространствах суммируемых функций / С.Г. Гуломнабиев // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2019. – № 2. – С. 91-95.
10. Гуломнабиев С.Г. О некоторых свойствах решений линейных однородных дифференциальных уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами / С.Г. Гуломнабиев // Актуальные вопросы дифференциальных уравнений, математического анализа, алгебры и теории чисел и их приложения: материалы Республиканской научно-практической конференции. – Душанбе: РТСУ, 2019. – С 78-82.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Krejn M. G. Lekcii po teorii ustojchivosti reshenij differencial'nyh uravnenij v banahovom prostranstve [Lectures on the theory of stability of solutions of differential equations in a Banach space] / M. G. Krejn. – Kiev, 1964. [in Russian]
2. Demidovich B.P. Lekcii po matematicheskoj teorii ustojchivosti [Lectures on the mathematical theory of stability] / B.P. Demidovich. – M.: Nauka, 1967. [in Russian]

3. Daleckij Ju. L. Ustojchivost' reshenij differencial'nyh uravnenij v banahovom prostranstve [Stability of solutions of differential equations in a Banach space] / Ju.L. Daleckij, M. G. Krejn. – M.: Nauka, 1970. [in Russian]
4. Muhamadiev Je.M. Ob obratimosti differencial'nyh operatorov v prostranstve nepreryvnyh i ogranichennyh na osi funkcij [On the invertibility of differential operators in the space of continuous and axis-bounded functions] / Je.M. Muhamadiev // DAN SSSR, 1971. – V. 196, № 1. – P. 47-49. [in Russian]
5. Gantmaher F.R. Teorija matric [Matrix theory] / F.R. Gantmaher. – M.: Nauka, 1980. [in Russian]
6. Labib R. O sushhestvovanii ogranichennyh reshenij sistemy linejnyh differencial'nyh uravnenij s neogranichennymi koeficientami [On the existence of bounded solutions of systems of linear differential equations with unbounded coefficients] / R. Labib. // DAN Tadj. SSR, 1989. – V. 32, № 1. – P. 425-427. [in Russian]
7. Bajzaev S. Ogranichennye reshenija nekotoryh obyknovennyh differencial'nyh uravnenij v banahovom prostranstve [Bounded solutions of some ordinary differential equations in a Banach space] / S. Bajzaev, Je. Muhamadiev // Vestnik TGUPBP [Bulletin of TGUPBP]. – №1(41). – 2010. – P. 108-112. [in Russian]
8. Zijomidinov B.M. Predel'nye reshenija i uslovie razreshimosti sistem differencial'nyh uravnenij pervogo porjadka v prostranstvax Stepanova [Limit solutions and the solvability condition for systems of first-order differential equations in Stepanov spaces] / B.M. Zijomidinov, S.G. Gulomnabiev // Doklady Akademii nauk Respubliki Tadjikistan [Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan]. – 2015. – V. 58. № 9. –P. 780-785. [in Russian]
9. Gulomnabiev S.G. O reshenijah odnorodnoj sistemy linejnyh differencial'nyh uravnenij v prostranstvax summiruemyh funkcij [On solutions of a homogeneous system of linear differential equations in spaces of summable functions] / S.G. Gulomnabiev // Vestnik Tadjikskogo nacional'nogo universiteta. Serija estestvennyh nauk. [Bulletin of the Tajik National University. A series of natural sciences] – 2019. – № 2. – P. 91-95. [in Russian]
10. Gulomnabiev S.G. O nekotoryh svojstvax reshenij linejnyh odnorodnyh differencial'nyh uravnenij vtorogo porjadka s postojannymi koeficientami [On some properties of solutions of linear homogeneous second-order differential equations with constant coefficients] / S.G. Gulomnabiev // Aktual'nye voprosy differencial'nyh uravnenij, matematicheskogo analiza, algebr i teorii chisel i ih prilozhenija: materialy Respublikanskoj nauchno-prakticheskoj konferencii [Actual problems of differential equations, mathematical analysis, algebra and number theory and their applications: materials of the Republican scientific and practical conference]. – Dushanbe: RTSU, 2019. – P. 78-82 [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.004>**ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАЧАЛЬНОГО ОБЪЁМНОГО СОДЕРЖАНИЯ ДИСПЕРСНОЙ КОМПОНЕНТЫ СМЕСИ НА ИСТЕЧЕНИЕ ЗАПЫЛЁННОЙ СРЕДЫ В ВАКУУМ**

Научная статья

Тукмаков Д.А.^{1*}, Уразов А.Н.²¹ORCID: 0000-0002-0335-8548,¹ИММ ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, РФ;²КНИТУ-КАИ, Казань, РФ

*Корреспондирующий автор (tukmakovDA [at]imm.knc.ru)

Аннотация

В работе математически моделируется течение однородного газа и неоднородной среды представляющей собой взвесь твердых частиц в газе – газозвесь. Целью работы является изучение влияния начального объёмного содержания твердой компоненты смеси на процесс истечения смеси в вакуум и выявление отличий от процесса истечения в вакуум однородного газа. При моделировании процесса истечения учитывались вязкость, сжимаемость и теплопроводность газа. Математическая модель, примененная в данной работе, реализует континуальную методологию моделирования течения неоднородной среды, такого рода методика моделирования движения смеси предполагает решение полной гидродинамической системы уравнений движения для каждой из компонент смеси, системы уравнений движения компонент смеси связаны слагаемыми, отвечающими за межфазное силовое и тепловое взаимодействие. Система уравнений математической модели включает уравнения непрерывности для плотности несущей среды и «средней плотности» дисперсной компоненты смеси. Для описания сохранения импульса несущей среды решалось уравнение Навье-Стокса, для дисперсной компоненты смеси также записывалось уравнение сохранения импульса с учетом слагаемых отвечающих за межкомпонентное взаимодействие. Уравнения сохранения энергии компонент смеси решались с учётом межкомпонентного теплообмена. Система уравнений математической модели, дополненная краевыми условиями, решалась явным конечно-разностным методом второго порядка точности.

Ключевые слова: численное моделирование, гетерогенные смеси, уравнение Навье-Стокса.

NUMERICAL STUDY OF THE INFLUENCE OF INITIAL VOLUME CONTENT OF DISPERSION COMPONENT OF MIXTURE ON THE LEAKAGE OF DUSTY MEDIUM IN VACUUM

Research article

Tukmakov D.A.^{1*}, Urazov A.N.²¹ORCID: 0000-0002-0335-8548,¹Institute of Mechanics and Mechanical Engineering, Federal Research Centre Kazan Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Kazan, Russian Federation;²Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev, Kazan, Russian Federation

*Correspondent author (tukmakovDA [at]imm.knc.ru)

Abstract

The following work mathematically models the flow of homogeneous gas and inhomogeneous medium in the form of a suspending matter of solid particles in gas – gas suspension. The aim of the work is to study the influence of the initial volumetric content of the solid component of the mixture on the process of its flow into a vacuum and to identify its differences from the process of the homogeneous gas leakage into a vacuum. When simulating the outflow process, we took into account the viscosity, compressibility, and thermal conductivity of gas. The mathematical model used in this work implements a continuous methodology for modeling the flow of an inhomogeneous medium. This kind of methodology for modeling the mixture motion involves solving the complete hydrodynamic system of equations of motion for each of the components of the mixture. In contrast, the system of equations of motion of the components of the mixture is connected with components responsible for the inter-phase force and thermal interaction. The system of equations of the mathematical model includes continuity equations for the density of the carrier medium and “average density” of the dispersed component of the mixture. The Navier-Stokes equation was solved to describe the momentum conservation of the carrier medium; the equation of momentum conservation was also written for the dispersed component of the mixture with regard to components responsible for the inter-component interaction. The energy conservation equations for the mixture components were solved, taking into account inter-component heat transfer. The system of equations of the mathematical model, supplemented by boundary conditions, was solved by the explicit finite-difference method of the second order of accuracy.

Keywords: numerical modeling, heterogeneous mixtures, Navier-Stokes equation.

Введение

Течения неоднородных сред встречаются как в естественной природе, так и в технике. В ряде монографий разработана методология моделирования течений многофазных сред, смесей в которых компоненты имеют различное агрегатное состояние, в том числе газозвесей – газовых взвесей жидких капель или твердых частиц: газокapельных и запылённых сред [1], [2], [4]. Теоретическому и экспериментальному исследованию динамики газозвесей посвящены публикации в периодических изданиях. Актуальность исследований таких сред связана с оптимизацией работы реактивных двигателей, а также разработкой систем экранирования промышленных взрывов взвесями жидких капель или же твердых частиц [1], [2], [3]. Процессы, связанные с течением аэрозолей также возникают в работе газозаборных аппаратов [5], в статье [5] аналитически моделировался процесс аспирации аэрозоля, без учета взаимообратного

влияния несущей и дисперсной среды, предполагалось, что динамика дисперсной компоненты не оказывает влияние на движение газа. В данной работе теоретически исследуется влияние дисперсной компоненты на течение двухфазного потока, состоящего из газа и твердых частиц. Необходимость подобных исследований для промышленности связана с тем, что наличие дисперсных включений оказывает значительное влияние на характер процессов и рабочие характеристики устройств, в которых используются потоки неоднородных сред [1], [2], [4]. Данная работа посвящена исследованию влияния начального объёмного содержания дисперсной фазы на истечения двухкомпонентной смеси – газозвеси в вакуум.

Движение неоднородной среды описывалось двумя системами уравнений – системой уравнений движения несущей фазы и системой уравнения движения дисперсной компоненты. Система уравнений движения несущей фазы включала в себя три уравнения. Уравнение непрерывности плотности газа (1). Уравнение Навье-Стокса [16], [17] в одномерном приближении (2). Уравнение непрерывности полной энергии газа (3). Уравнение (4) описывает функцию сдвиговых вязких напряжений газа в одномерном течении:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u^2 + p - \tau) = -F + \alpha \frac{\partial p}{\partial x}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial(e)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left([e + p - \tau] u - \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) = -Q - |F|(u - u_1) - \alpha \left(\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} \right), \quad (3)$$

$$\tau = \frac{4}{3} \mu \frac{\partial u}{\partial x} \quad (4)$$

Динамика дисперсной фазы аэрозольной смеси описывается системой уравнений подобной системе уравнений (1)-(3), за рядом особенностей. Прежде всего, для дисперсной компоненты решается уравнение сохранения «средней плотности» (5), а не физической плотности материала дисперсных включений [1], [2]. «Средняя плотность» термин обозначающий произведение истинной (физической) плотности материала частиц и объёмного содержания дисперсной фазы, являющегося функцией пространственной и временной переменных. Таким образом, при математическом моделировании дисперсная компонента также имеет некий аналог «сжимаемости», советующей сжимаемости несущей среды - газа. При этом сами частицы являются несжимаемыми. Система уравнений динамики дисперсной компоненты включает уравнение сохранения импульса (6), отличающееся от уравнения Навье-Стокса (2) отсутствием функции вязких напряжений. Для дисперсной компоненты смеси, записывается уравнение сохранения энергии (7). Уравнения математической модели (2), (3), (6), (7) в правых частях имеют слагаемые, отвечающие за обмен импульсом (в уравнениях сохранения импульса) и энергией (в уравнениях сохранения энергии) между компонентами смеси:

$$\frac{\partial \rho_1}{\partial t} + \frac{\partial(\rho_1 u_1)}{\partial x} = 0, \quad (5)$$

$$\frac{\partial(\rho_1 u_1)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho_1 u_1^2) = F - \alpha \frac{\partial p}{\partial x}, \quad (6)$$

$$\frac{\partial(e_1)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(e_1 u_1) = Q, \quad (7)$$

$$\rho_1 = \alpha \rho_{10}, \quad e_1 = \rho_1 C_p T_1,$$

$$F_s = \frac{3}{4} \frac{\alpha}{(2r)} C_d \rho |u - u_1|(u - u_1), \quad F_A = \alpha \rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} \right),$$

$$F_{am} = 0.5 \alpha \rho_1 \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial u_1}{\partial t} - u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} \right),$$

$$F = F_s + F_A + F_{am}, \quad C_d = \frac{24}{Re_1} + \frac{4}{Re_1^{0.5}} + 0.4, \quad M_1 = |u - u_1| / c,$$

$$Re_1 = \rho |u - u_1| 2r / \mu, \quad Pr = \gamma C_p \mu / \lambda$$

В уравнениях (1), (5) правых частей нет, что связано с отсутствием массообменных процессов между компонентами, так называемой инертностью газовой фазы (отсутствием химических превращений и фазовых переходов). Здесь $\alpha = \alpha(t, x)$ – функция, описывающая изменение объёмного содержания дисперсной фазы. Коэффициент сопротивления C_d – соответствует коэффициенту аэродинамического сопротивления частиц сферической формы. В уравнениях записаны следующие физические величины: p , ρ , u – давление, плотность, скорость; T , e – температура, энергия. Индекс «1» обозначает физическую величину дисперсной компоненты смеси. Физическая величина без индекса описывает изменение параметров газовой фазы. Температура газа находится из уравнения $T = (\rho / \rho_0) (e / \rho_0 + 0.5 u^2) / R$, где R – газовая постоянная. Силовое взаимодействие несущей и дисперсной фазы учитывает несколько сил действующих на дисперсные частицы со стороны газа. А именно: силу Стокса $-F_s$, динамическую силу Архимеда $-F_A$ и силу присоединённых масс $-F_{am}$. При этом силовое воздействие имеет взаимообратный характер [2]. Математическая модель предполагает моодисперсный состав твердой компоненты газовой фазы – все частицы имеют одинаковый размер и одинаковые физические свойства – плотность и теплоёмкость материала. Тепловая энергия взвешенной в газе дисперсной фазы определяется как $e_1 = \rho_1 C_p T_1$, где C_p – удельная теплоемкость единицы массы вещества, из которого состоят частицы. Тепловой поток между компонентами смеси описывается следующим выражением: $Q = 6 \rho_1 N u_1 \rho (T - T_1) / (2r)^2$. В приведённых выражениях r – радиус частиц, c – скорость звука, μ – динамическая вязкость газа, γ – постоянная адиабаты, λ – теплопроводность газа. В математической модели использованы относительные числа Нуссельта, Маха, Рейнольдса, а также число Прандтля [9]:

$$Nu_1 = 2 \exp(-M_1) + 0.459 Re_1^{0.55} Pr^{0.33}.$$

Для искомых функций задавались следующие граничные условия [2]:

$$\begin{aligned} u(t, 1) &= 0, u_1(t, 1) = 0; \\ e(t, 1) &= e(t, 2), e_1(t, 1) = e_1(t, 2), \\ \rho(t, 1) &= \rho(t, 2), \rho_1(t, 1) = \rho_1(t, 2). \\ u(t, N) &= u(t, N-1), u_1(t, N) = u_1(t, N-1), \\ e(t, N) &= e(t, N-1), e_1(t, N) = e_1(t, N-1), \\ \rho(t, N) &= \rho(t, N-1), \rho_1(t, N) = \rho_1(t, N-1). \end{aligned}$$

В начальный момент времени компоненты смеси покоились: $u(0, i) = 0, u_1(0, i) = 0$. Для всех искомых функций в моделируемой области течения задавались начальные значения в левой половине канала ($x < L/2$): $e(0, i) = e_0, e_1(0, i) = e_{10}, \rho(0, i) = \rho_0, \rho_1(0, i) = \rho_{10}$; и в правой половине канала ($x \geq L/2$): $e(0, i) = 0, e_1(0, i) = 0, \rho(0, i) = 0, \rho_1(0, i) = 0$. Система уравнений течения двухкомпонентной среды решалась явным конечно-разностным методом второго порядка точности по пространственной переменной [16]. Для преодоления численных осцилляций применялась схема нелинейной коррекции сеточной функции [18].

Численное решение проводилось на равномерной сетке с количеством узлов вдоль оси x – $N=1000$. Методология моделирования тестировалась сопоставлением с численными решениями известными из литературы [2], [12] и результатами физических экспериментов [11], [13].

Так как объёмное содержание дисперсной фазы является динамическим параметром временной и пространственных переменных, то в работе изучалось влияние начального значения объёмного содержания твердой фазы смеси. Предполагалось, что в начальный момент времени, во всей области заполненной двухфазной средой, дисперсная компонента смеси распределена равномерно.

На рис.1 представлено схематическое изображение моделируемой области в начальный момент времени. Размер частиц составлял – $d=20$ мкм, физическая плотность материала $\rho_{10}=2500$ кг/м³, $L=1$ м, начальное давление газа – $p=100$ кПа.

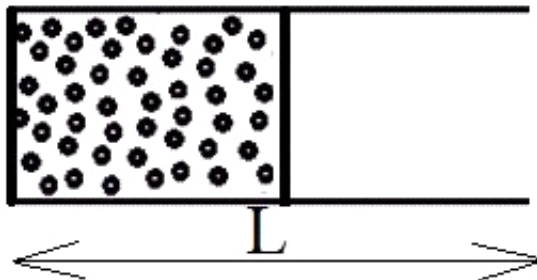


Рис.1 – Схематическое изображение моделируемого объекта

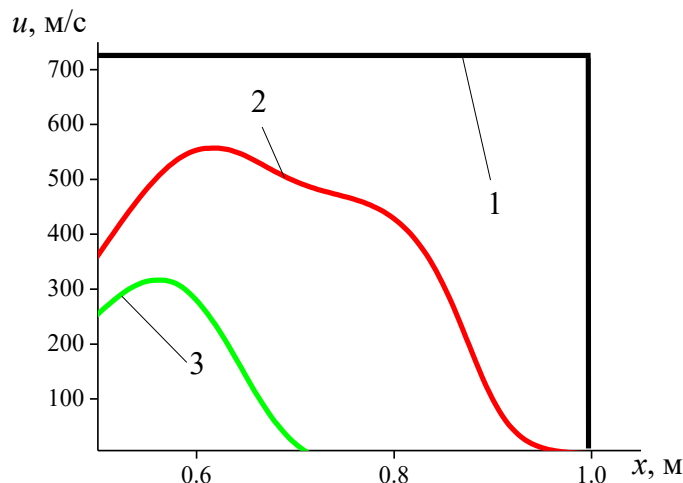


Рис.2 – Пространственное распределение скорости газа: аналитическое решение для невязкого газа – кривая 1; численное решение для однородного вязкого газа – кривая 2; численное решение для разлёта в вакуум газозвеси с объёмным содержанием дисперсной фазы $\alpha=0.001$ – кривая 3.

Результаты расчётов скорости u изображены на рис.2. В монографии [19] описана методика аналитического расчёта скорости истечения в вакуум газа, без учёта вязкости движущейся среды. Аналитическое решение составляет $u=727$ м/с. Значение численного решения для однородного вязкого газа – $u=561$ м/с; численное решение для скорости в газозвеси при начальном объёмном содержании дисперсной компоненты $\alpha=0.001$ – $u=314$ м/с. На рис.3 изображены численные расчёты для скорости газа при различных объёмных содержаниях дисперсной фазы. Из расчётов следует, что увеличение начального объёмного содержания дисперсной компоненты газозвеси приводит к уменьшению скорости газа. В численном решении для однородного вязкого газа скорость газа составляла $u=561$ м/с.

В численных решениях для газозвесей скорости движения среды достигали значений: в газозвеси с начальным объёмным содержанием $\alpha=0.00001$, $u=550$ м/с; в газозвеси с начальным объёмным содержанием $\alpha=0.0001$ – $u=513$ м/с; в газозвеси с начальным объёмным содержанием дисперсной компоненты $\alpha=0.001$ – $u=316$ м/с.

Увеличение объёмного содержания дисперсной компоненты смеси приводит к уменьшению скорости истечения газовой составляющей смеси в вакуум.

Выявленную закономерность, возможно объяснить увеличением интенсивности межфазного взаимодействия при увеличении объёмного содержания дисперсной компоненты, в результате чего происходит уменьшение кинетической энергии газа. При начальном объёмном содержании $\alpha=0.00001$ распределение скорости в газе близко с распределением скорости при разлёте однородного газа в вакуум.

Аналогичные закономерности наблюдаются для распределения давления газа – рис.4, увеличение начального объёмного содержания дисперсной компоненты газозвеси приводит к замедлению истечения газовой компоненты в вакуум.

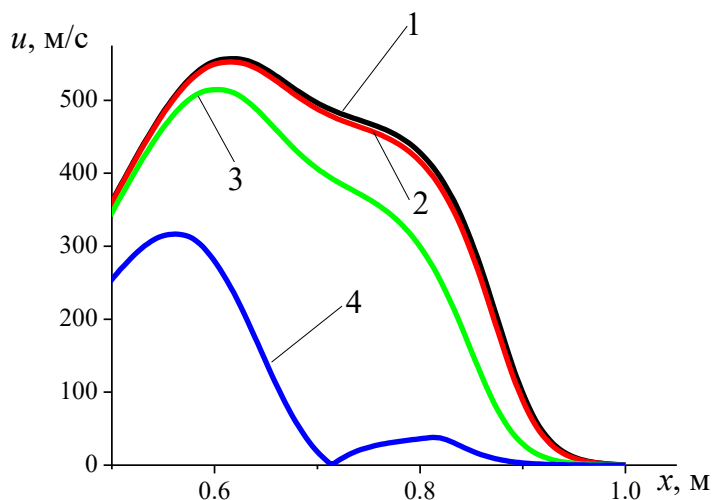


Рис.3 – Пространственное распределение скорости газа при разлёте в вакуум чистого вязкого газа – кривая 1; при разлёте в вакуум газозвеси с начальным объёмным содержанием дисперсной фазы $\alpha=0.00001$ – кривая 2; при разлёте в вакуум газозвеси с начальным объёмным содержанием дисперсной фазы $\alpha=0.0001$ – кривая 3; при разлёте в вакуум газозвеси с начальным объёмным содержанием дисперсной фазы $\alpha=0.001$ – кривая 4.

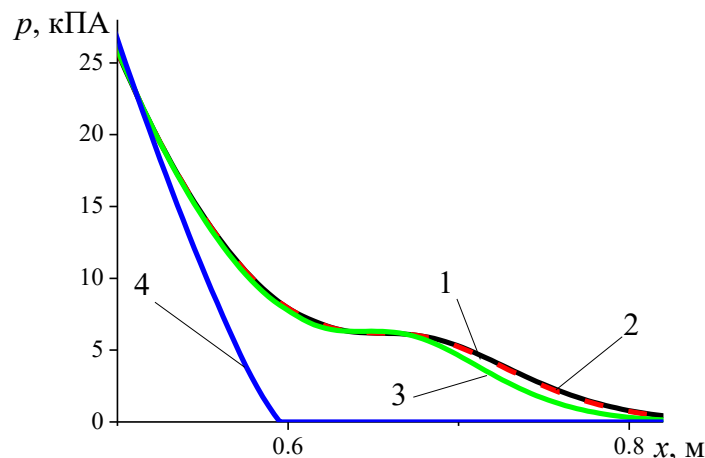


Рис.4 – Пространственное распределение давления газа при разлёте в вакуум чистого вязкого газа – кривая 1; при разлёте в вакуум газозвеси с начальным объёмным содержанием дисперсной фазы $\alpha=0.00001$ – кривая 2; при разлёте в вакуум газозвеси с начальным объёмным содержанием дисперсной фазы $\alpha=0.0001$ – кривая 3; при разлёте в вакуум газозвеси с начальным объёмным содержанием дисперсной фазы $\alpha=0.001$ – кривая 4.

Заключение

В работе численно моделируется разлёт в вакуум чистого вязкого газа и вязкого газа с дисперсной компонентной. Сопоставление аналитического решения для невязкого газа, известного из литературы, с численным расчётом показывает, что учёт вязкости существенно влияет на значение вычисленной скорости. Наличие дисперсной компоненты уменьшает скорость спутного потока газа и замедляет процесс истечения газа в вакуум. С помощью численного моделирования определена величина начального объёмного содержания дисперсной фазы ($\alpha \geq 0.0001$), в предположении одинакового размера и плотности материала частиц, при которой наличие дисперсной компоненты в запылённой среде оказывает существенное влияние на процесс истечения газозвеси в вакуум. Рост начального объёмного содержания дисперсной фазы уменьшает скорость газа в потоке истекающей среды и замедляет процесс истечения.

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-01-00442, а также за счет гранта президента РФ № МК-297.2020.1

Funding

This work was financially supported by the RFBR grant No. 19-01-00442, as well as by the grant of the President of the Russian Federation No. МК-297.2020.1

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред / Р.И. Нигматулин – Москва: Наука, 1978 – 336 с.
2. Кутушев А.Г. Математическое моделирование волновых процессов в аэродисперсных и порошкообразных средах / А.Г. Кутушев – Санкт-Петербург: Недра, 2003 – 284 с.
3. Стернин Л.Е. Двухфазные моно – и полидисперсные течения газа с частицами / Л.Е. Стернин – Москва: Машиностроение, 1980 – 176 с.
4. Федоров А.В. Волновые процессы в газозвесах частиц металлов / А.В. Федоров, В.М. Фомин, Т.А. Хмель – Новосибирск, 2015 – 301 с.
5. Ванюнина М.В. Аспирация аэрозоля в цилиндрический пробоотборник из низкоскоростного нисходящего потока и из неподвижной среды / М. В. Ванюнина, Р.С. Галеев, Ш.Х. Зарипов, Э.В.Скворцов // Прикладная механика и техническая физика. 2005, №2 – С. 122-129.
6. Веревкин А.А. Течение дисперсной примеси в сопле Лавалья и рабочей секции двухфазной гиперзвуковой ударной трубы / А.А. Веревкин, Ю.М. Циркунов // Прикладная механика и техническая физика. 2008, №5 – С. 102- 113.
7. Вараксин Ю.А. Анализ механизмов осаждения твердых частиц на стенки каналов / А.Ю. Вараксин, М.В. Протасов, В.П. Яценко // Теплофизика высоких температур. 2013, №5 – С. 738-746.
8. Арефьев К.Ю. Расчетное исследование особенностей дробления и испарения капель в газодинамических течениях с циклическими ударными волнами / К.Ю. Арефьев, А.В. Воронецкий, С.А. Сучков // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2015, № 10 – С. 17-30.
9. Hishida M., Fujiwara T., Wolanski P. Fundamentals of rotating detonations / M. Hishida, T. Fujiwara, P. Wolanski // Shock Waves. 2009, I. 1. – P. 1-10.
10. Тукмаков А.Л. Численное моделирование дрейфа твердых частиц при резонансных колебаниях газа в открытом канале / А.Л. Тукмаков // Акустический журнал. 2009, № 2 – С. 247 -255.
11. Гельфанд Б. Е.. Ударные волны при разлете сжатого объема газозвеси твердых частиц / Б.Е. Гельфанд, А.В. Губанов, С.П. Медведев С. П. и др. // Доклады АН СССР. 1985, № 5 – С. 1113–1116.

12. Губайдуллин Д.А. Численное исследование эволюции ударной волны в газозвеси с учетом неравномерного распределения частиц / Д.А. Губайдуллин, Д.А. Тукмаков // Математическое моделирование. 2014, №10 – С. 109-119.
13. Нигматулин Р.И. Ударно-волновой разлет газозвесей / Р.И. Нигматулин, Д.А. Губайдуллин, Д.А. Тукмаков // Доклады академии наук. 2016, № 4. – С. 418-421.
14. Tukmakov D.A. Numerical study of polydisperse aerosol dynamics with the drops destruction / D.A. Tukmakov // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2019, I. 6. – P. 824-827.
15. Тукмаков Д.А. Численное моделирование ударно-волновых течений в газозвеси с неоднородной концентрацией дисперсной фазы /Тукмаков Д.А. // Авиационная техника. 2019, №1 – С.54-59.
16. Fletcher C.A. Computation Techniques for Fluid Dynamics / Berlin: Springer-Verlag, 1988 – 409 p.
17. Ковеня В.М., Тарнавский Г.А., Черный С.Г. Применение метода расщепления в задачах аэродинамики. / В.М. Ковеня, Г.А. Тарнавский, С.Г. Черный - Новосибирск: Наука, 1990 – 247 с.
18. Музафаров И.Ф. Применение компактных разностных схем к исследованию нестационарных течений сжимаемого газа /И.Ф. Музафаров, С.В. Утюжников// Математическое моделирование. 1993, №3– С.74-83.
19. Черный Г.Г. Газовая динамика/ Г.Г. Черный Москва: Наука, 1988. – 424. с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Nigmatulin R.I. Osnovy mekhaniki geterogennykh sred [Fundamentals of the mechanics of heterogeneous media] / R.I. Nigmatulin – Moscow: Science, 1978 – 336 p. [In Russian].
2. Kutushev A.G. Matematicheskoe modelirovanie volnovykh processov v aerodispersnykh i poroshkoobraznykh sredakh [Mathematical modeling of wave processes in aerodispersed and powdery media] / A.G. Kutushev – St. Petersburg: Nedra, 2003– 284 p. [In Russian].
3. Sternin L.E. Dvuhfaznye mono – i polidispersnye techeniya gaza s chasticami [Two-phase mono - and polydisperse gas flows with particles] / L. Ye. Sternin – Moscow: Mechanical Engineering, 1980 – 176 p. [In Russian].
4. Fedorov A.V. Volnovye processy v gazovzvesyakh chastic metallov [Wave processes in gas-suspended particles of metals] / A.V. Fedorov, V.M. Fomin, T.A. Hops, Novosibirsk, 2015 – 301 p. [In Russian].
5. Vanyunina M.V. Aerosol aspiration into a cylindrical sampler from a low-velocity downward flow and from calm air /M.V.Vanyunina, R.S.Galeev, Sh.Kh.Zaripov, E.V.Skvortsov //Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2005, N 2. – P. 250-256.
6. Verevkin A.A. Flow of a dispersed phase in the Laval nozzle and in the test section of a two-phase hypersonic shock tunnel /A. A. Verevkin, Tsirkunov Yu.M.// Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2008, N 5. P. 789-798.
7. Varaksin A.Y. Analysis of the deposition processes of solid particles onto channel walls/A. Y. Varaksin, M.V. Protasov, V.P. Yatsenko// High Temperature. 2013, N 5 –P. 665-672.
8. Arefyev K.Yu. Raschetnoe issledovanie osobennostej drobleniya i ispareniya kapel' v gazodinamicheskikh techeniyakh s ciklicheskim udarnymi volnami [Computational study of the features of crushing and evaporation of droplets in gas-dynamic flows with cyclic shock waves] / K.Yu. Arefiev, A.V. Voronetsky, S.A. Suchkov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Mashinostroyeniye. [News of higher educational institutions. Engineering]. 2015, No. 10– P. 17-30. [In Russian].
9. Hishida M. Fundamentals of rotating detonations / M. Hishida, T. Fujiwara, P. Wolanski // Shock Waves. 2009, Volume 19, Issue 1– P. 1–10.
10. Tukmakov A.L. Computer simulation of the drift of solid particles caused by resonance gas oscillations in the open channel /A.L. Tukmakov // Acoustical Physics. 2009, No 2 – P. 253-260.
11. Gelfand B.E. Udarnyye volny pri razlete szhatogo ob"yema gazovzvesi tverdykh chastits [Shock waves during expansion of a compressed volume of a gas suspension of solid particles] / B.E. Gelfand, A.V. Gubanov, S.P. Medvedev S.P. et al. // Doklady AN SSSR. [Reports of the USSR Academy of Sciences]. 1985, N. 5 – P. 1113-1116. [In Russian].
12. Gubajdullin D.A. Numerical investigation of the evolution of a shock wave in a gas suspension with consideration for the nonuniform distribution of the particles / D.A. Gubajdullin, D.A. Tukmakov // Mathematical Models and Computer Simulations. 2015, No 3 – P. 246-253.
13. Nigmatulin R.I. Shock Wave Dispersion of Gas – Particle Mixtures / R.I. Nigmatulin, D.A. Gubaidullin, D.A. Tukmakov // Doklady Physics. 2016, Vol. 61, No. 2– P. 70-73.
14. Tukmakov D.A. Numerical study of polydisperse aerosol dynamics with the drops destruction / D.A. Tukmakov // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2019, Vol. 40, N. 6 – P. 824-827.
15. Tukmakov D.A. Numerical Simulation of Shock-Wave Flows in a Gas Suspension with Inhomogeneous Concentration of the Dispersed Phase /D.A. Tukmakov//Russian Aeronautics. 2019, N 1 – P. 59-65
16. Fletcher C.A. Computation Techniques for Fluid Dynamics / S.A. Fletcher – Springer-Verlag: Berlin, 1988– 502 p.
17. Covenia V.M. Primenenie metoda rasshchepleniya v zadachah aerodinamiki [Application of the splitting method in aerodynamics problems] / V.M. Covenia, G.A. Tarnavsky, S.G. Cherny – Novosibirsk: Nauka, 1990 – 247 p. [In Russian].
18. Muzafarov I.F. Application of compact difference schemes to the study of unsteady flows of a compressible gas / I.F. Muzafarov, S.V. Utyuzhnikov // Matematicheskoye modelirovaniye [Mathematical Modeling]. 1993, No. 3– P. 74-83.
19. Chernyy G.G. Gazovaya dinamika [Gas dynamics]/ G.G. Chernyy – Moscow: Nauka, 1988. – 424. p

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.005>

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРА ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПРОКАТКЕ НОВЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al-Mg-Li

Научная статья

Агафонова Д.В.*

ORCID: 0000-0003-0952-8939,

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Россия, г. Самара

*Корреспондирующий автор (Dafna_Agafonova[at]mail.ru)

Аннотация

Анализ трещинообразования в данной научной работе осуществлялся при воздействии инновационного комплексного термоаналитического подхода при прокатке перспективного алюминиевого сплава 1420 системы Al-Li-Mg. Главной задачей в авиакосмической отрасли является повышение качества заготовки, уменьшение его удельного веса, с данной точки зрения перспективен новый сплав 1420, поэтому целью исследования было экспериментально выявить интервал температур, который позволит избежать появления трещинообразования.

Ключевые слова: алюминиевые сплавы, трещинообразование, изотермическое-дискретное сканирование, дифференциальный термический анализ, прокатка.

ANALYSIS OF CRACK FORMATION FEATURES AT ROLLING NEW ALUMINUM ALLOYS OF AL-MG-LI SYSTEM

Research Article

Agafonova D.V. *

ORCID: 0000-0003-0952-8939,

Place of study: Samara University, Russia, Samara

*Corresponding author (Dafna_Agafonova[at]mail.ru)

Abstract

Crack formation analysis in this scientific work was carried out under the influence of an innovative integrated thermoanalytical approach when rolling the promising aluminum alloy 1420 of the Al-Li-Mg system. The main task in the aerospace industry is to improve the quality of the workpiece, reducing its specific gravity, from this point of view, the new alloy 1420 is promising, so the study aimed to experimentally identify the temperature range, which will avoid the appearance of cracking.

Keywords: aluminum alloys, crack formation, isothermal-discrete scanning, differential thermal analysis, rolling

Введение

При изготовлении авиакосмической техники особо важно не допустить возможности образования трещин, поскольку это может привести к катастрофическим последствиям с человеческими жертвами.

Алюминий-литиевые сплавы являются перспективным материалом для авиакосмической отрасли, поскольку обладают не только высоким сочетанием удельного модуля упругости и удельной прочности, но и обеспечивают высокие эксплуатационные способности [1]. Можно сказать, что именно благодаря данным сплавам определен новый технологический уклад в области интеллектуальных металлополимерных композиций. На сегодняшний день единственным металлургическим предприятием в России, связанным с алюминий-литиевыми сплавами является Каменск-Уральский металлургический завод [2], оборудование которого находится в эксплуатации более 50 лет, поэтому создание нового режима для алюминий-литиевых сплавов даёт большие перспективы для авиакосмической промышленности, это открытие нового горизонта для техники нового поколения [3].

Особенно важно подобрать оптимальный режим, который будет обеспечивать не только стойкость против образования трещин, но и сопротивляемость образованию трещин при прокатке методом подбора.

Принципы и методы исследования

Исследование основывается на приложениях теории температурного анализа [4]. Основной метод работы исследования – изотермическое дискретное сканирование (ИДС)[5], [6]. Выбор методики объясняется тем, что внутренние температурные распределения имеют общие закономерности свойств, так благодаря ИДС появилась возможность избежать теплового влияния предыдущего нагрева, и обеспечить большую точность результата.

Осуществление контроля свойств материала, режима нагрева осуществлялся методом дифференциально-термического анализа (ДТА)[7]. Для рассмотрения трещинообразования выбран статистический метод.

В ходе исследования из листового материала сплава 1420 системы Al-Li-Mg были подготовлены горячекатаные образцы толщиной 7,3 мм для дальнейшей холодной прокатки на прокатном стане K220-75.

Проведено исследование структуры и химического состава образца. Карточка размером 210x700 мм от листа, произведенного по стандартной промышленной технологии. Лист толщиной более 6 мм – горячая прокатка. Исследовали микроструктуру карточки методами оптической микроскопии в поляризованном свете на шлифах в долевом сечении после электрополирования шлифов во фтороборном электролите состава [8]:

- борная кислота – 11г;
- фтористоводородная кислота – 30мл;
- вода дистиллированная – 2200мл.

Структура листа из алюминий-литиевого сплава после горячей прокатки и закалки преимущественно нерекристаллизованная (рис. 1). Химический состав представлен в таблице 1 [9].

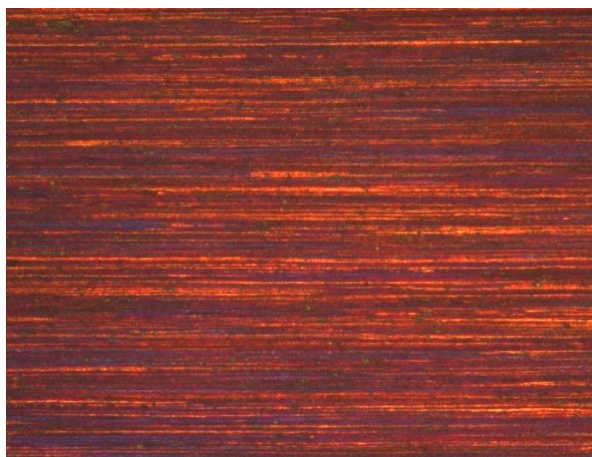


Рис. 1. – Микроструктура образца(100:1)

Таблица 1 — Химический состав в % материала 1420

| Fe | Si | Mn | Ti | Al | Zr | Mg | Na | Li |
|--------|-----------|--------|--------|---------------|-------------|-------|----------|-----------|
| до 0.3 | 0.1 - 0.3 | до 0.3 | до 0.1 | 90.55 - 92.91 | 0.09 - 0.15 | 5 - 6 | до 0.005 | 1.9 - 2.3 |

*Примечание: Al – основа; процентное содержание Al дано приблизительно

Испытания на растяжение образцов[10] сплава 1420 производились по ГОСТ 1497 на пропорциональных плоских образцах. Начальная расчетная длина составляла: $l_0 = 11,3\sqrt{F_0}$. Для определения показателей анизотропии производился замер удлинения и сужения образцов, вырезанных вдоль, поперек и под углом 45° к направлению прокатки.

Образцы сплава были испытаны на растяжение с автоматическим определением коэффициентов анизотропии. Форма и размеры образцов – по EN 485–2 (таблица 2).

Таблица 2 — Результаты испытаний механических свойств алюминий-литиевых сплавов

| Сплав | Направление отбора | Толщина, мм | σ_B^{cp} , МПа | $\sigma_{0,2}^{cp}$, МПа | δ , % | μ_{ij} |
|-------|--------------------|-------------|-----------------------|---------------------------|--------------|------------|
| 1420 | вдоль | 7,283 | 409 | 264 | 11,0 | 0,41 |
| | 45 град. | 7,285 | 378 | 236 | 17,7 | 0,63 |
| | поперек | 7,301 | 412 | 266 | 14,7 | 0,37 |

Разработка метода сканирования внутренней температуры, получение данных о внутренних распределениях для разных по составу материалов образца их сопоставление со стандартными свойствами при нагреве требуют экспериментального исследования. По результатам измерения температуры будет известно, как она изменяется в одной точке объема во времени. Использование пошагового сканирующего измерения позволит судить о ее изменении в объеме.

Экспериментальная часть разбита на 4 основных этапа.

Первая партия подразумевала собой предварительно нагретые образцы по методу ИДС до выбранной температуры: 180°C , 340°C , 505°C , 525°C (таблица 3), по два образца на температуру. Выдержка 2 мин. Прокатка образцов выполнялась в скоростных режимах: первые два прохода при малой скорости прокатки: 0,1м/мин и 1,0м/мин, далее: 10м/мин и 20м/мин. Осуществлено 4 прохода прокатки.

Таблица 3 – Результаты прокатки первой партии образцов при воздействии режима ИДС

| № образца, исх. толщ. температура ИДС, °C | Проход | Усилие, кН | № образца, температура ИДС | Проход | Усилие, кН |
|---|--------|------------|----------------------------|--------|------------|
| 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 8 |
| Образец 1, ИДС 180 °C | 1 | 19,5 | Образец 5, ИДС 505 °C | 1 | 10,6 |
| | 2 | 17,2 | | 2 | 25,8 |
| | 3 | 51,6 | | 3 | 48 |
| | 4 | 103,8 | | 4 | 91,8 |
| Образец 2, ИДС 180 °C | 1 | 13,4 | Образец 6, ИДС 505 °C | 1 | 6 |
| | 2 | 17,5 | | 2 | 29,3 |
| | 3 | 48,8 | | 3 | 55,4 |
| | 4 | 102,3 | | 4 | 92,6 |
| Образец 3, ИДС 340 °C | 1 | 8,2 | Образец 7, ИДС 525 °C | 1 | 11,1 |
| | 2 | 21,3 | | 2 | 23,7 |
| | 3 | 48,4 | | 3 | 49,3 |
| | 4 | 103,2 | | 4 | 90,5 |
| Образец 4, ИДС 340 °C | 1 | 17,3 | Образец 8, ИДС 525 °C | 1 | 15,2 |
| | 2 | 19,1 | | 2 | 29,8 |
| | 3 | 50,5 | | 3 | 54,6 |
| | 4 | 102,8 | | 4 | 91,5 |

Вторая партия была представлена пятью образцами предварительно нагретые до оптимальной температуры 525°C по методу ИДС со следующей временной выдержкой: 1,2,3,4 и 5 мин. Скорость прокатки выбрана 20 м/мин. Осуществлено 8 проходов прокатки, причем конечная толщина образца составила 1,18 мм при усилии 69,2 кН.

Третья партия образцов состояла из четырех образцов, которые предварительно нагретые до 525°C по методу ИДС. Временная выдержка образцов: 7,10,12,15 мин. Скорость прокатки 20м/мин.

Четвертая партия выглядела следующим образом: пять образцов предварительно нагретые до 525°C по методу ИДС. Время выдержки образцов: 15, 20, 30 мин, с осуществлением повторного нагрева. Скорость прокатки 20 м/мин. Абсолютно все образцы успешно прокатаны до необходимой толщины 0,5 мм за большое число проходов.

Основные результаты

Первая партия. После 4-ех проходов было выявлено, что все образцы имеют разрушения разного характера, наиболее оптимальная температура нагрева равна 525°C согласно ряду стационарных температур. Деформация образцов максимальная (раскол образца на две части) после четвертого прохода прокатки, но исключение составил образец температура нагрева равна которого 525°C. При данной температуре зафиксировано минимальное количество трещин на образце после прокатки.

Вторая партия. Характер трещинообразования связан со сложными условиями эксперимента. Для всех образцов наблюдается монотонное уменьшение усилия после 3-го прохода прокатки, исключением является первый образец. В данной партии наблюдалась характерная сетка локальных трещин после 4 прохода прокатки на всех образцах (ярче всего развиваются боковые трещины), исключая образец 5. Образец, сохранивший максимальную целостность с выдержкой 5 минут до последнего прохода прокатки при температуре нагрева 525°C ИДС. После восьми проходов толщина образца составила 1,18 мм при усилии 69,2 кН.

Третья партия. Замедленный характер разрушения, объясняется развитием во времени превращений в метастабильных фазах и релаксационными процессами в зонах действия межфазных напряжений на границах зерен. Образец 4 (рис. 2), выдержка которого составила 15 мин, температура нагрева 525°C стал максимально оптимальным образцом с минимальным количеством трещин. После 44-х проходов прокатки толщина образца составила 0,855 мм. У образцов 1 и 3 раскрошились боковые кромки.

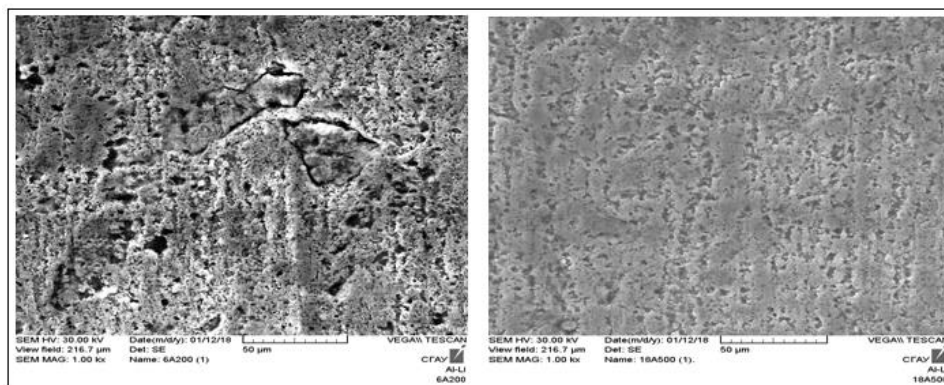


Рис. 2. Сравнительный анализ микроструктуры образца 2 (слева) и образца 4 (справа), РЭМ при увеличении 1,0 кх

Четвертая партия. Особую роль на данном этапе исследования сыграл повторный нагрев образцов в ходе эксперимента. Лучший результат показал образец 5, имеющий два повторных нагрева после основного. На рисунке 1 видно, что образец 5 сохранил максимальную целостность по отношению к остальным образцам, временная выдержка 15 мин, температура нагрева 525°C. Повторный нагрев был осуществлен с временной выдержкой 15 и после 30 мин при одной и той же температуре. Удивительный результат можно объяснить адаптивной совместимостью, динамической релаксацией образца, изменением решеточно-кластерной структуры сплава, а также с привязкой температуры нагрева к стационарной температуре. Сравнительный анализ статистических данных по количеству трещин приведен на рис. 3.

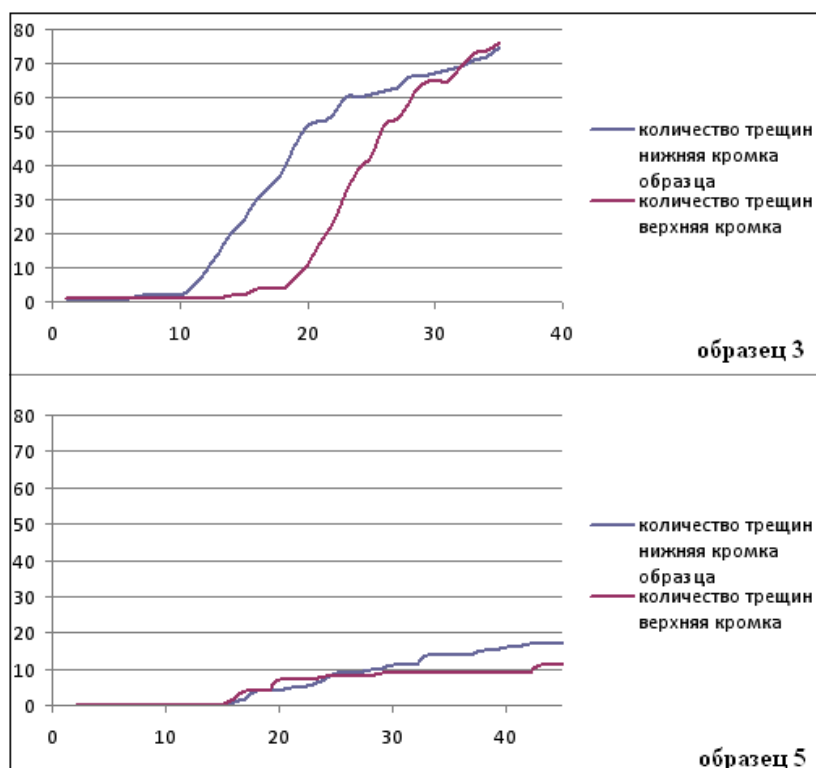


Рис. 3 – Сравнительный анализ количества трещин после прокатки в четвертой партии образцов при режиме ИДС



Рис. 4 – Фото прокатанных образцов четвертой партии образцов

Заключение

В работе рассмотрен комплексный метод термоаналитических исследований, который основан на работе по принципу регистрации тепловых эффектов, вызванных двумя последовательными способами нагрева образцов: дискретным изотемпературным сканированием и программным непрерывным нагревом.

В результате был составлен режим прокатки, составляющий предварительный нагрев ИДС 525°C образца толщиной 7,3 мм с двумя повторными нагревами (временной выдержкой: 15 и 30 мин), скорость прокатки 1 м/мин, число проходов будет зависеть от степени обжатия материала, место промежуточного нагрева ИДС определяется заблаговременно до

появления мелкой сетки трещин (18 и 32 проход прокатки). Получено наиболее благоприятное сочетание приведенных значений для получения окончательного образца толщиной 0,5 мм с допустимыми краевыми трещинами.

Полученные данные говорят о необходимости продолжения исследования, подготовки и отработки методик, сочетания ИДС и ДТА с оптическим и рентгеноструктурными методами анализа, а также с физико-механическими способами определения плотности и свойств веществ и материалов для получения возможности избавиться от трещинообразования в новом перспективном материале.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Гречников Ф.В. Исследование формирования текстуры и микроструктуры и анизотропии свойств листов алюминиево-литиевого сплава 1420 при прокатке / Ф.В. Гречников, Я.А. Ерисов, С.В. Сурудин // Известия ВУЗов цветная металлургия. – 2017. – С.45-52
2. Каблов, Е.Н. Будущее авиации – за алюминий-литиевыми сплавами. / Е.Н.Каблов. – Москва: Редкие Земли., 2 июля 2018.
3. Разработка перспективных технологий изготовления материалов из алюминий-литиевых сплавов с высокими параметрами эксплуатации и проведение квалификационных испытаний применительно к конструкции ракет-носителей легкого и тяжелого класса: отчёт о НИР: 06-02/ Рос. кн. палата; рук. Ф.В. Гречников; исполн. Я.А. Ерисов [и др.]. – Самара., 2014. – 138 с.
4. Дорошко, Г.П. Введение в температурный анализ свойств материала. / Г.П.Дорошко. – Самара: Самарск. гос. арх.–строит. ун.–т., 2007. – 396 с.
5. Михеев В.А. Анализ влияния температуры изотермического дискретного сканирования на силовые режимы прокатки и свойства образцов алюминий-литиевого сплава / В.А.Михеев, С.В. Сурудин, Д.В. Агафонова // Современные достижения в области металловедения, технологий литья, деформации, термической обработки: -сб.науч.трудов / ВИАМ. - Москва. – 2017. – С. 187.
6. Агафонова Д.В. Влияние тепловых эффектов на выбор режимов при прокатке листа Al-Mg-Li / Д.В. Агафонова // LAP Lambert Academic Publishing.). – 2019. – С.46–49.
7. Дорошко Г.П. Условие совместимости металлов за пределом деформирования / Г.П. Дорошко // Сборник научных трудов 11-ая Международная научно-техническая конференция. – 2015. –С.560-570.
8. Гречников Ф.В. Определение параметров пластического деформирования образцов методами термического и температурного анализа / Ф.М. Гречников, В.А. Михеев, Я.А. Ерисов // XI Международное Курнаковское совещание по физико-химическому анализу в рамках XX Менделеевского съезда по общей прикладной химии/ Воронеж, 2016. –С. 167–172.
9. Mikheev, V.A. Constructional materials quality management according to the scanning thermal analyzer / V.A. Mikheev, G.P. Doroshko, V.N. Iluhin // 4th International Science and Technical Conference Metal Physics, METALDEFORM. – Samara. –2016. – P. 414–420.
10. Михеев В.А., Структурные изменения и свойства прокатываемых алюминиевых заготовок /В.А.Михеев, А.В. Волков // Труды третьей Международной конференции «Металлофизика, механика материалов, наноструктур и процессов деформирования». – 2011. –Т1.10, №1. – С. 113-118.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Grechnikov F.V. Issledovaniye formirovaniya tekstury i mikrostruktury i anizotropii svoystv listov alyuminiyevo-litiyevogo splava 1420 pri prokatke [Investigation of texture and microstructure formation and anisotropy of properties of sheets of aluminum-lithium alloy 1420 during rolling] / F.V. Grechnikov, Y.A. Erisov, S.V. Surudin // Izvestiya VUZov tsvetnaya metallurgiya [University proceedings non-ferrous metallurgy]. – 2017. – P.45-52 [In Russian]
2. Kablov, E.N. Budushcheye aviatsii – za alyuminiy-litiyevymi splavami [Future of aviation lies with lithium aluminum alloys] / E.N. Kablov. – Moscow: Rare Earth., July 2, 2018. [In Russian]
3. Razrabotka perspektivnykh tekhnologiy izgotovleniya materialov iz alyuminiy-litiyevykh splavov s vysokimi parametrami ekspluatatsii i provedeniye kvalifikatsionnykh ispytaniy primenitel'no k konstruksii raket-nositel'ey legkogo i tyazhelogo klassa [Development of promising technologies for production of materials from aluminum-lithium alloys with high operating parameters and qualification tests in relation to design of light and heavy class launch vehicles: research report: 06-02] / Ros. Prince Ward; hands. F.V. Buckwheat; Execution Ya.A. Erisov [et al.]. – Samara., 2014. – 138 p. [In Russian]
4. Doroshko, G.P. Vvedeniye v temperaturnyy analiz svoystv materiala [Introduction to temperature analysis of material properties] / G.P. Doroshko. – Samara: Samara. state arch. univ. – 2007. – 396 p. [In Russian]
5. Mikheev V.A. Analiz vliyaniya temperatury izotermicheskogo diskretnogo skanirvaniya na silovyye rezhimy prokatki i svoystva obratstov alyuminiy-litiyevogo splava [Analysis of temperature influence of isothermal discrete scanning on rolling power regimes and properties of aluminum – lithium alloy samples] / V.A. Mikheev, S.V. Surudin, D.V. Agafonova // Sovremennyye dostizheniya v oblasti metallovedeniya, tekhnologiy lit'ya, deformatsii, termicheskoy obrabotki: -sb.nauch.trudov [Modern achievements in the field of metal science, technologies of casting, deformation, heat treatment: - Sb. Scientific] / VIAM. – Moscow. – 2017. – P. 187. [In Russian]
6. Agafonova D.V. Vliyaniye teplovykh effektov na vybor rezhimov pri prokatke lista Al-Mg-Li [Influence of thermal effects on choice of modes during rolling of an Al-Mg-Li sheet] / D.V. Agafonova // LAP Lambert Academic Publishing [LAP Lambert Academic Publishing] – 2019. – P. 46–49. [In Russian]
7. Doroshko G.P. Usloviye sovmestimosti metallov za predelom deformirovaniya [Compatibility condition of metals beyond limit of deformation] / G.P. Doroshko // Sbornik nauchnykh trudov 11-aya Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya [Collection of scientific papers 11th International Scientific and Technical Conference]. – 2015. – P.560-570. [In Russian]
8. Grechnikov F.V. Opredeleniye parametrov plasticheskogo deformirovaniya obratstov metodami termicheskogo i temperaturnogo analiza [Determination of parameters of plastic deformation of samples by thermal and temperature analysis] / F.M. Grechnikov, V.A. Mikheev, Ya.A. Erisov // XI Mezhdunarodnoye Kurnakovskoye soveshchaniye po fiziko-khimicheskomu analizu v ramkakh XX Mendeleevskogo s"yezda po obshchey prikladnoy khimii [XI International Kurnakov meeting on physical and chemical

analysis in the framework of the XX Mendeleevsky Congress on General Applied Chemistry] / Voronezh, 2016. – P. 167–172. [In Russian]

9. Mikheev, V.A. Constructional materials quality management according to the scanning thermal analyzer / V.A. Mikheev, G.P. Doroshko, V.N. Iluhin // 4th International Science and Technical Conference Metal Physics, METALDEFORM. – Samara. – 2016. – P. 414–420.

10. Mikheev V.A. Strukturnyye izmeneniya i svoystva prokatyvayemykh alyuminiyevykh zagotovok [Structural changes and properties of rolled aluminum billets] / V.A. Mikheev, A.V. Volkov // Trudy tret'yey Mezhdunarodnoy konferentsii «Metallofizika, mekhanika materialov, nanostruktur i protsessov deformirovaniya» [Proceedings of the Third International Conference "Metallophysics, Mechanics of Materials, Nanostructures and Deformation Processes"]. – 2011. – V1.10. – No. 1. – P. 113-118. [In Russian].

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.006>**ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ С ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ (МАИ)**

Научная статья

Амер А. Э.^{1*}, Рахмани К.², Лебедев В. А.³^{1, 2, 3} Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

*Корреспондирующий автор (eng.ahmed_amer[at]yahoo.com)

Аннотация

Актуальность исследования заключается в необходимости создания эффективных систем накопления тепловой энергии с использованием материалов, подверженных фазовым переходам. В этой статье Метод Анализа Иерархий (МАИ) используется для выбора типа материала для систем солнечного отопления с учетом технической спецификации и критериев материалов. В исследовании был проанализирован набор из пяти материалов с фазовым переходом для накопления тепловой энергии. Выбранные материалы имеют температуру плавления в требуемом диапазоне рабочих температур. В работе используются семь критериев. Результаты показывают, что парафин является лучшим материалом с фазовым переходом из выбранных с учетом всех теплофизических свойств и параметров, а также весов этих критериев.

Ключевые слова: Системы аккумулирования тепловой энергии, фазовый теплоаккумулирующий материал (ФТАМ), метод анализа иерархий (МАИ), матрица решений и весов альтернатив.

**SELECTION OF MATERIALS WITH PHASE TRANSITION USING THE HIERARCHY ANALYSIS METHOD
(HAM)**

Research article

Amer A. E.^{1*}, Rakhmani K.², Lebedev V. A.³^{1, 2, 3} Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia

* Correspondent author (eng.ahmed_amer[at]yahoo.com)

Abstract

The relevance of the study is related to the necessity to create effective thermal energy storage systems using materials that are subject to phase transitions. In this article, the Hierarchy Analysis Method (HAM) is used to select the type of material for solar heating systems with regard to the technical specifications and material criteria. The study analyzed a set of five materials with a phase transition for the accumulation of thermal energy. Selected materials have a melting point in the desired operating temperature range. The work uses seven criteria. The results show that paraffin is the best material with a phase transition from those selected with regard to all the thermo-physical properties and parameters, as well as the weights of these criteria.

Keywords: thermal energy storage systems, phase heat storage material (PHSM), hierarchy analysis method (HAM), decision matrix, and alternative weights.

Введение

Аккумуляция тепловой энергии с использованием материалов с фазовым переходом считается перспективной технологией. Эта энергия может храниться в виде систем накопления тепла, скрытого тепла и термохимических веществ [1]. Применяемые материалы делятся на органические, неорганические и эвтектические. Существует огромное количество доступных материалов с фазовым переходом, поэтому выбор такого материала затруднен. Важно выбрать правильный материал для эффективного использования системы накопления тепловой энергии со скрытой теплотой. Основными критериями, которые определяют выбор материалов с фазовым переходом, являются: температура плавления, высокая тепловая латентность плавления, высокая теплопроводность, высокая плотность, термостабильность, стоимость и совместимость материала с фазовым переходом с материалом корпуса термоаккумулятора (устойчивость к коррозии). Важно учитывать свойства конструкционных материалов, которые подвергаются коррозионным воздействиям при использовании ФТАМ [2], [6]. Термостабильность, или влияние термоциклирования на различные ФТАМ было детально изучено [2], [7], [13]. Обнаружено, что парафиновый воск и жирные кислоты (например, лауриновая кислота, миристиновая кислота, пальмитиновая кислота и стеариновая кислота) имеют хорошую термическую стабильность и могут быть использованы для накопления солнечной тепловой энергии [2], [7], [10].

Методы системного анализа нашли применение для выбора материала с фазовым переходом для систем накопления тепловой энергии. Socaci Lavinia и соавторы [14] использовали МАИ для ранжирования десяти коммерческих ФТАМ с учетом технической спецификации материалов. Наиболее важные критерии (теплофизические свойства) для этих материалов, имеют веса: теплопроводность и скрытая теплота плавления 36,34%; температура фазового перехода 13,25% и удельная теплоемкость 6,91%. PCM 7 (SavEnrg PCM-Hs01P) признан лучшим материалом с фазовым переходом для конкретного применения (поддержания теплового комфорта пассажиров автомобиля).

Метод анализа иерархий (МАИ) использовался также для определения приоритетов и выбора подходящего ФТАМ для комфортного применения в зданиях [15]. Целью было оценить лучший выбор коммерческого ФТАМ, используемого для данных целей. ФТАМ, который можно использовать в вышеуказанной системе, должен иметь температуру фазового перехода от 22 до 28°C. В этом исследовании были использованы пять критериев: температура фазового перехода, скрытая теплоемкость, плотность твердой фазы, удельная теплоемкость и теплопроводность материала.

Цель исследования - разработать методику выбора лучшего материала с фазовым переходом в накопителях тепловой энергии из выбранных материалов на стадии предварительного анализа для использования в солнечной водонагревательной системе.

Материалы и Метод Анализа Иерархий (МАИ)

В данном исследовании имеется набор из пяти материалов с фазовым переходом (ФТАМ), которые могут быть использованы для систем накопления солнечной тепловой энергии. Выбор лучшего (наиболее подходящего из них) производится с использованием метода анализа иерархий (МАИ). В таблице 1 показаны теплофизические свойства выбранных ФТАМ.

Метод анализа иерархий - это базовый подход к принятию решений или метод решения сложных проблем, включающий множество критериев, разработанных Саати [16]. Необходимо определить относительную важность набора критериев в задаче для принятия решения с несколькими атрибутами. МАИ предлагает решение, которое является наилучшим способом для изучения проблемы [17]. Полная процедура метода МАИ выглядит следующим образом [14], [15], [17].

Шаг 1: Определить цели.

Целью данного исследования является выбор наилучшего ФТАМ, используемого для хранения тепловой энергии в солнечных системах отопления.

Шаг 2: Определить критерии выбора типа ФТАМ.

В качестве критериев используются как теплофизические, химические свойства ФТАМ, так и экономические. В данном исследовании используются следующие критерии: скрытая теплота плавления (LH), теплопроводность материала (K), удельная теплоемкость (CP), плотность (D), термическая стабильность (ST), стоимость (CO) и коррозия (COR).

Шаг 3: Выбрать альтернативы

В таблице 1 представлены предварительно выбранные ФТАМ, являющиеся альтернативными вариантами. Из огромного количества ФТАМ выбраны материалы, имеющие температуру плавления в требуемом диапазоне рабочих температур. В данном исследовании были выявлены пять ФТАМ для аккумуляции солнечной тепловой энергии. Альтернативы: парафин (P), лауриновая кислота (LA), миристиновая кислота (MA), пальмитиновая кислота (PA) и стеариновая кислота (SA).

Таблица 1 – Теплофизические свойства выбранных фазовых теплоаккумулирующих материалов (ФТАМ)

| | Температура плавления (°C) | Скрытая теплота плавления (кДж / кг) | Теплопроводность (K) Вт / м К | Удельная теплоемкость (CP) кДж / кг К | Плотность (D) кг / м ³ | Термическая стабильность (скрытая теплота после 900 термических циклов)(ST) | Средняя стоимость (\$ / кг)(CO) | Коррозия (COR.) | Ссылка |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---|---------------------------------|-----------------|------------------|
| Парафин (P) | 57,1 | 220 | 0,21 | 2,2-2,8 | 930 | Более стабильный (224) | 1,9 | нет | [7],[18], [19] |
| Лауриновая кислота (LA) | 42,6 | 211,6 | 0,16 | 1,7-2,3 | 1007 | Менее стабильный (132,8) | 4,5 | средний | [10],[20] |
| Миристиновая кислота (MA) | 53,8 | 192 | 0,17 | 1,7-2,4 | 844 | стабильный (159,1) | 5 | средний | [10], [18], [19] |
| Пальмитиновая кислота (PA) | 60,9 | 197,9 | 0,159 | 1,9-2,8 | 989 | стабильный (162,9) | 1,6 | средний | [10], [18], [19] |
| Стеариновая кислота (SA) | 53,8 | 174,6 | 0,172 | 1,6-2,2 | 965 | Менее стабильный (118,9) | 3,5 | средний | [10, [18], [19] |

Шаг 4: Организовать в иерархической структуре цели, критерии и альтернативы. Дерево иерархии имеет три уровня: цель и проблемы наверху, множество критериев, которые определяют альтернативы - в середине, и альтернативные решения внизу. На рисунке 1 представлено иерархическое дерево для выбора ФТАМ, используемого для хранения солнечной тепловой энергии.

Шаг 5: Построить парную матрицу сравнений, используя шкалу относительной важности. Каждый элемент матрицы основан на девятибалльной шкале Саати, представленной в таблице 2. Пусть $C = \{C_{ij} | i, j = 1, 2, \dots, n\}$ будет набором критериев. Результат парного сравнения по n критериям может быть обобщен в $(n \times n)$ оценочной матрице A. Каждый элемент a_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, n$) обозначает сравнительную важность критериев i по отношению к критериям j. Критерию, сравниваемому с самим собой, всегда присваивается значение 1, поэтому основными диагональными элементами матрицы парного сравнения являются все 1.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}, a_{ij} \neq 0 \quad (1)$$

Таблица 2 – Относительная значимость факторов [21]

| Описание (i над j) | Относительная важность(a _{ij}) |
|------------------------|--|
| Равное значение | 1 |
| Умеренное значение | 3 |
| Сильное значение | 5 |
| Очень большое значение | 7 |
| Абсолютная важность | 9 |
| Промежуточные значения | 2,4,6,8 |

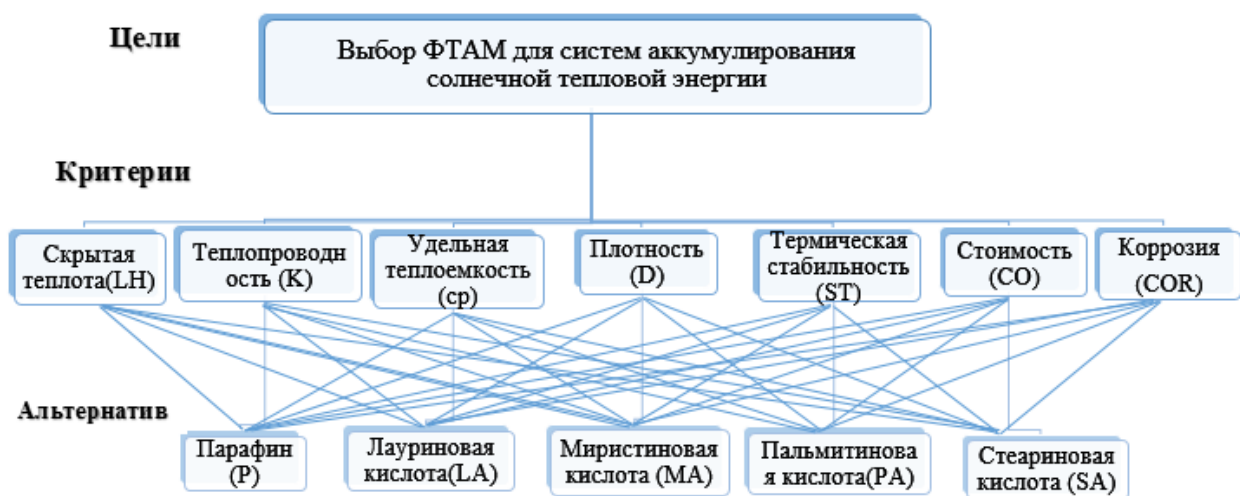


Рис. 1 – Иерархическое дерево для выбора фазовых теплоаккумулирующих материалов (ФТАМ), используемых для солнечных систем аккумулирования тепловой энергии

Шаг 6: Вычисление среднего геометрического (GM_i) для i-й строки и нормализация среднего геометрического количества строк в матрице сравнения для получения относительного нормализованного веса (W_i) каждого критерия:

$$GM_i = \{a_{i1} \times a_{i2} \times a_{i3} \times \dots \times a_{in}\}^{(1/n)} \quad (2)$$

$$w_i = \frac{GM_i}{\sum_{j=1}^n GM_j} \quad (3)$$

Шаг 7: Построить матрицу X, которая обозначает n-мерный вектор столбца, описывающий сумму взвешенных значений для степеней важности альтернатив

$$X = A \times W = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

Шаг 8: Рассчитать значение согласованности:

$$CV_i = \frac{c_i}{w_i} \quad (5)$$

Шаг 9: Определить максимальное собственное значение λ_{\max} , которое является средним для значений согласованности.

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} CV_i}{n} \quad (6)$$

Шаг 10: Рассчитать индекс согласованности

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (7)$$

Следует отметить, что качество вывода МАИ строго связано с последовательностью суждений о попарном сравнении.

Шаг 11: Определить случайный индекс (RI) для числа критериев, используемых при принятии решений из таблицы 3.

Таблица 3 – Средние значения случайного индекса (RI) [21]

| Критерии | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| Случайный индекс(RI) | 0,52 | 0,89 | 1,11 | 1,25 | 1,35 | 1,4 | 1,45 | 1,49 |

Шаг 12: Рассчитать коэффициент согласованности

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (8)$$

Число 0,1 является принятым верхним пределом для CR [15,17]. Если окончательный коэффициент согласованности превышает это значение, процедуру оценки необходимо повторить для улучшения согласованности. Измерение согласованности может использоваться для оценки согласованности лиц, принимающих решения, а также согласованности общей иерархии.

Шаг 13: Определить общий уровень эффективности каждой альтернативы в отношении критериев и цели решения:

$$Pk = \sum_{i=1}^{i=n} w_i \cdot \sum_{j=1}^{j=m} w_j \quad (9)$$

Где w_i ($i = 1, \dots, n$) - веса критериев, w_j ($j = 1, \dots, m$) - веса альтернатив по критерию i . Подходящий материал будет иметь самый большой общий вес по отношению к цели решения.

Результаты и обсуждения

Цель работы состоит в том, чтобы оценить лучший выбор ФТАМ, используемых в солнечной водонагревательной системе для хранения большого количества тепла. Пять выбранных ФТАМ, которые можно использовать в вышеуказанной системе, имеют температуру плавления 40–60 °C и могут пройти около 900 тепловых циклов. Важно изучить влияние термоциклирования на температуру плавления и скрытую теплоту плавления, они в свою очередь влияют на производительность системы накопления тепловой энергии. Таким образом, пять ФТАМ были выбраны благодаря хорошей термостойкости. После формирования иерархии для решения задачи, веса критериев, которые будут использоваться в процессе оценки, рассчитываются с использованием метода МАИ. На этом этапе разрабатывается индивидуальная матрица парного сравнения с использованием шкалы, приведенной в таблице 2. Лица, принимающие решения, используют следующие задания для выбора ФТАМ:

| | <i>LH</i> | <i>K</i> | <i>D</i> | <i>CP</i> | <i>ST</i> | <i>CO</i> | <i>COR.</i> |
|-------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| <i>LH</i> | 1 | 5 | 5 | 7 | 3 | 7 | 5 |
| <i>K</i> | 1/5 | 1 | 1 | 3 | 1/3 | 3 | 5 |
| <i>D</i> | 1/5 | 1 | 1 | 3 | 1/3 | 3 | 5 |
| <i>CP</i> | 1/7 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1/5 | 1 | 3 |
| <i>ST</i> | 1/3 | 3 | 3 | 5 | 1 | 7 | 5 |
| <i>CO</i> | 1/7 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1/7 | 1 | 1/3 |
| <i>COR.</i> | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/5 | 3 | 1 |

Матрица решений для критериев, используемых в этом исследовании.

Скрытая теплота (*LH*) считается значительно более важной, чем теплопроводность (*K*) при выборе ФТАМ. Таким образом, значение относительной важности 5 присваивается *LH* над *K* (то есть $a_{12} = 5$), а значение относительной важности 1/5 присваивается *K* над *LH* (то есть $a_{21} = 1/5$). Точно так же, *LH* считается более важным, чем удельная

теплоемкость (CP). Таким образом, значение относительной важности 7 назначается LH над CP (то есть $a_{14} = 7$), а значение относительной важности $1/7$ назначается CP по LH (то есть $a_{41} = 1/7$). Точно так же можно объяснить относительную важность среди других критериев. Однако можно добавить, что на практике значения относительной важности могут быть разумно определены пользователем/экспертами в зависимости от требований.

Матрица принятия решений из пяти альтернатив с учетом критериев, используемых в данном исследовании:

1. КРИТЕРИИ СКРЫТОЙ ТЕПЛОТЫ (LH)

| | | | | | |
|-----------|-----|------|------|------|------|
| P | P | LA | MA | PA | SA |
| LA | 1 | 3 | 3 | 3 | 5 |
| $LH = MA$ | 1/3 | 1 | 3 | 3 | 5 |
| PA | 1/3 | 1/3 | 1 | 1/3 | 3 |
| SA | 1/3 | 1/3 | 3 | 1 | 3 |
| | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1 |

2. КРИТЕРИИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ (K)

| | | | | | |
|----------|-----|------|------|------|------|
| P | P | LA | MA | PA | SA |
| LA | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| $K = MA$ | 1/3 | 1 | 1/3 | 1 | 1/3 |
| PA | 1/3 | 3 | 1 | 3 | 1 |
| SA | 1/3 | 1 | 1/3 | 1 | 1/3 |
| | 1/3 | 3 | 1 | 3 | 1 |

3. КРИТЕРИИ ПЛОТНОСТИ (D)

| | | | | | |
|----------|-----|------|------|------|------|
| P | P | LA | MA | PA | SA |
| LA | 1 | 1/3 | 3 | 1/3 | 1/3 |
| $D = MA$ | 3 | 1 | 5 | 3 | 3 |
| PA | 1/3 | 1/5 | 1 | 1/3 | 1/3 |
| SA | 3 | 1/3 | 3 | 1 | 3 |
| | 3 | 1/3 | 3 | 1/3 | 1 |

4. КРИТЕРИИ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ (CP)

| | | | | | |
|-----------|-----|------|------|------|------|
| P | P | LA | MA | PA | SA |
| LA | 1 | 5 | 5 | 3 | 5 |
| $CP = MA$ | 1/5 | 1 | 1 | 1/3 | 1 |
| PA | 1/5 | 1 | 1 | 1/3 | 1 |
| SA | 1/3 | 3 | 3 | 1 | 3 |
| | 1/3 | 1 | 1 | 1/3 | 1 |

5. КРИТЕРИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ (ST)

| | | | | | |
|-----------|-----|------|------|------|------|
| P | P | LA | MA | PA | SA |
| LA | 1 | 7 | 5 | 5 | 7 |
| $ST = MA$ | 1/7 | 1 | 1/5 | 1/5 | 1/3 |
| PA | 1/5 | 5 | 1 | 3 | 5 |
| SA | 1/5 | 5 | 1/3 | 1 | 3 |
| | 1/7 | 3 | 1/5 | 1/3 | 1 |

6. КРИТЕРИИ СТОИМОСТИ (CO)

| | | | | | |
|-----------|-----|------|------|------|------|
| P | P | LA | MA | PA | SA |
| LA | 1 | 5 | 5 | 1 | 5 |
| $CO = MA$ | 1/5 | 1 | 1 | 1/5 | 1/3 |
| PA | 1/5 | 1 | 1 | 1/5 | 1/3 |
| SA | 1 | 5 | 5 | 1 | 3 |
| | 1/5 | 3 | 3 | 1/3 | 1 |

7. КРИТЕРИИ КОРРОЗИИ (COR.)

| | | | | | |
|-------------|-----|------|------|------|------|
| P | P | LA | MA | PA | SA |
| LA | 1 | 3 | 5 | 5 | 3 |
| $COR. = MA$ | 1/3 | 1 | 3 | 3 | 1 |
| PA | 1/5 | 1/3 | 1 | 3 | 1/3 |
| SA | 1/5 | 1/3 | 1 | 1 | 1/3 |
| | 1/3 | 1 | 3 | 3 | 1 |

Результаты, полученные на основе матриц парного сравнения, приведены в таблице 4-11. На рисунке 2 показаны локальные веса, полученные с использованием каждого критерия тематического исследования. На рисунках 3-9 показаны веса, полученные для альтернатив, соответствующих каждому критерию. В таблице 12. представлены окончательные результаты весов и ранжирования альтернатив, полученных методом МАИ.

Таблица 4 – Результаты, полученные из парных сравнительных матриц критериев, использованных в этом исследовании

| Критерии | Среднее геометрическое (GM) | Веса (w) | Матрица $X=A.W$ | Значение согласованности (CV) | Макс. собственное значение (λ_{max}) | Индекс согласованности (CI) | Коэффициент согласованности (CR) |
|-------------------------------|-----------------------------|----------|-----------------|-------------------------------|--|-----------------------------|----------------------------------|
| Скрытая теплота плавления (K) | 4,0660 | 0,4016 | 3,082465 | 7,674831 | 7,63 | 0,10529 | 0,07799 |
| Теплопроводность (K) | 1,1699 | 0,1155 | 0,847444 | 7,333253 | | | |
| Плотность (D) | 1,1699 | 0,1155 | 0,847444 | 7,333253 | | | |
| Удельная теплоемкость (CP) | 0,514 | 0,0508 | 0,387068 | 7,618581 | | | |
| Термическая стабильность (ST) | 2,4467 | 0,2416 | 1,767483 | 7,313192 | | | |
| Стоимость (CO) | 0,358 | 0,0353 | 0,268252 | 7,58273 | | | |
| Коррозия (COR.) | 0,398647 | 0,0393 | 0,33733 | 8,566686 | | | |

В таблице 4. приведены результаты, полученные из матриц парных сравнений критериев, использованных в данном исследовании. Коэффициент согласованности матриц парного сравнения равен 0,07799, что меньше допустимого значения CR 0,1. Следовательно, веса согласуются и используются в процессе выбора. На Рис.2 показано, что весовой коэффициент для критерия скрытой теплоты плавления (LH) составляют около 40,16%, это является наиболее важным параметром, весовой коэффициент для термостабильности (ST) составляет около 24,17%, и он считается следующим наиболее важным параметром. Веса для критериев теплопроводности (K) и плотности (D) одинаковы 11,56% и являются менее значимыми. Критерии коррозии и стоимости оказались наименее значимыми.

В таблице 5 приведены результаты, полученные из матрицы парного сравнения альтернатив с соблюдением критериев скрытой теплоты (LH). Значение коэффициента согласованности матрицы парного сравнения равно 0,07985, что меньше допустимого значения CR 0,1. Следовательно, веса согласуются и используются в процессе выбора. Рис.3. показывает веса альтернатив, полученных методом МАИ с учетом критериев скрытой теплоты (LH). Заметно, что наиболее подходящим материалом для критериев скрытой теплоты (LH) является парафин (P) с массой 41,88%, а следующими материалами являются лауриновая кислота (LA) и пальмитиновая кислота (PA) с массой 26,99% и 15,7% соответственно. Наименьшей массой обладают материалы миристиновая кислота (MA) и стеариновая кислота (SA) с массой 10,12% и 5,31% соответственно.

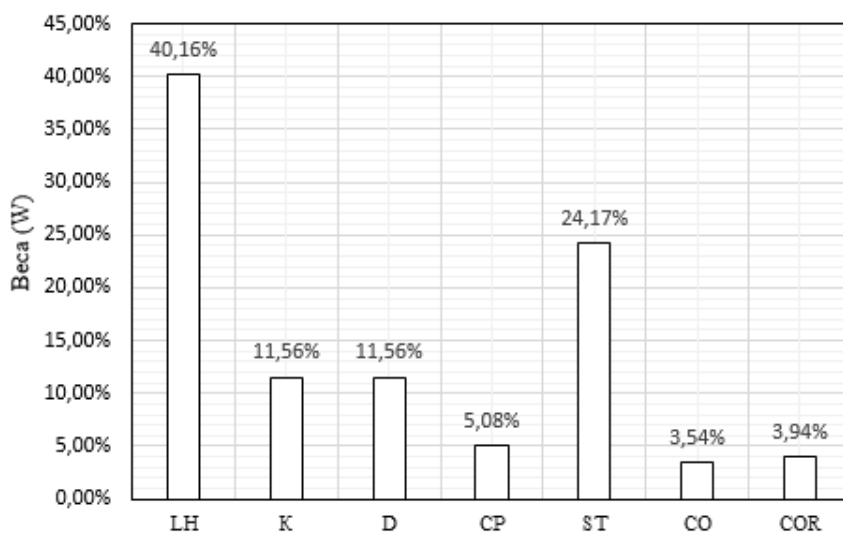


Рис. 2 – Веса критериев (Скрытая теплота плавления (K), Теплопроводность (K), Плотность (D), Удельная теплоемкость (CP), Термическая стабильность (ST), Стоимость (CO), и Коррозия (COR.)), полученных методом анализа иерархий

Таблица 5 – Результаты, полученные из парной сравнительной матрицы альтернатив, учитывающих критерии скрытой теплоты (LH).

| Альтернативы с (К) | Среднее геометрическое (GM) | Веса (w) | Матрица $X=A.W$ | Значение согласованности (CV) | Макс собственное значение (λ_{max}) | Индекс согласованности (CI) | Коэффициент согласованности (CR) |
|----------------------------|-----------------------------|----------|-----------------|-------------------------------|---|-----------------------------|----------------------------------|
| Парафин (P) | 2,667269 | 0,4188 | 2,268712 | 5,417259 | 5,35 | 0,08864 | 0,07985 |
| Лауриновая кислота (LA) | 1,718772 | 0,2699 | 1,44978 | 5,372186 | | | |
| Миристиновая кислота (MA) | 0,644394 | 0,1012 | 0,542516 | 5,362018 | | | |
| Пальмитиновая кислота (PA) | 1 | 0,1570 | 0,849546 | 5,410707 | | | |
| Стеариновая кислота (SA) | 0,338504 | 0,0531 | 0,276945 | 5,210705 | | | |

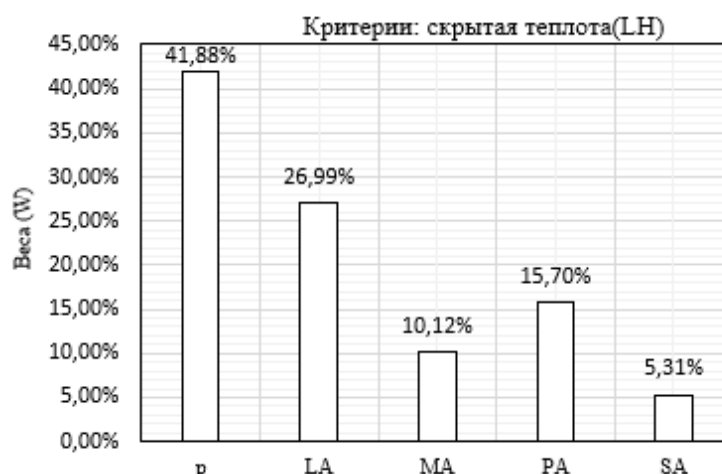


Рис.3 – Веса альтернатив (Парафин (P), Лауриновая кислота (LA), Миристиновая кислота (MA), Пальмитиновая кислота (PA), и Стеариновая кислота (SA)), полученных методом анализа иерархий с учетом критериев скрытой теплоты (LH)

Таблица 6 – Результаты, полученные из парной сравнительной матрицы альтернатив с соблюдением критериев теплопроводности (K).

| Альтернативы с (К) | Среднее геометрическое (GM) | Веса (w) | Матрица $X=A.W$ | Значение согласованности (CV) | Максимальное собственное значение (λ_{max}) | Индекс согласованности (CI) | Коэффициент согласованности (CR) |
|----------------------------|-----------------------------|----------|-----------------|-------------------------------|---|-----------------------------|----------------------------------|
| Парафин (P) | 2,40822468 | 0,4058 | 2,1883 | 5,392479 | 5,20 | 0,04894 | 0,09412 |
| Лауриновая кислота (LA) | 0,51728185 | 0,0872 | 0,44955 | 5,157328 | | | |
| Миристиновая кислота (MA) | 1,24573094 | 0,2099 | 1,078130 | 5,135855 | | | |
| Пальмитиновая кислота (PA) | 0,51728185 | 0,0872 | 0,44955 | 5,157328 | | | |
| Стеариновая кислота (SA) | 1,24573094 | 0,2099 | 1,07813 | 5,135855 | | | |

В таблице 6 приведены результаты, полученные из матрицы парного сравнения альтернатив с соблюдением критериев теплопроводности (K). Значение коэффициента согласованности матрицы парного сравнения равно 0,09412, что меньше допустимого значения CR 0,1. Следовательно, веса согласуются и используются в процессе выбора. Рис.4. указывает веса альтернатив, полученных методом МАИ с учетом критериев теплопроводности (K). Заметно, что наиболее подходящим материалом для критериев теплопроводности (K) является парафин (P) с массой 40,58%, а следующими материалами являются миристиновая кислота (MA) и стеариновая кислота (SA) с массой 20,99%, что в два раза меньше по сравнению с материалом на первом месте. Наименьший вес имеют материалы лауриновая кислота (LA) и пальмитиновая кислота (PA) с весом 8,72%.



Рис.4 – Веса альтернатив (Парафин (P), Лауриновая кислота (LA), Миристиновая кислота (MA), Пальмитиновая кислота (PA), и Стеариновая кислота (SA)), полученных методом анализа иерархий с учетом критериев теплопроводности (K)

Таблица 7. Результаты, полученные из парной сравнительной матрицы альтернатив с соблюдением критериев плотности (D)

| Альтернативы с (K) | Среднее геометрическое (GM) | Веса (w) | Матрица $X=A \cdot W$ | Значение согласованности (CV) | Максимальное собственное значение (λ_{max}) | Индекс согласованности (CI) | Коэффициент согласованности (CR) |
|----------------------------|-----------------------------|----------|-----------------------|-------------------------------|---|-----------------------------|----------------------------------|
| Парафин (P) | 0,64439401 | 0,1033 | 0,562456 | 5,445185 | 5,39 | 0,0974 | 0,0877 |
| Лауриновая кислота (LA) | 2,66726860 | 0,4276 | 2,265085 | 5,297765 | | | |
| Миристиновая кислота (MA) | 0,37491537 | 0,0601 | 0,316391 | 5,264607 | | | |
| Пальмитиновая кислота (PA) | 1,55184557 | 0,2488 | 1,362341 | 5,476616 | | | |
| Стеариновая кислота (SA) | 1 | 0,1603 | 0,875910 | 5,464299 | | | |

В таблице 7. приведены результаты, полученные из матрицы парного сравнения альтернатив с соблюдением критериев плотности (D). Значение коэффициента согласованности матрицы парного сравнения равно 0,0877, что меньше допустимого значения CR 0,1. Следовательно, веса согласуются и используются в процессе выбора. Рис.5. указывает веса альтернатив, полученных методом МАИ с учетом критериев плотности (D). Показано, что наиболее подходящим материалом для критериев плотности (D) является лауриновая кислота (LA) с весом 42,76%. Следующими материалами, которые можно использовать, являются пальмитиновая кислота (PA) и стеариновая кислота (SA) с вес 24,88% и 16,03% соответственно. Наименьшей массой материалов являются парафин (P) и миристиновая кислота (MA) с массой 10,33% и 6,01% соответственно и в четыре и семь раз меньше по сравнению с альтернативами, занимающими первое место.

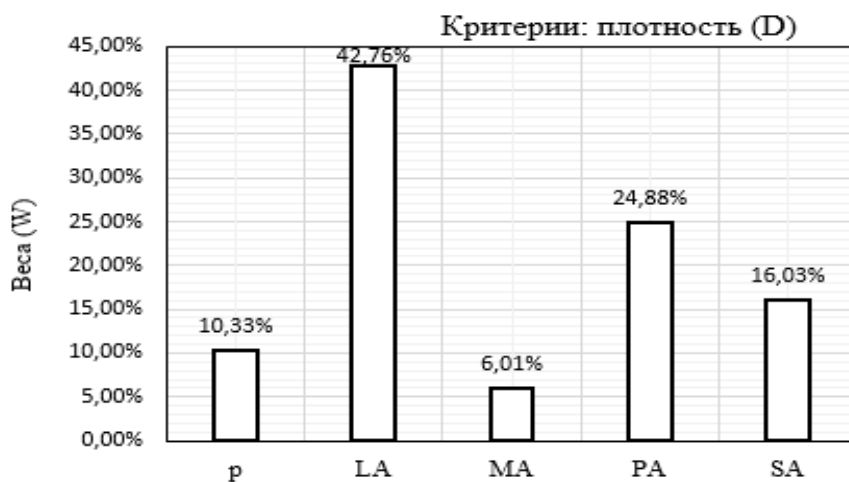


Рис.5 – Веса альтернатив (Парафин (P), Лауриновая кислота (LA), Миристиновая кислота (MA), Пальмитиновая кислота (PA), и Стеариновая кислота (SA)), полученных методом анализа иерархий с учетом критериев плотности (D)

Таблица 8 – Результаты, полученные из парной матрицы сравнения альтернатив с учетом критериев удельной теплоемкости (CP).

| Альтернативы с (К) | Среднее геометрическое (GM) | Веса (w) | Матрица $X=A.W$ | Значение согласованности (CV) | Максимальное собственное значение (λ_{max}) | Индекс согласованности (CI) | Коэффициент согласованности (CR) |
|----------------------------|-----------------------------|----------|-----------------|-------------------------------|---|-----------------------------|----------------------------------|
| Парафин (P) | 3,2719469 | 0,4981 | 2,5352527 2 | 5,090132 | 5,04 | 0,01043 | 0,0094 |
| Лауриновая кислота (LA) | 0,5818107 | 0,0886 | 0,4440559 7 | 5,013835 | | | |
| Миристиновая кислота (MA) | 0,5818107 | 0,0886 | 0,4440559 7 | 5,013835 | | | |
| Пальмитиновая кислота (PA) | 1,5518455 | 0,2362 | 1,1993487 2 | 5,077046 | | | |
| Стеариновая кислота (SA) | 0,5818107 | 0,0886 | 0,4440559 7 | 5,013835 | | | |

Таблица 8 показывает результаты, полученные из попарного сравнения альтернатив матрицы с соблюдением критериев удельной теплоемкости (CP). Значение коэффициента согласованности матрицы парного сравнения равно 0,0094, что намного меньше, чем допустимое значение CR 0,1. Следовательно, веса согласуются и используются в процессе выбора. Рис.6. показывает веса альтернатив, полученных из метода МАИ путем соблюдения критериев удельной теплоемкости (CP). Заметно, что наиболее подходящим материалом для критериев удельной теплоемкости (CP) является парафин (P) с массой 49,81%, а следующим материалом является пальмитиновая кислота (ПА) с массой 23,62%. Наименьшей массой обладают материалы лауриновая кислота (LA), миристиновая кислота (МА) и стеариновая кислота (SA) с весом 8,86%. Значения их весов примерно в пять раз меньше, чем у парафина (P), занимающий первое место.



Рис. 6 – Веса альтернатив (Парафин (P), Лауриновая кислота (LA), Миристиновая кислота (MA), Пальмитиновая кислота (PA), и Стеариновая кислота (SA)), полученных методом анализа иерархий с учетом критериев удельной теплоемкости (CP)

Таблица 9 – Результаты, полученные из матрицы парного сравнения альтернатив с соблюдением критериев термостабильности (ST).

| Альтернативы с (К) | Среднее геометрическое (GM) | Веса (w) | Матрица $X=A.W$ | Значение согласованности (CV) | Макс. собственное значение (λ_{max}) | Индекс согласованности (CI) | Коэффициент согласованности (CR) |
|----------------------------|-----------------------------|----------|-----------------|-------------------------------|--|-----------------------------|----------------------------------|
| Парафин (P) | 4,14598014 | 0,5426 | 3,03310956 | 5,590436 | 5,45 | 0,11306 | 0,08374 |
| Лауриновая кислота (LA) | 0,28573809 | 0,0374 | 0,20748007 | 5,548723 | | | |
| Миристиновая кислота (MA) | 1,71877192 | 0,2249 | 1,23432797 | 5,487785 | | | |
| Пальмитиновая кислота (PA) | 1 | 0,1309 | 0,69411644 | 5,304166 | | | |
| Стеариновая кислота (SA) | 0,49111861 | 0,0643 | 0,34255921 | 5,330084 | | | |

В таблице 9 показаны результаты, полученные из матрицы парного сравнения альтернатив с соблюдением критериев термостабильности (ST). Значение коэффициента согласованности матрицы парного сравнения равно 0,08374, что меньше допустимого значения CR 0,1. Следовательно, веса согласуются и используются в процессе выбора.

Рис.7. указывает веса альтернатив, полученных методом МАИ с учетом критериев термостабильности (ST). Заметно, что наиболее подходящим материалом для критериев термостабильности (ST) является парафин (P) с массой 54,26%. Следующими материалами, которые можно использовать, являются миристиновая кислота (MA) и пальмитиновая кислота (PA) с массой 22,49% и 13,09% соответственно. Наименьшей массой обладают материалы стеариновая кислота (SA) и лауриновая кислота (LA) с массой 6,43% и 3,74% соответственно.

В таблице 10. показаны результаты, полученные из матрицы парного сравнения альтернатив с соблюдением критерия стоимости (CO). Значение коэффициента согласованности матрицы парного сравнения равен 0,03076, что намного меньше допустимого значения CR 0,1. Следовательно, веса согласуются и используются в процессе выбора. Рис.8. указывает веса альтернатив, полученных методом МАИ, с учетом критериев стоимости (CO). Заметно, что наиболее подходящими материалами для критериев стоимости (CO) являются парафин (P) и пальмитиновая кислота (PA) с массой 38,94% и 35,16% соответственно. Следующим материалом, который можно использовать, является стеариновая кислота (SA) с массой 13,39%. Наименьшей массой обладают такие материалы, как лауриновая кислота (LA) и миристиновая кислота (MA) с весом 6, 25%.

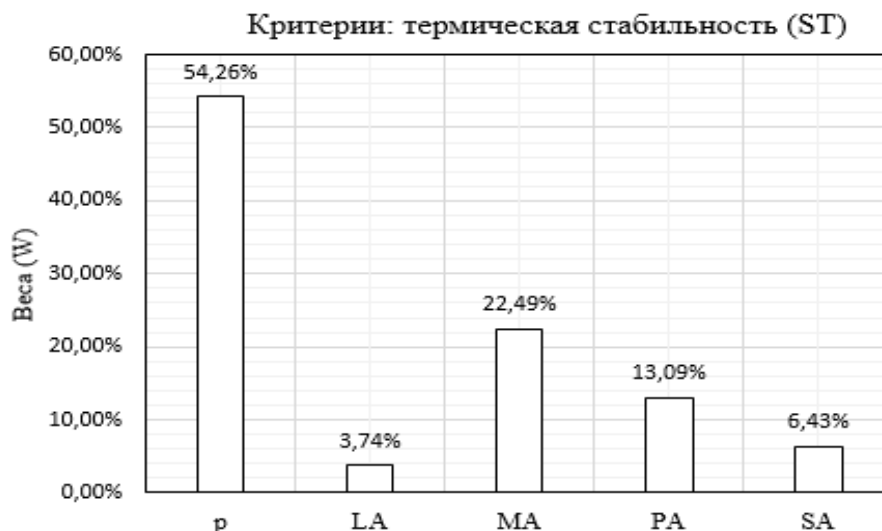


Рис. 7 – Веса альтернатив (Парафин (P), Лауриновая кислота (LA), Миристиновая кислота (MA), Пальмитиновая кислота (PA), и Стеариновая кислота (SA)), полученных методом анализа иерархий с учетом критериев термостабильности (ST)

Таблица 10 – Результаты, полученные из парной матрицы сравнения альтернатив с учетом критерия стоимости (CO)

| Альтернативы с (К) | Среднее геометрическое (GM) | Веса (w) | Матрица $X=A.W$ | Значение согласованности (CV) | Максимальное собственное значение (λ_{max}) | Индекс согласованности (CI) | Коэффициент согласованности (CR) |
|----------------------------|-----------------------------|----------|-----------------|-------------------------------|---|-----------------------------|----------------------------------|
| Парафин (P) | 2,6265278 | 0,3894 | 2,035701 | 5,227135 | 5,14 | 0,03415 | 0,03076 |
| Лауриновая кислота (LA) | 0,4216846 | 0,0625 | 0,317890 | 5,084186 | | | |
| Миристиновая кислота (MA) | 0,4216846 | 0,0625 | 0,317890 | 5,084186 | | | |
| Пальмитиновая кислота (PA) | 2,3714406 | 0,3516 | 1,767952 | 5,027937 | | | |
| Стеариновая кислота (SA) | 0,9028804 | 0,1339 | 0,704125 | 5,259582 | | | |

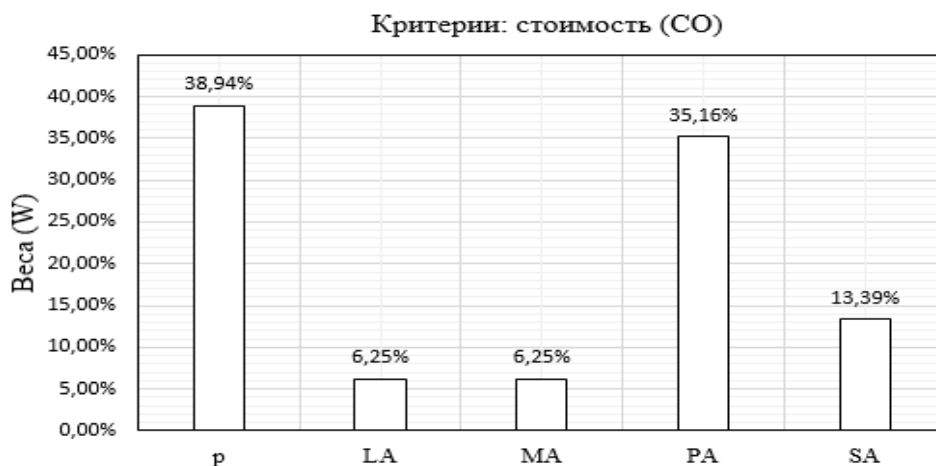


Рис. 8 – Веса альтернатив (Парафин (P), Лауриновая кислота (LA), Миристиновая кислота (MA), Пальмитиновая кислота (PA), и Стеариновая кислота (SA)), полученных методом анализа иерархий с учетом критериев стоимости (CO)

В таблице 11 приведены результаты, полученные из матрицы парного сравнения альтернатив с соблюдением критериев коррозии (COR). Значение коэффициента согласованности матрицы парного сравнения равен 0,09361, что намного меньше допустимого значения CR 0,1. Следовательно, веса согласуются и используются в процессе выбора. Рис.9. указывает веса альтернатив, полученных методом МАИ с учетом критериев коррозии (COR). Заметно, что наиболее подходящим материалом для критериев коррозии (COR) является парафин (P) с весом 45, 49%. Следующими материалами, которые можно использовать, являются стеариновая кислота (SA) и лауриновая кислота (LA) с массой 19,18%, что в два раза меньше по сравнению с парафином (P), занимающим первое место. Наименьшей массой материалов являются миристиновая кислота (MA) и пальмитиновая кислота (PA) с массой 8,96% и 7,19% соответственно.

Таблица 11 – Результаты, полученные из парной матрицы сравнения альтернатив с соблюдением критериев коррозии (COR).

| Альтернативы с (K) | Среднее геометрическое (GM) | Веса (w) | Матрица $X=A \cdot W$ | Значение согласованности (CV) | Максимальное собственное значение (λ_{max}) | Индекс согласованности (CI) | Коэффициент согласованности (CR) |
|----------------------------|-----------------------------|----------|-----------------------|-------------------------------|---|-----------------------------|----------------------------------|
| Парафин (P) | 2,9541769 3 | 0,4549 | 2,413249 | 5,305313 | 5,42 | 0,10390 | 0,09361 |
| Лауриновая кислота (LA) | 1,2457309 4 | 0,1918 | 1,019748 | 5,316357 | | | |
| Миристиновая кислота (MA) | 0,5818107 5 | 0,0896 | 0,524177 | 5,851154 | | | |
| Пальмитиновая кислота (PA) | 0,4670436 7 | 0,0719 | 0,380349 | 5,288963 | | | |
| Стеариновая кислота (SA) | 2,9541769 3 | 0,4549 | 2,413249 | 5,305313 | | | |



Рис. 9 – Веса альтернатив (Парафин (P), Лауриновая кислота (LA), Миристиновая кислота (MA), Пальмитиновая кислота (PA), и Стеариновая кислота (SA)), полученных методом анализа иерархий с критерием коррозии (COR)

Таблица 12 – Окончательные результаты весов и ранжирования альтернатив, полученных методом анализа иерархий с каждым критерием.

| Альтернативы / Критерии | Скрытая теплота плавления (LH) | Теплопроводность (K) | Плотность (D) | Удельная теплоемкость (CP) | Термическая стабильность (ST) | Стоимость (CO) | Коррозия (COR.) | Глобальные веса | Ранжирование |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------|----------------------------|-------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| вес | 0,4016 | 0,1155 | 0,1155 | 0,0508 | 0,2416 | 0,0353 | 0,0393 | | |
| Парафин (P) | 0,4188 | 0,4058 | 0,1033 | 0,4981 | 0,5426 | 0,3894 | 0,4549 | 0,41515 | 1 |
| Лауриновая кислота (LA) | 0,2699 | 0,0872 | 0,4276 | 0,0886 | 0,0374 | 0,0625 | 0,1918 | 0,19117 | 2 |
| Миристиновая кислота (MA) | 0,1012 | 0,2099 | 0,0601 | 0,0886 | 0,2249 | 0,0625 | 0,0896 | 0,13644 | 4 |
| Пальмитиновая кислота (PA) | 0,1570 | 0,0872 | 0,2488 | 0,2362 | 0,1309 | 0,3516 | 0,0719 | 0,16078 | 3 |
| Стеариновая кислота (SA) | 0,0531 | 0,2099 | 0,1603 | 0,0886 | 0,0643 | 0,1339 | 0,1918 | 0,09645 | 5 |

Таблица 12 и Рис. 10 указывают окончательные результаты весов и ранжирования альтернатив, полученных методом МАИ по каждому критерию. Обнаружено, что наилучшим материалом с фазовым переходом, который можно использовать для солнечных водонагревательных систем с учетом всех проанализированных критериев, является парафин (P) с общим весом 41,52%. Следующие альтернативные материалы, которые могут быть использованы – лауриновая кислота (LA) и пальмитиновая кислота (PA) с общей массой 19,12% и 16,08% соответственно.

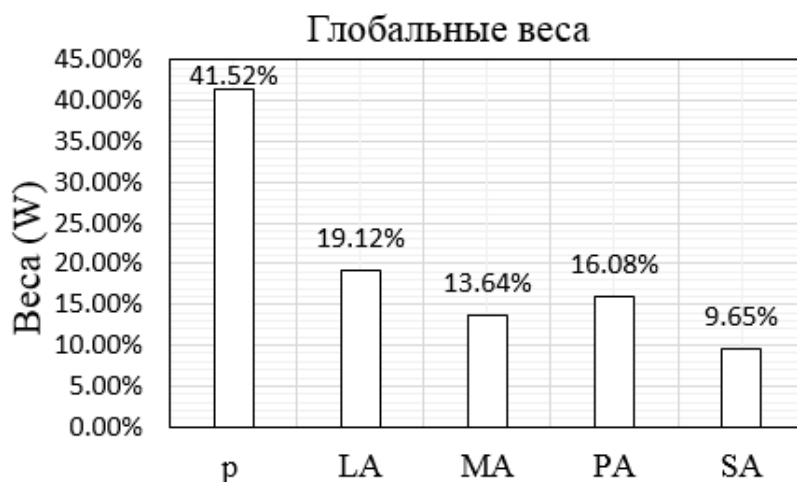


Рис. 10 – Глобальные веса для альтернатив (Парафин (P), Лауриновая кислота (LA), Миристиновая кислота (MA), Пальмитиновая кислота (PA), и Стеариновая кислота (SA)), полученных методом анализа иерархий

Заключение

Использование материалов с фазовым переходом считается перспективной технологией хранения тепловой энергии. Выбор материала с фазовым переходом затруднен из-за большого количества доступных материалов такого типа. Правильный выбор приводит к эффективному использованию скрытой теплоты в системах накопления тепловой энергии. Большинство исследователей используют фазовый теплоаккумулирующий материал (ФТАМ) в конкретном применении в зависимости от своего опыта или наличия материала. Тем не менее, несколько альтернатив должны быть рассмотрены и оценены с точки зрения множества различных конфликтующих критериев в задаче выбора фазового теплоаккумулирующего материала. Следовательно, эффективный подход к оценке альтернативных вариантов важен для улучшения качества решений. Метод анализа иерархий (МАИ) использовался для выбора материала из пяти альтернатив для солнечных систем отопления с учетом технической спецификации и критериев материалов. Результаты показали, что наилучшим подходящим материалом с фазовым переходом является парафин (P) с общим весом 41,52%. Следующими альтернативными материалами, которые можно использовать, являются лауриновая кислота (LA) и пальмитиновая кислота (PA) с общим весом 19,12% и 16,08% соответственно.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Лебедев В. А. Проблема накопления и сохранения тепловой энергии в теплоэнергетике. Состояние и пути решения / В. А. Лебедев, А. Амер // Современные образовательные технологии в подготовке специалистов для минерально - сырьевого комплекса: Труды II всероссийской научной конференции. СПб. – 2018. – С. 929–935.
2. Lebedev V. A. Limitations of using phase change materials for thermal energy storage / V. A. Lebedev, A. E Amer // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019 – V. 378. 012044. – doi:10.1088/1755-1315/378/1/012044
3. Review on thermal energy storage with phase change materials and applications / A. Sharma, V. Tyagi, C. Chen, D. Buddhi // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2009. – V. 13. – P. 318–345.
4. Leong K. Y. Nano-enhanced phase change materials: A review of thermo-physical properties, applications and challenges / K. Y. Leong, M. R. A. Rahman, B. A. Gurunathan // Journal of Energy Storage. – 2019. – V. 21. – P. 18–31.
5. A review of materials, heat transfer and phase change problem formulation for latent heat thermal energy storage systems (LHTESS) / F. Agyenim, N. Hewitt, P. Eames, M. Smyth // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2010. – V. 14. – P. 615–628.
6. Amer A. E. A. Thermal Energy Storage by Using Latent Heat Storage Materials International / A. E. A. Amer, V. Lebedev // Journal of Scientific & Engineering Research. – 2018. – V. 9 (5). – P. 1442 – 1447.
7. Hadjieva M. Thermophysical properties of some paraffins applicable to thermal energy storage / M. Hadjieva, S. Kanev, J. Argirov // Solar Energy Materials and Solar Cells. – 1992. – V. 27. – P. 181–187.
8. Hasan A. Some fatty acids as phase-change thermal energy storage materials / A. Hasan, A. Sayigh // Renewable Energy. – 1994. – V. 4. – p. 69–76.
9. Sari A. Thermal reliability test of some fatty acids as PCMs used for solar thermal latent heat storage applications / A. Sari // Energy Conversion and Management. – 2003. – V. 44. – P. 2277–2287.
10. Sari A. Some fatty acids used for latent heat storage: thermal stability and corrosion of metals with respect to thermal cycling Renew / A. Sari, K. Kaygusuz // Energy. – 2003. – V. 28. – P. 939–948.
11. Sharma S. Accelerated thermal cycle test of latent heat-storage materials / S. Sharma, D. Buddhi, R. L. Sawhney // Solar Energy. – 1999. – V. 66. – P. 483–490.
12. Shukla A. Thermal cycling test of few selected inorganic and organic phase change materials / A. Shukla, D. Buddhi, R. Sawhney // Renewable Energy. – 2008. – V. 33. – P. 2606–2614.
13. Sharma A. Accelerated thermal cycle test of acetamide, stearic acid and paraffin wax for solar thermal latent heat storage applications / A. Sharma, S. Sharma, D. Buddhi // Energy Conversion and Management. – 2002. – V. 43. – p. 1923–1930.
14. PCM selection using AHP method to maintain thermal comfort of the vehicle occupants / Socaciu Lavinia, Giurgiu Oana, Banyai Daniel, Simion Mihaela // Energy Procedia. – 2016. – V. 85. – P. 489 – 497.
15. Socaciu L. G. Using the Analytic Hierarchy Process to prioritize and select phase change materials for comfort application in buildings / L. G. Socaciu, P. V. Unguresan // Mathematical Modelling in Civil Engineering. – 2014. – V. 10. – P. 25–32.
16. Saaty T. L. Decision making with the analytic hierarchy process / T. L. Saaty // International journal services sciences. – 2008. – V. 1. – No. 1. – P. 83–98.
17. Rathod M. K. A methodological concept for phase change material selection based on multiple criteria decision analysis with and without fuzzy environment / M. K. Rathod, H. V. Kanzaria // Materials and Design. – 2011. – V. 32. – p. 3578–3585.
18. Mehling H. Heat and cold storage with PCM. An up to date introduction into basics and applications / H. Mehling, L. F. Cabeza // Springer. – 2008.
19. Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications / B. Zalba, J. M. Marin, L. F. Cabeza, H. Mehling // Applied Thermal Engineering. – 2003. – V. 23. – P. 251–83.
20. Kenisarin M. Solar energy storage using phase change materials / M. Kenisarin, K. Mahkamov // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2007. – V. 11. – P. 1913–1965.
21. Saaty T. L. Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process / T. L. Saaty, L. Vargas // New York. – 2012. – P. 6–9.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Lebedev V. A. Problema nakopleniya i sokhraneniya teplovoy energii v teploenergetike. Sostoyaniye i puti resheniya [The problem of accumulation and preservation of thermal energy in heat power engineering. Status and prospects] / V. A. Lebedev, A. Amer // Sovremennyye obrazovatel'nyye tekhnologii v podgotovke spetsialistov dlya mineral'no – syr'yevogo kompleksa: Trudy II vserossiyskiy nauchoy konferentsiy [Modern educational technologies in the training of specialists for the mineral resource complex: Proceedings of the II All-Russian Scientific Conference.]. – St. Petersburg, 2018. – P. 929–935.
2. Lebedev V. A. Limitations of using phase change materials for thermal energy storage / V. A. Lebedev, A. E Amer // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019 – V. 378. 012044. – doi:10.1088/1755-1315/378/1/012044 [in Russian]
3. Review on thermal energy storage with phase change materials and applications / A. Sharma, V. Tyagi, C. Chen, D. Buddhi // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2009. – V. 13. – P. 318–345.
4. Leong K. Y. Nano-enhanced phase change materials: A review of thermo-physical properties, applications and challenges / K. Y. Leong, M. R. A. Rahman, B. A. Gurunathan // Journal of Energy Storage. – 2019. – V. 21. – P. 18–31.
5. A review of materials, heat transfer and phase change problem formulation for latent heat thermal energy storage systems (LHTESS) / F. Agyenim, N. Hewitt, P. Eames, M. Smyth // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2010. – V. 14. – P. 615–628.
6. Amer A. E. A. Thermal Energy Storage by Using Latent Heat Storage Materials International / A. E. A. Amer, V. Lebedev // Journal of Scientific & Engineering Research. – 2018. – V. 9 (5). – P. 1442 – 1447.
7. Hadjieva M. Thermophysical properties of some paraffins applicable to thermal energy storage / M. Hadjieva, S. Kanev, J. Argirov // Solar Energy Materials and Solar Cells. – 1992. – V. 27. – P. 181–187.

8. Hasan A. Some fatty acids as phase-change thermal energy storage materials / A. Hasan, A. Sayigh // *Renewable Energy*. – 1994. – V. 4. – p. 69–76.
9. Sari A. Thermal reliability test of some fatty acids as PCMs used for solar thermal latent heat storage applications / A. Sari // *Energy Conversion and Management*. – 2003. – V. 44. – P. 2277–2287.
10. Sari A. Some fatty acids used for latent heat storage: thermal stability and corrosion of metals with respect to thermal cycling Renew / A. Sari, K. Kaygusuz // *Energy*. – 2003. – V. 28. – P. 939–948.
11. Sharma S. Accelerated thermal cycle test of latent heat-storage materials / S. Sharma, D. Buddhi, R. L. Sawhney // *Solar Energy*. – 1999. – V. 66. – P. 483–490.
12. Shukla A. Thermal cycling test of few selected inorganic and organic phase change materials / A. Shukla, D. Buddhi, R. Sawhney // *Renewable Energy*. – 2008. – V. 33. – P. 2606–2614.
13. Sharma A. Accelerated thermal cycle test of acetamide, stearic acid and paraffin wax for solar thermal latent heat storage applications / A. Sharma, S. Sharma, D. Buddhi // *Energy Conversion and Management*. – 2002. – V. 43. – p. 1923–1930.
14. PCM selection using AHP method to maintain thermal comfort of the vehicle occupants / Socaciu Lavinia, Giurgiu Oana, Banyai Daniel, Simion Mihaela // *Energy Procedia*. – 2016. – V. 85. – P. 489 – 497.
15. Socaciu L. G. Using the Analytic Hierarchy Process to prioritize and select phase change materials for comfort application in buildings / L. G. Socaciu, P. V. Unguresan // *Mathematical Modelling in Civil Engineering*. – 2014. – V. 10. – P. 25–32.
16. Saaty T.L. Decision making with the analytic hierarchy process / T.L. Saaty // *International journal services sciences*. – 2008. – V. 1. – No. 1. – P. 83–98.
17. Rathod M. K. A methodological concept for phase change material selection based on multiple criteria decision analysis with and without fuzzy environment / M. K. Rathod, H. V. Kanzaria // *Materials and Design*. – 2011. – V. 32. – p. 3578–3585.
18. Mehling H. Heat and cold storage with PCM. An up to date introduction into basics and applications / H. Mehling, L.F. Cabeza // *Springer*. – 2008.
19. Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications / B. Zalba, J.M. Marin, L.F. Cabeza, H. Mehling // *Applied Thermal Engineering*. – 2003. – V. 23. – P. 251–83.
20. Kenisarin M. Solar energy storage using phase change materials / M. Kenisarin, K. Mahkamov // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2007. – V. 11. – P. 1913–1965.
21. Saaty T. L. Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process / T. L. Saaty, L. Vargas // *New York*. – 2012. – P. 6–9.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.007>

КОНСТРУКЦИЯ МНОГООСЕВОГО УСТРОЙСТВА ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ, РАБОТАЮЩЕГО В ПОЛЯРНОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ И ВЫБОР ИНФОРМАЦИОННО УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ЕГО УПРАВЛЕНИЯ

Научная статья

Наумов И.И.¹, Бурякова О.С.^{2*}, Маков С.В.³

²ORCID: 0000-0002-8798-5783,

^{1, 2, 3} Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ в г. Шахты, Шахты, Россия

*Корреспондирующий автор (buryakovaos[at]yandex.ru)

Аннотация

В данной статье рассматриваются основные моменты при проектировании пяти осевого устройства способного осуществлять послойную трехмерную печать путём наплавления пластика под разными углами наклона. Основной задачей в данной статье является разработка кинематической схемы устройства и его основных механических узлов и элементов. Описание принципов работы устройства и принципов планирования траекторий перемещений верхней подвижной части без учета вертикальной оси. В связи с тем, что в работе предлагается устройство, существенно отличающееся от существующих, то в работе приведены пути решения проблемы, связанные с применением программного продукта необходимого для управления и планирования траектории.

Ключевые слова: трехмерный принтер, пять степеней подвижности, механика устройства, позиционирование печатающей головки.

STRUCTURE OF MULTI-AXIS 3D PRINTING DEVICE WORKING IN POLAR COORDINATE SYSTEM AND SELECTION OF INFORMATION-MANAGING PROGRAMS FOR ITS CONTROLLING

Research Article

Naumov I.I.¹, Buryakova O.S.², Makov S.V.³

¹ORCID: 20000-0002-8798-5783,

^{1, 2, 3} Institute of Service sector and Entrepreneurship (branch) of DSTU in Shakhty, Shakhty, Russia;

* Corresponding author (buryakovaos[at]yandex.ru)

Abstract

This paper discusses the main points in the design of five axial devices capable of layer-by-layer 3D printing by fusing plastic at different angles of inclination. The main goal of this work is to develop a kinematic diagram of such a device and its main mechanical components and elements. The authors describe the device operation principles and the principles of planning the trajectories of movement of the upper movable part without taking into account the vertical axis. Since the work offers the device, which differs significantly from the existing ones, the ways to solve the problems associated with the use of a software product necessary for controlling and planning the trajectory are also presented.

Keywords: 3D printer, five degrees of mobility, device mechanics, positioning of the print head

Введение

Рабочие 5-осевые фрезеры уже существуют. 5-осевые системы существуют трех основных конфигураций: стол/стол, головка/голова и стол/голова. В этом проекте было решено использовать конфигурацию стол/голова, основными причинами которой являются две дополнительные оси, которые будут иметь дополнительный вес. Это необходимо учитывать при выборе двигателей и проектировании силовой конструкции машины [4].

Для правильной работы системы головка/голова или головка/стол компоненты системы должны быть компактными. Это создает сложности при сборке и проектировании. В то время как система стол/стол может быть легко построена большего размера, поскольку вес компенсируется более сильными двигателями.

Одним из преимуществ системы головка/стол над системой стол/стол является то, что она может работать с более тяжелыми деталями. Эта система будет работать с пластиком, поэтому вес деталей при проектировании можно не учитывать.

Одной из проблем системы является крепление заготовки к рабочему столу. Это может быть проблемой при печати, так как адгезия с рабочим столом может быть недостаточной. После тестирования нескольких отпечатков на принтере было установлено, что такой проблемы не возникает. Так как пластик достаточно хорошо прилипал к рабочему столу, и после печати необходимо применять силу для удаления детали с рабочего стола [3].

Другая проблема, которая может возникнуть при конфигурации системы головка/голова и головка/стол, заключается в том, что пластик может не полностью соединяться или начинать стекать вниз по структуре при печати под различными углами, отличными от 90° по отношению к столу на котором производится печать. Хотя нет исследований, которые могут поддержать это утверждение, система стол/стол более подходит для применения в 5 ти осевой печати. В предлагаемом устройстве печатающая головка не изменяет своего наклона относительно поверхности, на которой располагается устройство, благодаря этому избегается стекание пластика мимо детали [7], [8].

Выбор начала координатной системы станка

В конфигурации Голова/Стол две поворотные оси будут часто пересекаться, поэтому наиболее удобным местом начала координат системы станков (MCS) будет в том месте, где вращающиеся оси пересекаются. Иллюстрацию точки пересечения в системе Голова/Стол можно увидеть на рисунке 1, где начало координатной системы находится в пересечении красных линий. Обоснованием того, что нулевая точка координат предлагаемого устройства находится в точке пересечений осей вращений, т.е. в центра рабочего стола является то, что это позволит облегчить как процесс печати так и создание управляющей программы за счет того что.

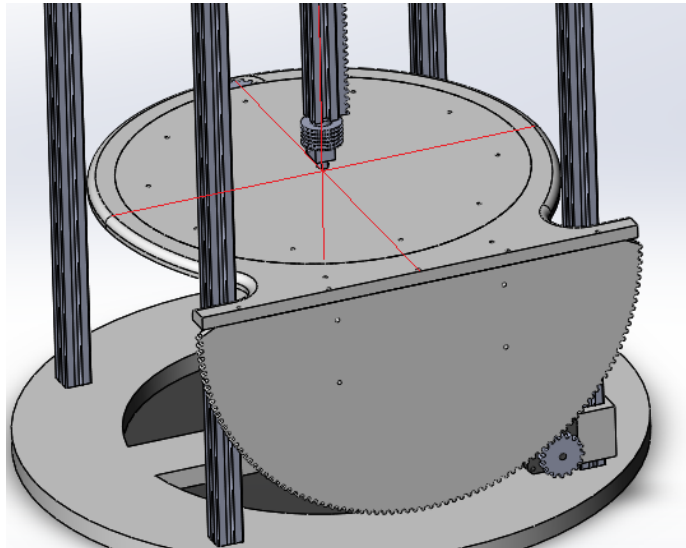


Рис. 1 – Расположение начала системы координат

Моделирование прототипа станка

Механизм устройства состоит из двух частей. В верхней части располагаются оси X, Y и Z, что видно на рисунке 2. В нижней части на стойке располагаются дополнительные поворотные оси A и C, что можно увидеть на рисунке 3. Так как начало координат станка расположено в центре пересечения осей нам необходимо иметь возможность перемещения либо рабочего стола, либо верхней подвижной части для осуществления калибровки печатающего устройства. Для калибровки был выбран метод перемещения верхней подвижной части, это осуществляется с помощью четырех подвижных пластин, изображенных на рисунке 4. Для передачи крутящего момента с двигателя на верхнюю часть используется ременной привод, со временем ремни имеют свойство растягиваться, поэтому предусматривается применение натягивающего ролика. Подробную схему расположения ремня можно рассмотреть на рисунке 5.

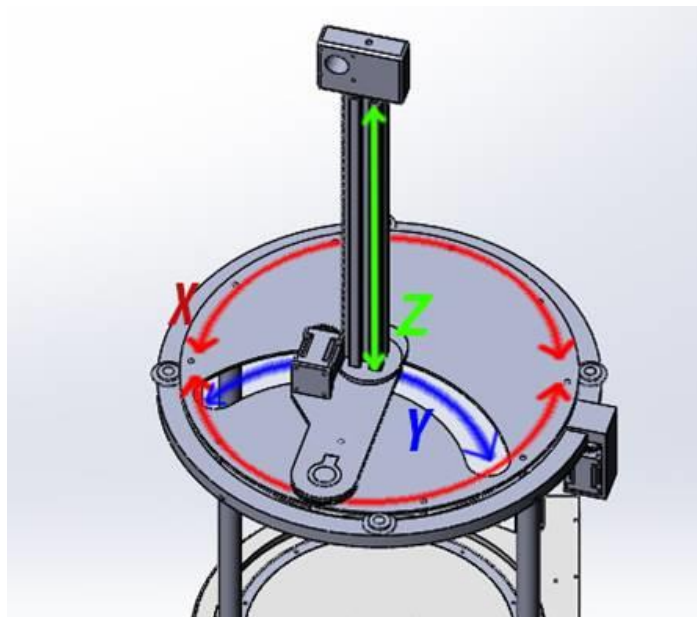


Рис. 2 – оси X, Y и Z станка

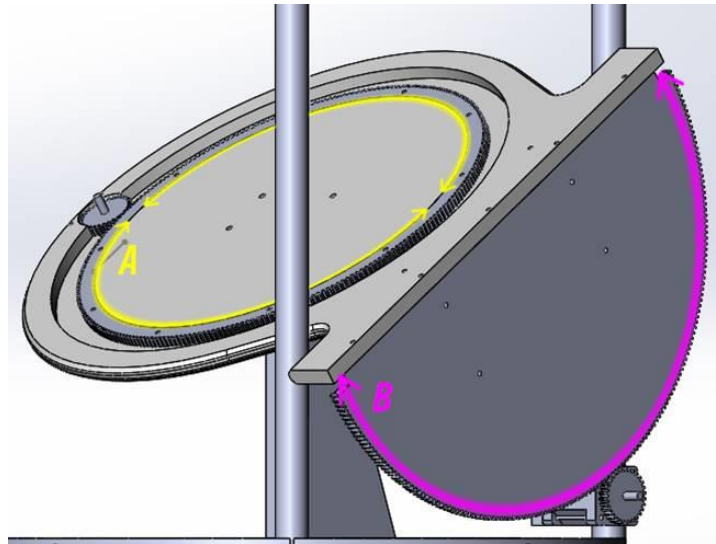


Рис. 3 – Оси А и С

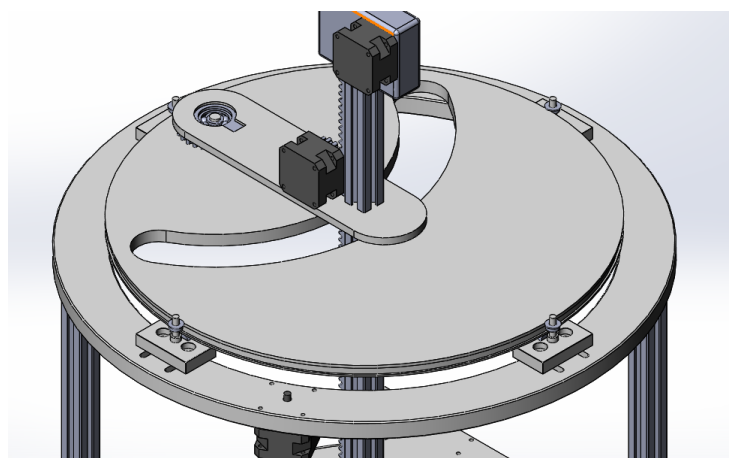


Рис. 4 – Калибровочные пластины

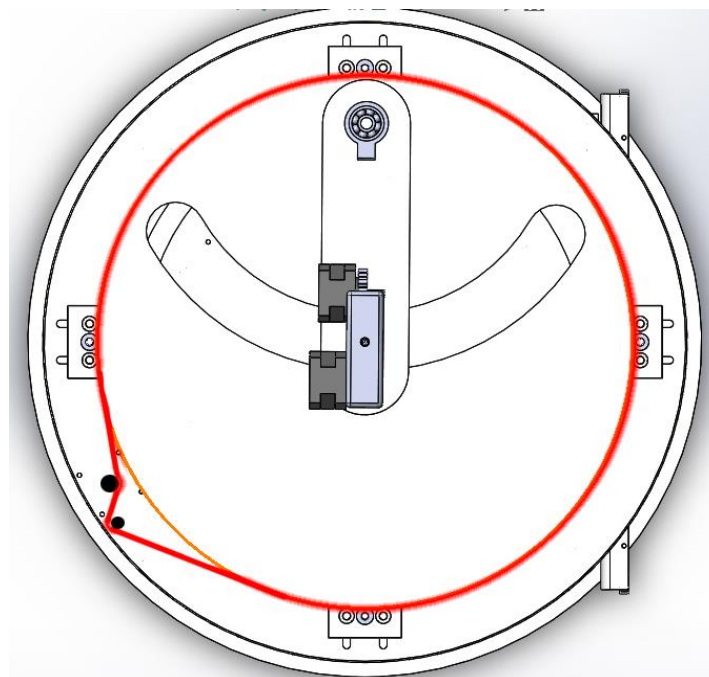


Рис. 5 – Схема ременного привода

Для перемещения верхней подвижной части вокруг своей оси была выбрана ременная передача. Ременная передача позволяет снизить люфт в поворотном механизме и более износостойчива чем обычная шестеренчатая передача.

Для управления данным устройством предлагается рассмотреть верхний поворотный механизм как отдельный двухзвенный манипулятор, так как все перемещения в этом механизме являются нелинейными, и отделяем ось Z так как ее перемещения определяются одной линией и сложностей в вычислении ее траектории не будет.

Кинематическая схема устройства двухзвенного механизма состоит из двух ведущих звеньев равной длины, образующих открытую кинематическую цепь. На расчетной схеме, представленной на рисунке 6, начало системы координат XOY совмещено с осью вращения первого звена. Второе звено закреплено на первом с возможностью вращения вокруг точки крепления H , расположенной на конце первого звена. В точке $P(t)$, расположенной на внешнем диаметре второго звена установлен рабочий инструмент. Рабочая зона ограничена кругом радиуса R по конструктивным соображениям.

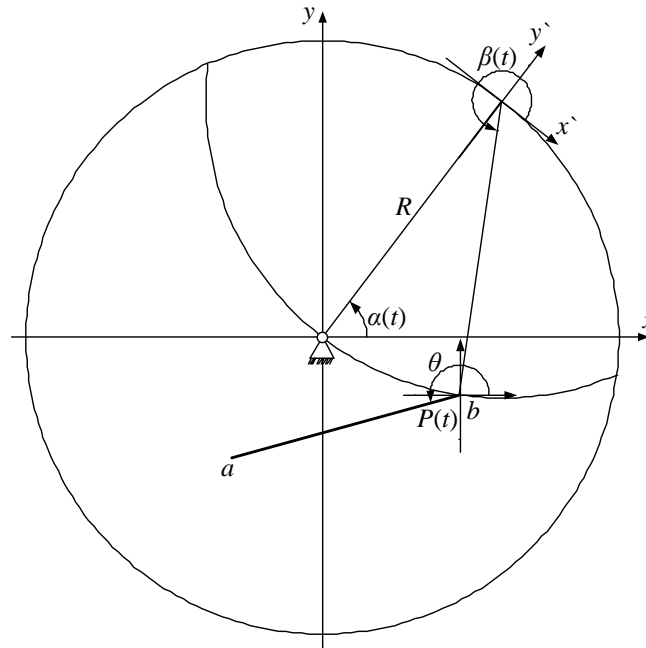


Рис. 6 – Кинематическая схема устройства

На рисунке 6 приняты следующие обозначения:

$P(t)$ - рабочая точка с координатами $x(t)$, $y(t)$ в основной (неподвижной) системе координат xOy и $x_2(t)$, $y_2(t)$ в дополнительной системе координат $x'y'$;

$\alpha(t)$ - угол поворота диска относительно основной системы координат;

$\beta(t)$ - угол поворота штанги относительно дополнительной системы координат;

a, b - концы отрезка ab , который должна проходить точка $P(t)$;

θ - угол наклона отрезка ab ;

R - радиус дисков.

Поскольку исследуется кинематическая модель двухзвенного манипулятора в двумерной системе, то для определения положения звеньев целесообразно найти аналитические выражения, связывающие декартовы координаты рабочей точки с изменением полярных координат каждого звена [1], [6].

Так как звеньев в кинематической схеме два, то вместо матриц перехода от одного звена к другому целесообразнее воспользоваться тригонометрической записью. Запишем координаты рабочей точки $P(t)$ относительно осей $x'y'$ [2]:

$$\begin{aligned} x_2(t) &= R \cos \beta(t) \\ y_2(t) &= R \sin \beta(t) \end{aligned} \quad (1)$$

Теперь, воспользовавшись формулой перехода из одной системы координат в другую:

$$\begin{aligned} x &= x_2 \cos \lambda - y_2 \sin \lambda + a \\ y &= x_2 \sin \lambda + y_2 \cos \lambda + b \end{aligned} \quad (2)$$

получим:

$$\begin{aligned}x &= x' \cos\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right) - y' \sin\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right) + R \cos \alpha \\y &= x' \sin\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right) + y' \cos\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right) + R \sin \alpha\end{aligned}\quad (3),$$

или:

$$\begin{aligned}x(t) &= R \cos \beta(t) \sin \alpha(t) + R \sin \beta(t) \cos \alpha(t) + R \cos \alpha(t) \\y(t) &= R \sin \beta(t) \sin \alpha(t) - R \cos \beta(t) \cos \alpha(t) + R \sin \alpha(t)\end{aligned}\quad (4),$$

преобразуем:

$$\begin{aligned}x(t) &= R \sin(\beta(t) + \alpha(t)) + R \cos \alpha(t) \\y(t) &= -R \cos(\beta(t) + \alpha(t)) + R \sin \alpha(t)\end{aligned}\quad (5).$$

Проведенный обзор рынка устройств трехмерной печати и исследовательских работ в этой области показал, что применение устройств трехмерной печати работающих в такой системе координат в настоящее время на рынке не представлено [9]. Поэтому применение готовых программных продуктов для управления устройств такого рода не существует. По этой причине для решение данной проблемы можно использовать либо системы управления фрезерными ЧПУ станками, после соответствующей доработки и оптимизации, либо разработать специализированный программный продукт с использованием предложенной в статье математики [5].

Заключение

В статье рассмотрен принцип трехмерной печати, основанный на оригинальной механической конструкции, отличающийся тем, что используется пять степеней свободы при печати. Использование такой конструкции позволяет избежать использования элементов поддержки, которые необходимы для стандартных устройств трехмерной печати и повысить производительность за счет отсутствия необходимости печати подложек. Также в статье рассмотрены основные отличия в управлении от существующих систем, принципы калибровки печатающей головки, которые необходимы в информационных системах, отличающийся от существующих.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Наумов И.И. Разработка переносного комплекса с поворотной платформой для контурной обработки стационарных поверхностей : автореф. дисс. ... канд. технич. наук / И.И. Наумов. – ЮРГУЭС, Шахты. – 2011. – 20 с.
2. Валюкевич Ю.А. Структура электромеханической части двухзвенного механизма как объекта регулирования следящей САР положения / Ю.А. Валюкевич, И.И. Наумов // Сервис в России и за рубежом – Издательство: Российский государственный университет туризма и сервиса. – 2011. – №5 (24). – С. 4–15.
3. Ким В.С. Теория и практика экструзии полимеров / В.С. Ким – М.: КолосС. – 2005. – 568 с.
4. Механика самодельного станка ЧПУ // RCdesign URL: http://www.rcdesign.ru/articles/tools/cnc_mechanics (дата обращения: 16.04.2020).
5. Сосонкин В.Л. Системы числового программного управления / В.Л. Сосонкин, Г.М. Мартинов. – Москва: Логос. – 2005. – 296 с.
6. Валюкевич Ю.А. Кинематическая модель двухзвенного механизма на основе цифровых дифференциальных анализаторов и планирование траектории в прямоугольной системе координат / Ю.А. Валюкевич, И.И. Наумов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2011. – № 3. – Т. 7. – С. 3-9.
7. Шишковский И.В. Основы аддитивных технологий высокого разрешения / И. В. Шишковский // СПб. – 2016 – 400 с.
8. Каменев С.В. Технологии аддитивного производства: учебное пособие / С.В. Каменев, К.С. Романенко // Оренбургский государственный университет. – 2017. – 145 с.
9. Безруков В.П. Анонсирование технических средств международной выставки потребительской техники / В.П. Безруков, О.С. Бурякова // Научная весна-2019: Экономические науки сборник научных трудов. Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета. – 2019. – С. 12-17.
10. Безруков В.П. Возможности искусственного интеллекта при написании текстов / В.П. Безруков, О.С. Бурякова // Наука, технологии, техника: современные парадигмы и практические разработки сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 36–39.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Naumov I.I. Razrabotka perenosnogo kompleksa s povorotnoj platformoj dlja konturnoj obrabotki stacionarnyh poverhnostej : avtoref. diss. ... kand. tehnic. nauk [Development of a portable complex with a rotary platform for contour processing of stationary surfaces: abstract of the dissertation for the degree of candidate of technical Sciences] / I.I. Naumov. – JuRGUeS, Shahty. – 2011. – 20 p. [in Russian]

2. Valjukevich Ju.A. Struktura jelectromehaničeskoj časti dvuhzvennogo mehanizma kak ob'ekta regulirovanija sledjašhej SAR položenija [Structure of Electromechanical part of the two-link mechanism as an object of regulation ATS servo position] / Ju.A. Valjukevich, I.I. Naumov // *Servis v Rossii i za rubežom* [Service in Russia and abroad] – Izdatel'stvo: Rossijskij gosudarstvennyj universitet turizma i servisa. – 2011. – №5 (24). – P. 4–15. [in Russian]
3. Kim V.S. Teorija i praktika jekstruzii polimerov [Theory and practice of polymer extrusion] / V.S. Kim – M.: KolosS. – 2005. – 568 p. [in Russian]
4. Mehanika samodel'nogo stanka ChPU [Mechanics of a homemade CNC machine] // RCdesign URL: http://shhshhshh.rcdesign.ru/articles/tools/cnc_mechanics (data obrashhenija: 16.04.2020). [in Russian]
5. Sosonkin V.L. Sistemy čislovogo programmno go upravlenija [Systems of numerical software control] / V.L. Sosonkin, G.M. Martinov. – Moskva: Logos. – 2005. – 296 p. [in Russian]
6. Valjukevich Ju.A. Kinematicheskaja model' dvuhzvennogo mehanizma na osnove cifrovyh differencial'nyh analizatorov i planirovanie traektorii v prjamougol'noj sisteme koordinat [Kinematic model of a two-link mechanism based on digital differential analyzers and trajectory planning in a rectangular coordinate system] / Ju.A. Valjukevich, I.I. Naumov // *Jelektrotehničeskie i informacionnye kompleksy i sistemy* [Electrotechnical and information complexes and systems]. – 2011. – № 3. – V. 7. – P. 3–9. [in Russian]
7. Shishkovskij I.V. Osnovy additivnyh tehnologij vysokogo razreshenija [Fundamentals of additive technologies of high resolution] / I. V. Shishkovskij // SPb. – 2016 – 400 p. [in Russian]
8. Kamenev S.V. Tehnologii additivnogo proizvodstva: učeбноe posobie [Technologies of additive manufacturing: textbook] / S.V. Kamenev, K.S. Romanenko // *Orenburgskij gosudarstvennyj universitet* [Orenburg state University]. – 2017. – 145 p. [in Russian]
9. Bezrukov V.P. Anonsirovanie tehničeskix sredstv mezhdunarodnoj vystavki potrebitel'skoj tehniki [Announcing technical means of the international exhibition of consumer equipment] / V.P. Bezrukov, O.S. Burjakova // *Nauchnaja vesna-2019: Jekonomičeskie nauki sbornik nauchnyh trudov. Institut sfery obslužhivanija i predprinimatel'stva (filial) Donskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta* [Scientific spring-2019: Economic Sciences collection of scientific papers. Institute of service and entrepreneurship (branch) Don state technical University]. – 2019. – P. 12-17. [in Russian]
10. Bezrukov V.P. Vozmožnosti iskusstvennogo intellekta pri napisanii tekstov [The possibilities of artificial intelligence in writing texts] / V.P. Bezrukov, O.S. Burjakova // *Nauka, tehnologii, tehnika: sovremennye paradigmy i praktičeskie razrabotki sbornik nauchnyh trudov po materialam I Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii* [Science, technology, engineering: modern paradigms and practical developments collection of scientific papers on the materials of the I International scientific and practical conference]. – 2019. – P. 36–39. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.008>**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА НА ПОЧВУ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЯЗЫКА C#**

Научная статья

Гайнуллин И.А.^{1*}, Загирова Р.Ю.², Нургатина С.О.³¹ ORCID: 0000-0003-4280-1095,^{1, 2, 3} Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

* Корреспондирующий автор (gainullin_ia[at]mail.ru)

Аннотация

В статье представлены результаты разработки математической модели и программного обеспечения для моделирования распределения давления гусеничного трактора на почву на языке C#. На основе контактной задачи теории упругости разработана модель распределения давлений под опорной части движителя с учетом влияния геометрии и параметров конструкции движителя, расположения центра масс, величины и точки приложения тяговых сопротивлений, действующих на трактор. А также математическая модель учитывает параметры почвы, включает описание граничных условий и поправочный коэффициент. Созданная математическая модель и программа обеспечивают высокую скорость расчета, достоверность и точность результатов, что подтверждается экспериментальными данными.

Ключевые слова: гусеничный трактор, давление, почва, математическая модель, программное обеспечение, язык C#.

**SIMULATION OF PRESSURE DISTRIBUTION OF TRACK TYPE TRACTOR ON SOIL USING C#
PROGRAMMING LANGUAGE**

Research Article

Gainullin I.A.^{1*}, Zagirova R.Yu.², Nurgatina S.O.³¹ORCID: 0000-0003-4280-1095,^{1, 2, 3} Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

*Corresponding author (gainullin_ia[at]mail.ru)

Abstract

The paper presents the results of the development of a mathematical model and software for modeling the pressure distribution of a track-type tractor on a soil in C#. Based on the contact problem of the theory of elasticity, the authors developed a pressure distribution model under the support part of a track mover, taking into account the influence of the geometry and design parameters of a track mover, the location of the center of mass, the magnitude and the point of application of draught resistance acting on a tractor. And this mathematical model considers soil parameters, includes the description of boundary conditions and a correction factor. The created mathematical model and program provide a high calculation speed, reliability, and accuracy of the results, which is confirmed by experimental data.

Keywords: track-type tractor, pressure, soil, mathematical model, software, C# programming language.

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам повышения технического уровня и проходимости движителей машин, снижения их металлоемкости и уплотняющего воздействия на почву [1], [6]. С учетом результатов углубленного анализа проблемы воздействия движителей на почву разработаны новые методы определения максимальных нормируемых давлений колесных и гусеничных движителей на почву, расчетные методы определения показателей колесного и металлогусеничного движителей, обеспечивающих допустимое воздействие техники на почву, и напряженно-деформированного состояния почвогрунтов [7]. При реализации ресурсосберегающих технологий установлено положительное влияние комбинированной системы обработки почвы и посева, короткоротационных севооборотов на продуктивность сельскохозяйственных культур и снижения уплотнения почвы движителями [8], [9].

При оценке эффективности машинно-тракторных агрегатов (МТА) при выполнении технологических операций значимо соответствие их движителей требованиям обеспечивающих допустимое по воздействию на почву.

Для исследования процессов взаимодействия движителей тракторов с почвой и ее уплотнения используются различные теоретические подходы и экспериментальные методы [10], [11], [12].

Степень уплотнения почвы зависит от массы трактора, типа движителя, типа почвы и технологии производства полевых работ [13]. Одно из основных направлений снижения уплотняющего воздействия на почву является совершенствование движителей МТА [14].

Исследования авторов Sh. Taheri, C. Sandu, S. Taheri, E. Pinto, D. Gorsich охватывает наиболее часто используемые модели взаимодействия колес с деформируемыми грунтами, разработанные для колесных транспортных средств [15]. Авторы Algirdas Janulevičius, Vidas Damanauskas, Gediminas Pupinis исследовали влияние давления воздуха в переднем и заднем колесе на коэффициент перекачивания колесного трактора и расход топлива при возделывании пшеницы [16]. В работе [17] авторами Zeinab El-Sayegh, Moustafa El-Gindy, Inge Johansson, Fredrik Öjier представлена усовершенствованная модель взаимодействия шины с грунтом на основе моделирования FEA-SPH. В исследованиях авторов Payam Farhadi, Abdollah Golmohammadi, Ahmad Sharifi, Gholamhossein Shahgholi разработан метод оценки трехмерного (3D) следа пневматических сельскохозяйственных шин на основе формирования следа шины жидкой штукатуркой и преобразования этих форм к трехмерным моделям с помощью 3D сканера [18]. В работе Shamrao, Chandramouli Padmanabhan, Sayan Gupta, Annadurai Mylswamy предложена модель с использованием фильтрации частиц для оценки термомеханических параметров взаимодействия колеса с грунтом [19].

Предложенные модели взаимодействия колеса с почвой и результаты исследований авторов Sh. Taheri, C. Sandu, S. Taheri, E. Pinto, D. Gorsich, Algirdas Janulevičius, Vidas Damanauskas, Gediminas Pupinis, Zeinab El-Sayegh, Moustafa El-Gindy, Inge Johansson, Fredrik Öjier, Payam Farhadi, Abdollah Golmohammadi, Ahmad Sharifi, Gholamhossein Shahgholi,

Shamrao, Chandramouli Padmanabhan, Sayan Gupta, Annadurai Mylswamy, можно использовать для моделирования взаимодействия резиноармированных гусениц с почвой [15], [16], [19].

Беккер М.Г. предложил методы анализа «местность-машина» применительно к оценке проходимости машин по местности [20]. Вонгом Дж рассмотрены основы теории и конструкции колесных и гусеничных транспортных машин, а также аппаратов на воздушной подушке [21]. Congbin Yang, Ligang Cai, Zhifeng Liu, Yang Tian, Caixia Zhang предложили способ расчета тяги гусеничного трака на мягком грунте [22]. В исследованиях Wang M., Wang X., Sun Y., Gu Z. произведена оценка тяговых характеристик морских гусеничных машин на основе лабораторных механических испытаний [23].

В исследованиях Беккера М.Г., Вонга Дж, Congbin Yang, Ligang Cai, Zhifeng Liu, Yang Tian, Caixia Zhang., Wang M., Wang X., Sun Y., Gu Z. рассмотрены взаимодействие металлгусеничного движителя с почвой, неравномерность распределения реакций почвы на опорную поверхность движителя, тяговые характеристики и расчеты. Однако не рассмотрены влияние геометрии опорной части гусеничного трактора на уплотнение почвы и тягово-сцепные показатели.

Установлено, что давление на почву тракторов Т-150К, Т-170М1.03-55, К-701 соответственно в 1,8; 2,6 и 3,5 раза выше, чем у гусеничного трактора Т-150 [1]. Обосновано, что дальнейшее снижение уплотнения почвы и износа гусениц трактора Т-170М1.03-55 возможно за счет оптимизации геометрии опорной части гусеничного движителя [24], [25], [26].

Таким образом, проблема снижения уплотнения почвы требует поиска новых конструктивно-компоновочных схем движителей тракторов, обеспечивающих снижение уплотнения почвы и повышению тягово-сцепных показателей. Разработка и совершенствование движителей требуют наличия сложной экспериментальной аппаратуры. Поэтому применение имитационных моделей, исполненных в среде программного обеспечения, снижают сроки, расчетные и материальные затраты на стадии проектирования.

Цель исследования – разработать математическую модель и программное обеспечение для моделирования распределения давления гусеничного трактора на почву на языке C#.

Материалы и методы исследования

При разработке математической модели и программного обеспечения использовался объектно-ориентированный подход. Для разработки программного обеспечения применялся язык программирования C# [27]. На рис. 1 показан внешний вид окна задания исходных данных. Объектом исследований являлся гусеничный трактор Т-170М1.03-55.

Рис. 1 – Исходные данные

Результаты исследования и их обсуждение

На основе контактной задачи теории упругости получено уравнение геометрии опорной части гусеничного трактора с полужесткой подвеской, обеспечивающей равномерное распределение давления вдоль опорной поверхности [24],[28]:

$$f(x) = 0,5 p_{cp} \pi \beta \left\{ x \arcsin(x/a) + A - (B [xA/a^2 + \arcsin(x/a)]) \right\} + C \quad (1)$$

где, p_{cp} – среднее давление трактора на почву, кПа; $p_{cp} = G_z / (2bL)$; G_z – эксплуатационный вес трактора, Н; L – длина опорной поверхности трактора, м; b – ширина гусеницы; $\beta = \nu_1 + \nu_2$; $\nu_1 = (2(1 - \mu_1^2) / \pi E_1)$; $\nu_2 = (2(1 - \mu_2^2) / \pi E_2)$; E_1 – модуль

упругости почвы, Па; μ_1 – коэффициент Пуассона почвы; E_2 – модуль упругости стали звена гусеницы, Па; μ_2 – коэффициент Пуассона стали звена гусеницы; $a=L/2$ – полуширина контакта, м; x – горизонтальная координата точки опорной поверхности, м; $B=P[e+\varphi_{кр}(h_{кр}\cos\gamma+c\sin\gamma)+fh_f]$; $P=G_3+P_{кр}\cos\gamma$ – нагрузка приходящий на единичный движитель, кН; $P_{кр}$ – усилие на крюке, Н; γ – угол между усилием на крюке и горизонтальной плоскостью; $\varphi_{кр}=P_{кр}/P$ – коэффициент использования сцепного веса; e – продольная координата центра тяжести трактора относительно середины опорной длины гусеницы, м; $h_{кр}$ – высота прицепа относительно опорной поверхности, м; f – коэффициент сопротивления передвижению трактора, $f=0,07\dots0,15$; h_f – смещение продольной составляющей силы перекатывания от реакции почвы, $h_f=0,015\dots0,029$ м; $c=-0,027\pm0,003$, м – коэффициент, равный начальный деформации почвы, определялся опытным путем.

Уравнения распределения давления $p(x)$ при плоской (2) и эллипсной (3) геометрии опорной части вдоль линии контакта определены следующими зависимостями:

$$p(x) = \frac{P \left(1 + 2 \frac{x(e + \varphi_{кр}(h_{кр}\cos\gamma + c\sin\gamma) + fh_f)}{a^2} \right)}{\pi \sqrt{a^2 - x^2}} \quad (2)$$

$$p(x) = \frac{P_{кр}}{1 + 2 \frac{x(e + \varphi_{кр}(h_{кр}\cos\gamma + c\sin\gamma) + fh_f)}{a^2}} \quad (3)$$

Построение кривой распределения давлений по уравнениям 2, 3 осуществлялось на основе предположения о несоответствии длины пятна контакта и длины самого контактируемого тела: $b=k \cdot a$, где b – полудлина пятна контакта, $b=1,5$ м; a – половина длины тела (опорной части движителя), $a=1,44$ м, k – поправочный коэффициент, $k=1,041$.

Расчетные данные распределения давления, найденные с помощью уравнения (2) и экспериментальные данные представлены на рис. 2. Данные расчета в модели в созданной программе совпали с экспериментальными данными в пределах допустимой погрешности.

При геометрии опорной части, в продольном сечении описываемой уравнением (1), характер распределения давления вдоль опорной поверхности изменяется (рис. 3), но не превышает максимальных давлений, чем при плоской опорной части трактора (рис.2).

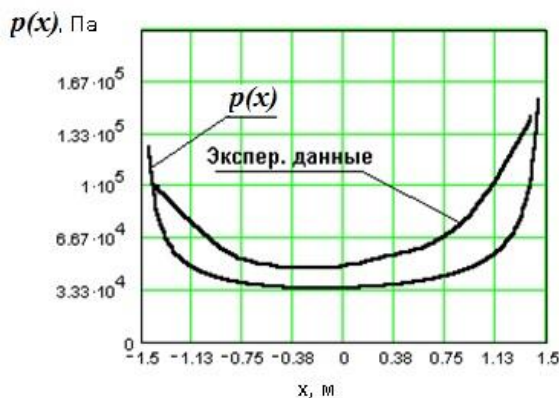


Рис. 2 – Распределение давления плоской опорной частью трактора Т-170М1.03-55

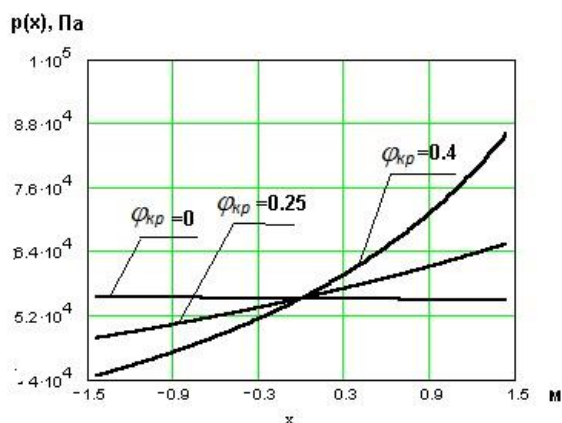


Рис. 3 – Распределение давления эллипсной опорной частью трактора Т-170М1.03-55

Основные достоинства созданного ПО: достоверность, точность и функциональные возможности, достаточные для выполнения текущих и перспективных опытно конструкторских работ.

Заключение

Таким образом, разработана математическая модель и программное обеспечение на языке C#, которые позволяют производить моделирование распределения давления движителей на почву с различными входными показателями. Была проверена адекватность модели и программы моделирования, внесен поправочный коэффициент в модель. Проверка адекватности модели и программы показала сходимость расчетных и экспериментальных данных.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы/ References

1. Гайнуллин, И.А. Влияние конструктивных параметров движителей и нагрузочных режимов тракторов на почву / И.А. Гайнуллин, А.Р. Зайнуллин // *Фундаментальные исследования*. – 2017. – № 2. – С. 31-36. – URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41352>; DOI: 10.17513/fr.41352 (дата обращения: 22.04.2020).
2. Mudarisov S. Soil compaction management: reduce soil compaction using a chain-track tractor / S. Mudarisov, I. Gainullin, I. Gabitov and others // *Journal of Terramechanics*. 2020. – V. 89. – P. 1-12. – DOI: 10.1016/j.jterra.2020.02.002.
3. Гайнуллин, И.А. Экспериментальное исследование влияния скорости движения гусеничного трактора на уплотнение почвы / И.А. Гайнуллин // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2017. – № 3(57). – С. 29–31. – URL: <http://researchjournal.org/technical/eksperimentalnoe-issledovanievliyaniya-skorosti-dvizheniya-gusenichnogo-traktora-na-uplotnenie-pochvy>; DOI: 10.23670/IRJ.2017.57. 021 (дата обращения: 22.04.2020).
4. Hamza M.A. Soil compaction in cropping systems A review of the nature, causes and possible solutions / M.A. Hamza, W.K. Anderson // *Soil & Tillage Research*. – 82 (2005), P. 121–145.
5. Holtkemeyer V. Messung der Reifenverformung bei verschiedenen Radlasten und Luftdrucken / V. Holtkemeyer // *Landtechnik*. – 2005. – Jg. 60. – № 2. – S. 76–79.
6. Ксенович, И.П. Наземные тягово-транспортные системы / И.П. Ксенович, В.А. Гоберман, Л.А. Гоберман. – М., 2003 – 743 с.
7. Ксенович И.П. Проблема воздействия на почву: некоторые результаты исследований / И.П. Ксенович, В.А. Русанов // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. – 2000. – № 1. – С. 15-20.
8. Гайнуллин, И.А. Эффективность работы посевных комбинированных агрегатов / И.А. Гайнуллин, Р.Р. Хисаметдинов, А.В. Ефимов // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. – 2010. – № 3. – С. 10-12.
9. Халиуллин, К.З. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в степных агроландшафтах Республики Башкортостан / К.З. Халиуллин, Т.И. Кикеев, С.А. Лукьянов, И.А. Гайнуллин // *Достижения науки и техники АПК*. – 2010. – № 1. – С. 34-35.
10. Omar Gonzalez Cueto. Modelling in FEM the soil pressures distribution caused by a type on a Rhodic Ferralsol soil. / Gonzalez Cueto Omar, E. Iglesias Coronel, C. Lopes Bravo, E. and others // *Journal of Terramechanics*. – 2016. – V. 63. – P. 61–67.
11. Ian W.P. Paulson. Development of a dynamic simulation model of a towed seeding implement / W.P. Paulson Ian, T. Dolovich Allan, D. Noble Scott. // *Journal of Terramechanics*. – 2018. – V. 75. – P. 25–35.
12. Edwin P. Soft soil track interaction modeling in single rigid body tracked vehicle models / P. Edwin, K. Shankar, K. Kannan. // *Journal of Terramechanics*. – 2018. – V. 77. – P. 1–14.
13. Гайнуллин И.А. Снижение уплотняющего воздействия гусеничного трактора на почву: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01: защищена 19.04.02: утв. 06.09.02 / Гайнуллин Ильшат Анварович. – Челябинск, 2002. – 159 с.
14. Исследование влияния расположения опорных катков гусеничной тележки (эллипсный обвод) на тягово-динамические показатели трактора Б 10.01.01.7В (Т-170М1.03-53) : отчет о НИР: 148 / рук. И.А. Гайнуллин; исп. И.А. Гайнуллин [и др.]. – Челябинск, 2001. – 63 с.
15. Sh. Taheri. A technical survey on Terramechanics models for tire-terrain interaction used in modeling and simulation of wheeled vehicles / Sh. Taheri, C. Sandu, S. Taheri and others // *Journal of Terramechanics*. 2015– V. 57 – P. 1–22.
16. Algirdas Janulevičius. Effect of variations in front wheels driving lead on performance of a farm tractor with mechanical front-wheel-drive / Algirdas Janulevičius, Vidas Damanauskas, Gediminas Pupinis // *Journal of Terramechanics*. – 2018 – V. 77 – P. 23–30.
17. Zeinab El-Sayegh. Improved tire-soil interaction model using FEA-SPH simulation / Zeinab El-Sayegh, Moustafa El-Gindy, Inge Johansson and others // *Journal of Terramechanics*. – 2018 – V. 78. – P. 53–62.
18. Payam Farhadi. Potential of three-dimensional footprint mold in investigating the effect of tractor tire contact volume changes on rolling resistance / Payam Farhadi, Abdollah Golmohammadi, Ahmad Sharifi, Gholamhossein Shahgholi. // *Journal of Terramechanics*. – 2018. – V. 78. – P. 63–72.
19. Shamrao. Estimation of terramechanics parameters of wheel-soil interaction model using particle filtering / Shamrao, Chandramouli Padmanabhan, Sayan Gupta and others // *Journal of Terramechanics*. – 2018. – V. 79. – P. 79–95.
20. Беккер, М.Г. Введение в теорию систем местность-машина. / М.Г. Беккер. пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1973 – 520 с.
21. Вонг, Дж. Теория наземных транспортных средств. / Вонг, Дж. Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1982. – 284 с.
22. Congbin Yang. A calculation method of track shoe thrust on soft ground for splayed grouser / Congbin Yang, Ligang Cai, Zhifeng Liu and others // *Journal of Terramechanics*. – 2016. – V. 65. – P. 38–48.
23. Wang, M. Tractive performance evaluation of seafloor tracked trencher based on laboratory mechanical measurements. / Wang, M., Wang, X., Sun and others // *Int. J. Nav. Archit. Ocean*. – 2016. – Eng. 8 (2). – P. 177–187.

24. Гайнуллин, И.А. Улучшение энергетических и экологических показателей гусеничного движителя трактора Т-170М1.03-55 / И.А. Гайнуллин, А.Р. Зайнуллин // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – № 2. – С. 69-72.
25. Гайнуллин, И.А. Методы оценки распределения давления и показателей эффективности снижения уплотняющего воздействия движителей МТА на почву / И.А. Гайнуллин // Вестник ЧГАУ. – Челябинск, 2004. – Т. 43. – С. 31-38.
26. Гайнуллин, И.А. Влияние условий эксплуатации на интенсивность износа гусеницы трактора Т-170М1.03-53 / И.А. Гайнуллин // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – Уфа, 2019. – № 1(49) – С. 121-126. DOI: 10.31563/1684-7628-2019-49-1-121-126.
27. Шилдт, Герберт. С# 4.0: полное руководство. / Шилдт, Герберт: Пер. с англ. — М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. — 1056 с.
28. Гайнуллин, И.А. Обоснование геометрии опорной поверхности гусеничного движителя и центра тяжести трактора с полужесткой подвеской / И.А. Гайнуллин // Вестник ЧГАУ. – Челябинск, 2001. – Т. 34. – С. 42-47.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gainullin, I.A. Vliyaniye konstruktivnykh parametrov dvizhiteley i nagruzochnykh rezhimov traktorov na pochvu [Influence of design parameters of propulsors and tractor loading conditions on soil] / I.A. Gainullin, A.R. Zaynullin // Fundamental'nyye issledovaniya [Fundamental research]. – 2017. – No. 2. – P. 31-36; <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41352>; DOI: 10.17513/fr.41352 (accessed: 04/22/2020). [In Russian]
2. Mudarisov S. Soil compaction management: reduce soil compaction using a chain-track tractor / S. Mudarisov, I. Gainullin, I. Gabitov and others // Journal of Terramechanics. 2020.- T. 89.- R. 1-12. doi: 10.1016 / j.jterra.2020.02.002.
3. Gainullin, I.A. Eksperimental'noye issledovaniye vliyaniya skorosti dvizheniya gusenichnogo traktora na uplotneniye pochvy [Experimental study of influence of the speed of a caterpillar tractor on soil compaction [Electronic resource] / I.A. Gainullin // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Research Journal]. 2017. – No. 3 (57). – P. 29–31. – <http://researchjournal.org/technical/eksperimentalnoe-issledovanie-vliyaniya-skorosti-dvizheniya-gusenichnogo-traktora-na-uplotnenie-pochvy>; doi: 10.23670 / IRJ.2017.57. 021 (Accessed: 04/22/2020). [In Russian]
4. Hamza M.A. Soil compaction in cropping systems A review of the nature, causes and possible solutions / M.A. Hamza, W.K. Anderson // Soil & Tillage Research. – 82 (2005), P 121–145.
5. Holtkemeyer V. Messung der Reifenverformung bei verschiedenen Radlasten und Luftdrucken / V. Holtkemeyer // Landtechnik. – 2005. – Jg. 60. – № 2. – P. 76–79.
6. Ksenevich, I.P. Nazemnyye tyagovo-transportnyye sistemy [Ground traction transport systems] / I.P. Ksenevich, V.A. Gberman, L.A. Gberman. – М.:, 2003 – 743 p. [In Russian]
7. Ksenevich I.P. Problema vozdeystviya na pochvu: nekotoryye rezul'taty issledovaniy [Problem of impact on the soil: some research results] / I.P. Ksenevich, V.A. Rusanov // Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny [Tractors and agricultural machines]. – 2000. – No. 1. – p. 15-20. [In Russian]
8. Gainullin, I.A. Effektivnost' raboty posevnykh kombinirovannykh agregatov [Effectiveness of the sowing combined units] / I.A. Gainullin, R.R. Khisametdinov A.V. Efimov // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva [Mechanization and electrification of agriculture]. – 2010. – No. 3. – P. 10-12. [In Russian]
9. Khaliullin, K.Z. Resursosberegayushchiye tekhnologii vozdeystviya zernovykh kul'tur v stepnykh agrolandshaftakh Respubliki Bashkortostan [Resource-saving technologies for the cultivation of grain crops in the steppe agrolandscapes of the Republic of Bashkortostan] / K.Z. Khaliullin, T.I. Kiebaev, S.A. Lukyanov, I.A. Gainullin // Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex]. – 2010 – No. 1. – P. 34-35. [In Russian]
10. Omar Gonzalez Cueto. Modelling in FEM the soil pressures distribution caused by a type on a Rhodic Ferralsol soil. / Gonzalez Cueto Omar, E. Iglesias Coronel, Ciro, Lopes Bravo Elvis and others // Journal of Terramechanics. – 2016. – Т. 63. – P. 61–67.
11. Ian W.P. Paulson. Development of a dynamic simulation model of a towed seeding implement / W.P. Paulson Ian, T. Dolovich Allan, D. Noble Scott. // Journal of Terramechanics. – 2018. – Т. 75. – P. 25–35.
12. Edwin P. Soft soil track interaction modeling in single rigid body tracked vehicle models / P. Edwin, K. Shankar, K. Kannan. // Journal of Terramechanics. – 2018. – Т. 77. – P. 1–14.
13. Gainullin I.A. Snizheniye uplotnyayushchego vozdeystviya gusenichnogo traktora na pochvu [Reducing sealing effect of caterpillar tractor on soil]: Thesis of PhD in Engineering: 05.20.01: protected on 04.19.02: approved on 09/06/02/ Gainullin Ilshat Anvarovich. – Chelyabinsk, 2002. – 159 p. [In Russian]
14. Issledovaniye vliyaniya raspolozheniya opornykh katkov gusenichnoy telezhki (ellipsnyy obvod) na tyagovo-dinamicheskiye pokazateli traktora B 10.01.01.7V (T-170M1.03-53) [The study of the influence of the location of the track rollers of the caterpillar truck (ellipse bypass) on the traction and dynamic performance of tractor B 10.01.01.7V (T-170M1.03-53)] [Text]: report on research: 148 / man. I.A. Gainullin; Spanish I.A. Gainullin [et al.]. – Chelyabinsk, 2001. – 63 p. [In Russian]
15. Sh. Taheri. A technical survey on Terramechanics models for tire–terrain interaction used in modeling and simulation of wheeled vehicles / Sh. Taheri, C. Sandu, S. Taheri and others // Journal of Terramechanics. 2015– Т. 57 – P. 1–22.
16. Algirdas Janulevičius. Effect of variations in front wheels driving lead on performance of a farm tractor with mechanical front-wheel-drive / Algirdas Janulevičius, Vidas Damanauskas, Gediminas Pupinis // Journal of Terramechanics. – 2018 – Т. 77 – P. 23–30.
17. Zeinab El-Sayegh. Improved tire-soil interaction model using FEA-SPH simulation / Zeinab El-Sayegh, Moustafa El-Gindy, Inge Johansson and others // Journal of Terramechanics. – 2018 – Т. 78. – P. 53–62.
18. Payam Farhadi. Potential of three-dimensional footprint mold in investigating the effect of tractor tire contact volume changes on rolling resistance / Payam Farhadi, Abdollah Golmohammadi, Ahmad Sharifi, Gholamhossein Shahgholi. // Journal of Terramechanics. – 2018. – Т. 78. – P. 63–72.

19. Shamrao. Estimation of terramechanics parameters of wheel-soil interaction model using particle filtering / Shamrao, Chandramouli Padmanabhan, Sayan Gupta and others // *Journal of Terramechanics*. – 2018. – Т. 79. – P. 79–95.
20. Becker, M.G. Vvedeniye v teoriyu sistem mestnost'-mashina [Introduction to theory of terrain-machine systems] / M.G. Becker. Trans. from Eng. – M.: Mechanical Engineering, 1973 – 520 p. [In Russian]
21. Wong, J. [Land Vehicle Theory] / Wong. J. Trans. from Eng. – M.: Mechanical Engineering, 1982. – 284 p. [In Russian]
22. Congbin Yang. A calculation method of track shoe thrust on soft ground for splayed grouser / Congbin Yang, Ligang Cai, Zhifeng Liu and others // *Journal of Terramechanics*. – 2016. – Т. 65. – P. 38–48.
23. Wang, M. Tractive performance evaluation of seafloor tracked trencher based on laboratory mechanical measurements. / Wang, M., Wang, X., Sun and others // *Int. J. Nav. Archit. Ocean*. – 2016. – Eng. 8 (2). – P. 177–187.
24. Gainullin, I.A. Uluchsheniye energeticheskikh i ekologicheskikh pokazateley gusenichnogo dvizhitelya traktora T-170M1.03-55 [Improving energy and environmental performance of tracked tractor mover T-170M1.03-55] / I.A. Gainullin, A.R. Zaynullin // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex]*. – 2017. – V. 31. – No. 2. – P. 69-72. [In Russian]
25. Gainullin, I.A. Metody otsenki raspredeleniya davleniya i pokazateley effektivnosti snizheniya uplotnyayushchego vozdeystviya dvizhiteley MTA na pochvu [Methods for assessing pressure distribution and indicators of effectiveness of reducing the sealing effect of MTA propulsion on the soil] / I.A. Gainullin // *Vestnik CHGAU [Bulletin of ChSAU]*. – Chelyabinsk, 2004. – V. 43. – P. 31-38. [In Russian]
26. Gainullin, I.A. Vliyaniye usloviy ekspluatatsii na intensivnost' iznosa gusenitsy traktora T-170M1.03-53 [The influence of operating conditions on the wear rate of the track of the tractor T-170M1.03-53] / I.A. Gainullin // *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Bashkir State Agrarian University]*. – Ufa, 2019. – No. 1 (49) – P. 121-126. DOI: 10.31563 / 1684-7628-2019-49-1-121-126. [In Russian]
27. Schildt, Herbert. C# 4.0: polnoye rukovodstvo [C # 4.0: A Complete Guide] / Schildt, Herbert: Per. from English - M.: LLC "I.D. Williams", 2011. - 1056 p.: Ill. - Paral. tit. English ..
28. Gainullin, I.A. Obosnovaniye geometrii opornoy poverkhnosti gusenichnogo dvizhitelya i tsentra tyazhesti traktora s poluzhestkoy podveskoy [Justification of the geometry of the supporting surface of the caterpillar mover and the center of gravity of the tractor with a semi-rigid suspension] / I.A. Gainullin // *Vestnik CHGAU [Bulletin of ChSAU]*. – Chelyabinsk, 2001. – V. 34. – P. 42-47. [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.009>

ПОЛИТИКА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Научная статья

Зависляк И.В.^{1*}, Кувылина Т.В.²

^{1, 2} МИРЭА — Российский технологический университет, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (zavislyak.i.v[at]edu.mirea.ru)

Аннотация

Обеспечение качества производимой продукции на современном этапе развития предприятия требует оценки рисков по широкому спектру предполагаемых воздействий, в частности, требуется оценивать вопросы информационной безопасности исполняемых проектов как с точки зрения наличия внешних угроз, так и с точки зрения существования внутренних угроз. В статье предложены методы разработки документации системы менеджмента качества организации, которая включает в себя в качестве основного документа политику информационной безопасности предприятия.

Ключевые слова: управление информационной безопасностью, политика информационной безопасности, системы менеджмента качества.

COMPANY INFORMATION SECURITY POLICY

Research Article

Zavislyak I.V.^{1*}, Kuvylina T.V.²

^{1, 2} MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

*Corresponding author (zavislyak.i.v[at]edu.mirea.ru)

Abstract

Ensuring product quality at the present stage of company development requires a risk assessment for a wide range of expected impacts, in particular, it is required to assess the information security issues of executed projects both from the point of view of the presence of external threats and from the point of view of internal threats existence. The paper suggests methods for developing documentation of the organization quality management system, which includes the company information security policy as the main document.

Keywords: information security management, information security policy, quality management system.

Управление информационной безопасностью как часть системы управления современным предприятием в настоящее время активно исследуется с точки зрения внедрения новых технологий [1], использования и классификации мер по предотвращению угроз, которые могут привести к нарушению конфиденциальности, разрушению целостности или ограничению доступности имеющейся или накопленной информации [2], применение различных моделей описания предприятия, как, например, выявление уровня зрелости [3] с целью выявления имеющихся внутренних угроз и обеспечения наиболее эффективного противостояния этим угрозам, совершенствование нормативно-правового регулирования с целью обеспечения информационной безопасности [4], обеспечение планирования производственных процессов [5]. Разработка вопросов управления, которые решаются на современном уровне при помощи систем менеджмента качества [6], позволяет дать рекомендации для создания систем управления информационной безопасностью [7] как части интегрированной системы менеджмента современного предприятия радиоэлектронной отрасли.

Программа обеспечения информационной безопасности предприятия должна в первую очередь опираться на изучение контекста организации, подробный анализ бизнес-процессов и соответствующей бизнес-среды с учетом перспектив развития современной радиоэлектроники. К наиболее важным процессам и объектам, которые требуют управления и отражения в политике информационной безопасности, следует отнести следующие:

- доступ к информации и функции ограничения этого доступа, то есть те, которые предусматривают предоставление доступа только тем лицам, которые были соответствующим образом распознаны или выявлены;

- подотчетность любого объекта, то есть возможность однозначно проследить соответствующие действия, а также (в соответствии со стандартами менеджмента качества) управлять документами, которые описывают, регламентируют и отражают указанные действия;

- оповещение о нарушениях системы безопасности, которые должны иметь ранжирование или шкалирование, позволяющее использовать мощный аппарат предупреждающих и корректирующих действий, которые подробно разработаны в системах менеджмента качества и активно используются в интегрированных системах менеджмента;

- ценности организации, к которым следует относить не только материальные ценности и технологии, но и ценности, которые могут быть выражены в организационной культуре или микроклимате, созданном в отдельном подразделении или даже на отдельном рабочем месте, что особенно важно для осуществления поверхностного монтажа и обеспечения качества электронных средств на всех стадиях производства;

- процесс осуществления проверок или внутреннего аудита, а также выделенный отдельно процесс документирования порядка проведения и результатов указанных проверок с обязательным прямым указанием на основной документ (или комплекс документов), который отражает основные полученные сведения и соответствующую хронологию;

- процесс признания идентичности, который должен быть распространен не только на признание аутентичности электронной компонентной базы и работающего персонала, но и на признание аутентичности информационных потоков, включающих в себя указания и распоряжения руководства или смежных служб;

- доступность информационно ценных объектов — это свойство сходно с активно используемым в системах

менеджмента качества свойством доступности компонентов на каждом входе, выходе или при осуществлении процесса производства электронных средств, когда весь процесс производства распределен по нескольким предприятиям отрасли;

– процесс создания и хранения резервных копий информации, который также сходен с аналогичным процессом при обеспечении качества электронных средств;

– процесс распознавания личности по биометрическим данным, а также плотно связанные с ним процессы создания, хранения и преобразования соответствующих баз данных, что также имеет аналоги в системах менеджмента качества в радиоэлектронной отрасли;

– процесс ранжирования или классификации информации, включающий в себя имеющуюся или (что является наиболее актуальной частью этого процесса) хронологически изменяющуюся схему, на основании и в соответствии с которой созданная или используемая система должна обеспечить адекватное реагирование на возникшую угрозу или возможность;

– процесс обеспечение конфиденциальности, то есть описание реакций системы, связанных с отказом в доступе для нераспознанных (или неавторизованных) пользователей, а также дополнительные действия, которые могут быть применены в случае распознавания применения активных схем построения запросов с целью получения сведений об имеющихся или предполагаемых путях обхода системы информационной защиты.

Политика информационной безопасности организации включает в себя, кроме перечисленных выше процессов и объектов, набор руководящих принципов, практических методов и процедур, а также совокупность правил информационной безопасности, которые предназначены для использования при обеспечении соответствующей деятельности предприятия.

В заключение следует отметить, что разработка политики информационной безопасности и внедрение на её основе программы информационной безопасности в интегрированную систему менеджмента или (при отсутствии таковой) в систему менеджмента качества предприятия в качестве одного из основных документов при обеспечении управления соответствующими действиями по достижению поставленных целей в этой области позволит снизить или предусмотреть своевременное реагирование на риски, связанные с деятельностью в как на уровне государства, так и при выходе на международный рынок.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Сизов В.А. Проблемы внедрения siem-систем в практику управления информационной безопасностью субъектов экономической деятельности / В.А. Сизов, А.Д. Киров // Открытое образование. – 2020. – Т. 24. – № 1. – С. 69–79.
2. Исаева М.Ф. О внутренних угрозах информационной безопасности / М.Ф. Исаева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 5-1 (83). – С. 26–28.
3. Поляничко М.А. Применение модели зрелости для противодействия инсайдерским угрозам информационной безопасности / М.А. Поляничко // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 4-1 (82). – С. 57–59.
4. Малюк А.А. Формирование цифровой экономики и проблемы совершенствования нормативно-правового регулирования в области обеспечения информационной безопасности / А.А. Малюк, А.В. Морозов // Безопасность информационных технологий. – 2019. – Т. 26. – № 4. – С. 21–36.
5. Назаренко М.А. Разработка методов и средств планирования производственных процессов / М.А. Назаренко, М.М. Фетисова // Организатор производства. – 2014. – № 4 (63). – С. 26–34.
6. Назаренко М.А. Разработка методов и средств управления производственными процессами и их результатами / М.А. Назаренко, М.М. Фетисова // Научное обозрение. – 2014. – № 8-3. – С. 1155–1159.
7. Сиротюк В.О. Модели, методы и средства разработки и внедрения эффективной системы управления информационной безопасностью патентного ведомства / В.О. Сиротюк // Интернет-журнал Науковедение. – 2017. – Т. 9. – № 6. – С. 5.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Sizov V.A. Problemy vnedreniya siem-sistem v praktiku upravleniya informatsionnoy bezopasnost'yu sub'yektov ekonomicheskoy deyatel'nosti [Problems of siem system implementing in practice of managing information security of economic entities] / V.A. Sizov, A.D. Kirov // Otkrytoye obrazovaniye [Open Education]. – 2020. – V. 24. – No. 1. – P. 69-79. [in Russian]
2. Isaeva M.F. O vnutrennikh ugrozakh informatsionnoy bezopasnosti [On internal threats to information security] / M.F. Isaeva // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Research Journal]. – 2019. – No 5-1 (83). – P. 26-28. [in Russian]
3. Polyanichko M.A. Primeneniye modeli zrelosti dlya protivodeystviya insayderskim ugrozam informatsionnoy bezopasnosti [Application of maturity model to counter insider threats to information security] / M.A. Polyanichko // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Research Journal]. – 2019. – No 4-1 (82). – P. 57-59. [in Russian]
4. Malyuk A.A. Formirovaniye tsifrovoy ekonomiki i problemy sovershenstvovaniya normativno-pravovogo regulirovaniya v oblasti obespecheniya informatsionnoy bezopasnosti [Forming digital economy and problems of improving legal regulation in field of ensuring information security] / A.A. Malyuk, A.V. Morozov // Bezopasnost' informatsionnykh tekhnologiy [Information Technology Security]. – 2019. – Vol. 26. – No. 4. – P. 21-36. [in Russian]
5. Nazarenko M.A. Razrabotka metodov i sredstv planirovaniya proizvodstvennykh protsessov [Development of means and methods of production processes planning] / M.A. Nazarenko, M.M. Fetisova. // Organizator proizvodstva [Production Organizer]. – 2014. – No. 4 (63). – P. 26-34. [in Russian]

6. Nazarenko M.A. Razrabotka metodov i sredstv upravleniya proizvodstvennymi protsessami i ikh rezul'tatami [Development of means and methods of production processes controlling and their results] / M.A. Nazarenko, M.M Fetisova. // Nauchnoye obozreniye [Scientific Review]. – 2014. – No. 8-3. – P. 1155-1159. [in Russian]
7. Sirotyuk V.O. Modeli, metody i sredstva razrabotki i vnedreniya effektivnoy sistemy upravleniya informatsionnoy bezopasnost'yu patentnogo vedomstva [Models, methods and tools for development and implementation of effective information security management system of patent office] / V.O. Sirotyuk // Internet-zhurnal Naukovedeniye [Internet Journal of Science]. – 2017. – V. 9. – No. 6. – P. 5. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.010>

ИССЛЕДОВАНИЕ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ БАРАБАННОГО ТИПА С ИНФРАКРАСНЫМ ИСТОЧНИКОМ ТЕПЛА

Научная статья

Юнин В.А.^{1*}, Зыков А.В.², Захаров А.М.³, Перекопский А.Н.⁴

¹ORCID: 0000-0002-8111-1727;

²ORCID: 0000-0002-3435-7468;

³ORCID: 0000-0003-3501-0543;

⁴ORCID: 0000-0003-0998-2306;

^{1, 2, 3, 4} Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства - филиал ФГБНУ
ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия

*Корреспондирующий автор (vim_iaep[at]mail.ru)

Аннотация

Обоснование параметров и внедрение новых экологически безопасных операций и технических средств в технологиях заготовки кормов является актуальной проблемой, имеющей важное научно-производственное значение. Целью исследования являлось обоснование эффективных режимов работы барабанной сушильной установки с инфракрасным источником тепла для получения кормовой добавки из трав. В результате проведенного поискового эксперимента установлено, что сушильная установка способна обеспечить полноценную сушку измельченного растительного сырья при использовании инфракрасного источника тепла, являющимся эффективным при сушке травы для получения витаминных кормовых добавок, обеспечивая снижение стоимости сбалансированных кормовых рационов для высокопродуктивных животных, за счет снижения энергетических затрат на удаление влаги из травы и сохранение биологически активных ингредиентов в высушенной траве.

Ключевые слова: измельченное растительное сырье, сушилка барабанного типа, сушка, инфракрасное излучение.

RESEARCH OF DRUM INSTALLATION OF DRUM TYPE WITH INFRARED HEAT SOURCE

Research article

Yunin V.A.^{1*}, Zykov A.V.², Zakharov A.M.³, Perekopsky A.N.⁴

¹ORCID: 0000-0002-8111-1727;

²ORCID: 0000-0002-3435-7468;

³ORCID: 0000-0003-3501-0543;

⁴ORCID: 0000-0003-0998-2306;

^{1, 2, 3, 4} Institute of Agro-engineering and Ecological Problems of Agricultural Production - Branch of the Federal State
Budgetary Institution of Higher Vocational Education and Science, St. Petersburg, Russia

*Correspondent author (vim_iaep[at]mail.ru)

Abstract

Justification of the parameters and the introduction of new environmentally friendly operations and technical means in the technologies of fodder storage is an urgent problem of great scientific and industrial importance. The aim of the study was to substantiate effective modes of operation of a drum dryer with an infrared heat source to obtain a feed additive from grass. As a result of the search experiment, it was found that the drying unit is capable of fully drying crushed vegetable raw materials using an infrared heat source, which is effective in drying grass to obtain vitamin feed additives, while reducing the cost of balanced feed rations for highly productive animals by means of reducing energy costs and removing moisture from grass and preserving biologically active ingredients in the dried grass.

Keywords: shredded vegetable resources, drum-type dryer, drying, infrared radiation.

Введение

На сушку различных продуктов, не только в отрасли АПК, в барабанных сушилках влияние оказывают конструктивные параметры и режимы работы самого барабана. Наиболее существенные из них – это диаметр барабана, его частота вращения, количество, размер и форма лопастей, участвующих в перемещении материала [1]. Ведутся исследования по применению новых источников тепла, работоспособность которых напрямую зависит от конструкций и принципов работы сушильного оборудования. Также при использовании различных приемов учитывается характеристика исходного материала, почвенно-климатические условия и требования к качеству конечного продукта.

Известна классификация способов обезвоживания продуктов, используемых в перерабатывающих отраслях АПК [2].

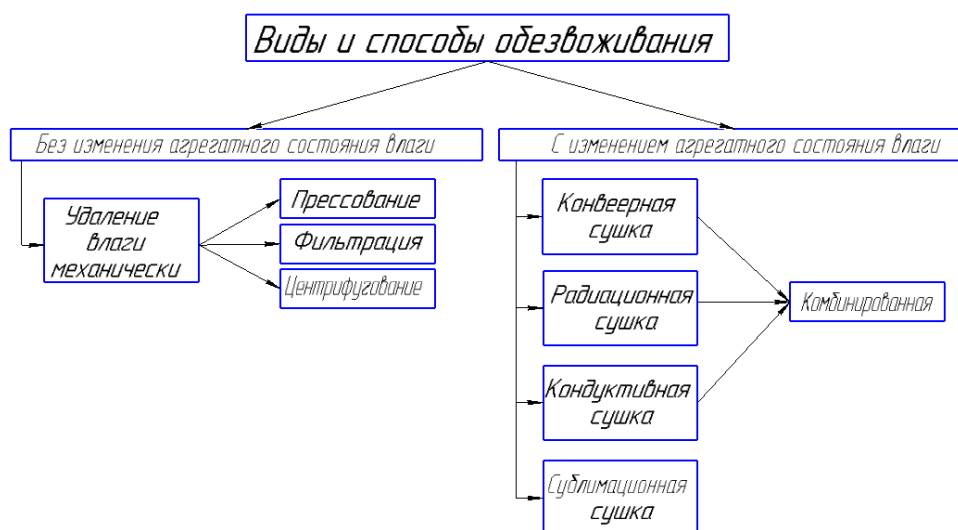


Рис. 1 – Наиболее распространенные виды и способы обезвоживания

Тепловые способы, использующие конвекцию, кондукцию или электромагнитные излучения и реализуемые в различных конструктивных исполнениях сушильных установок, позволяют существенно интенсифицировать процессы сушки, но являются достаточно энергоемкими. Высокая энергоемкость процесса сушки требует совершенствования технологий, обеспечивающих энергосбережение при высоком качестве выпускаемой продукции и экологической чистоте производств. К основным задачам процесса сушки в перерабатывающих производствах АПК относятся: интенсификация сушки материалов; поддержание максимально допустимой и стабильной температуры; создание энергосберегающего сушильного оборудования и др.

Цель исследования: обосновать эффективные режимы работы экспериментальной барабанной сушильной установки с инфракрасным источником тепла для получения кормовой добавки из измельченного растительного сырья.

По мнению ряда исследователей, [3], [4] использование для сушки источника тепла с инфракрасными лучами, обладающего рядом преимуществ по сравнению с другими способами сушки, позволяет сократить продолжительность обработки. Однако, нагрев материала ИК (инфракрасным) излучением происходит более интенсивно по сравнению с конвекцией и теплопроводностью, поэтому при длительном использовании облучения влага из высушиваемых изделий будет удаляться очень быстро, что может привести при отсутствии регулирования температуры к нарушению целостности материала.

Общие сведения об ИК излучении и возможностях теплообмена с его участием изложены в работах [3], [5]. Важнейшим фактором при сушке является не только установленная мощность самого источника ИК излучения, но и потребляемый расход электроэнергии. Волновой характер ИК излучения и явления электромагнитного резонанса при взаимодействии излучения с веществом, могут многократно увеличивать воздействие излучения на расстояниях, кратных длине волны [6].

Для высушивания растительного сырья в сельскохозяйственной отрасли, помимо ленточных и лотковых сушилок используются барабанные сушилки. Исследования, проводимые в данном направлении, в основном касаются совершенствования отдельных элементов существующего способа и конструкции в зависимости от их пропускной способности. Так, в работе [7] на экспериментальной барабанной сушильной установке с помощью методов планирования эксперимента, исследовалось влияние режимов и параметров на удельные затраты энергии на испарение влаги из зерен ржи: скорости движения зерна в зоне сушки, скорости движения потока воздуха и средней температуры греющей поверхности. С конструктивно-технологических позиций используемое техническое решение для сушки не может считаться эффективным и энергосберегающим, поскольку имеет существенную металлоемкость и достаточно высокие тепловые потери.

По способу подвода тепла барабанные сушилки делятся на сушилки прямого действия конвективные, контактные и комбинированные. Сушильная камера представляет собой наклонный барабан, вращающийся со скоростью 0,5...8 мин⁻¹. Внутри барабана установлены лопасти, обеспечивающие равномерное распределение высушиваемого материала по сечению барабана [8].

В настоящее время, как подчеркивается в работе [9] недостаточно внимания уделяется проектированию новых конструктивно-технологических схем сушильных аппаратов с вращающимся барабаном.

Методы и принципы исследования

По результатам анализа существующих технологий и технических средств, для получения кормовых добавок из трав разработана экспериментальная барабанная сушильная установка с инфракрасным источником тепла (рисунок 2).

Установка представляет собой барабан, находящийся под небольшим наклоном, цилиндрической формы с тремя бандажами для жесткости цилиндра. Центральный бандаж центрирует и предотвращает осевое смещение барабана за счет двух опорных роликов установленных на ремне.

Через загрузочное окно измельченная масса попадает во внутрь барабана. Под воздействием направленного потока воздуха от вентилятора и вращения барабана измельченное сырье перемещается к выгрузному окну. Внутри барабана, по всей длине, установлена раampa с инфракрасными лампами, которая направлена на измельченную клеверо-

тимофеечную растительную массу под углом 225 градусов по направлению вращения барабана. Насыщенный воздух от измельченного сырья рекуперировать между барабаном и наружной стенкой сушилки к вентилятору, который установлен по ходу сушилки. Время пребывания измельченного сырья в сушилке регулируется за счет скорости транспортировки массы которая зависит от наклона барабана, скоростей вращения барабана и вентилятора.

При планировании многофакторного эксперимента на основе аналитических исследований для лабораторной установки были выбраны следующие управляемые факторы: подача материала V_m (кг/мин); расход воздуха V_g (м³/ч) и температура на выходе из камеры барабана (°C).). Выбранные факторы оказывают наиболее существенное влияние на качество технологического процесса сушки измельченного растительного сырья. Предельные значения этих факторов установлены из результатов ранее проведенных однофакторных поисковых исследований.

Уровни факторов, интервалы их варьирования и матрица эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Интервалы и уровни варьирования факторов

| Факторы | Кодовое обозначение | Интервал варьирования, Е | Уровни варьирования | | |
|--|---------------------|--------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| | | | Нижний уровень | Средний уровень | Верхний уровень |
| Подача материала V_m (кг/мин) | X1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| Расход воздуха V_g (м ³ /ч) | X2 | 50 | 100 | 150 | 200 |
| Температура (°C) | X3 | 30 | 40 | 70 | 100 |

Созданная с учетом этих требований экспериментальная установка показана на рисунке 2, в дальнейшем будет как один из элементов комплекса по приготовлению полнорационных сбалансированных добавок в рацион.



Рис. 2 – Экспериментальный образец барабанной сушилки с инфракрасным источником тепла

В данной установке, барабан является одновременно ворошителем и транспортером массы. Время пребывания массы травы в сушилке регулируется за счет скорости транспортировки массы с помощью наклона барабана, скорости вращения барабана и скорости воздуха от вентилятора.

Основные результаты

На данном этапе реализован поисковый эксперимент определения влияния основных факторов на ход процесса сушки, характеризуемый величиной удельной производительности (q , кг/м²ч). В результате исследований оптимальными (для рассматриваемых значений факторов) параметрами и режимами сушки травы влажностью 75...85% являются: температура в барабане не более 100°C; температура измельченной растительной массы на выходе из барабана не более 56 °C; скорость воздуха $V=3...5$ м/с и удельная загрузка сушильной камеры до 1,88 кг с.в./м²(не более 3кг/мин).

При разработке барабанной сушилки исходили из требования повышения индекса гибкости конструкции по режимам тепловой обработки и виду продукции, что позволило создать универсальный агрегат, который можно будет использовать для сушки различных видов сельскохозяйственного сырья. За оценочные показатели энергозатрат в соответствии с ГОСТ Р 51380-99 приняты: абсолютное значение потребляемой мощности в зависимости от температуры сушки; удельная величина потребляемых энергетических ресурсов.

В ходе проведения исследования сушки измельченного растительного сырья в барабанной сушилке удалось: контролировать два основных параметра сушки сырья: влажность и температура нагрева, установить оптимальные температурные режимы, при которых не допускается снижение качества сырья в процессе сушки (по органолептическому методу), проводить процесс с максимальной интенсивностью, анализировать полученные данные и контролировать процесс сушки в реальном времени.

В качестве источника излучения для использования в барабанной сушилке выбраны лампы типа ИКЗ (инфракрасные зеркальные) мощностью 250 Вт, обеспечивающие теплоподвод в широком диапазоне температур. Установлено, что изменение температуры в зависимости от потребляемой мощности излучателей носит линейный характер, при этом потребляемая мощность в диапазоне температур сушки в 2-2,5 раза меньше их установленной мощности [10].

Экспериментально определена величина рабочего зазора между источниками излучения и поверхностью конвейера сушилки, она равная 400 мм. Установлено, что при номинальной суммарной мощности нагревателя 10 кВт максимальная температура растительной массы на выходе 56°C. Для достижения этой температуры требуемый расход электроэнергии составляет не более 10 кВтч, а на поддержание – 2,21 кВтч.

По результатам проведенных исследований разработан и изготовлен экспериментальный образец барабанной сушилки, обеспечивающий направленное инфракрасное излучение.

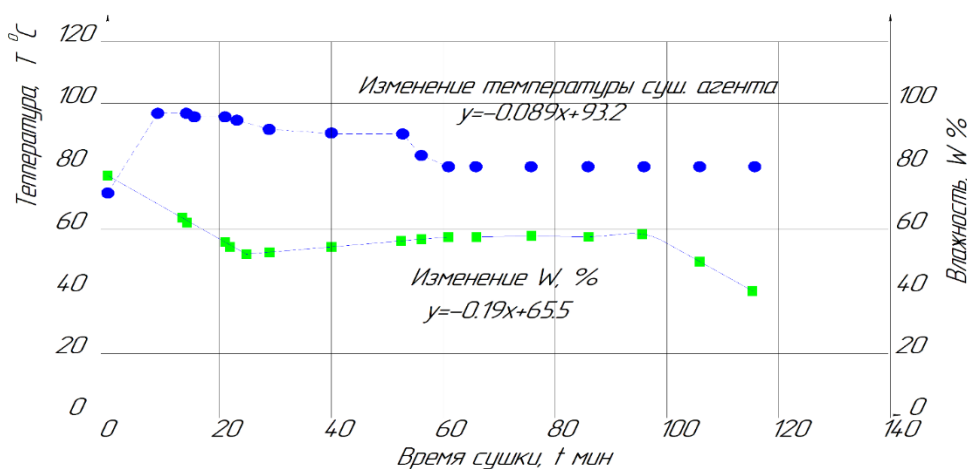


Рис.3 – Зависимости изменения температуры сушильного агента и влажности измельченной растительной массы.

Обсуждение

Сушка растительных материалов представляет собой сложный комплекс явлений, развивающихся как внутри высушиваемых материалов, так и в среде сушильной камеры. Все эти явления развиваются не изолированно друг от друга, а в тесном взаимодействии. Анализ этих явлений и их взаимного влияния вскрывает механизм переноса тепла и влаги и позволяет установить аналитические закономерности процесса сушки.

Для экономного расходования электроэнергии на процесс удаления влаги должны широко внедряться установки с инфракрасным источником тепла, базирующиеся на обобщении практического опыта, результатов научных исследований и координации указанных работ в процессе рационального комплексного решения вопросов теории, технологии и экономики использования радиационных источников тепла для интенсификации процесса сушки.

Выводы

Главным достоинством процесса сушки с инфракрасным источником тепла является более высокая скорость удаления влаги в сравнении с конвективной сушкой. Преимуществом данной сушилки является то, что барабан является активным органом, растительная масса постоянно перемешивается, тем самым ИК - излучению подвергается не только верхний слой, а вся масса.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Юнин В. А. Процесс сушки измельченного растительного материала в барабанной сушилке / В. А. Юнин, А. М. Захаров, Н. Н. Кузнецов, А. В. Зыков // Известия НВ АУК. 2020. 1(57). С. 335-349. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-33.
2. Авроров Г.В. Сокращение энергетических затрат сушки капиллярно-пористых материалов растительного происхождения за счет направленного подвода инфракрасного излучения: дис. ... кандидата технических наук: 05.20.01 защищена 17.10.14 / Авроров Глеб Валерьевич – Пенза: Пенз. гос. с.-х. акад., 2014. - 181 с.
3. Алтухов И. В. Технология обработки сельскохозяйственного сырья растительного происхождения тепловым излучением / Алтухов И. В., Федотов В. А., Очиров В. Д. // монография. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2019. 144 с.
4. Повышение эффективности сушки продуктов растительного происхождения за счет инфракрасно-конвективного воздействия дис. ... кандидата технических наук: 05.20.02, защищена 24.12.10 / Лягина Людмила Александровна - Саратов, 2010. - 137 с.
5. Зыков А.В. Использование робототехнических средств в АПК / А.В. Зыков, В.А. Юнин, А.М. Захаров // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 3 (81). С. 8-11.
5. Авроров В. А. Модульная барабанная сушилка с ИК нагревом продукта / Авроров В. А., Смольянова А. П. // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2017. № 02 (36)/03 (37). С. 8-14.
6. Алтухов И. В. Импульсные излучатели для сушки растительного сырья / И. В. Алтухов, Н. В. Цугленок // Актуальные вопросы аграрной науки. 2018. № 27. С. 5-12. DOI: 10.36718/1819-4036-2019-11-158-164.
7. Luthra K., Sadaka S., Atungulu G. Experimental Study of Drying Rough Rice in a Fluidized Bed Exposed to Heating and Hold-up Duration. 2018.
8. Вобликова, Т. В. Процессы и аппараты пищевых производств : учебное пособие / Т. В. Вобликова, С. Н. Шлыков, А. В. Пермяков. - Ставрополь : АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2013. - 212 с. - ISBN 978-5-9596-0958-0.
9. Rudobashta S. Mass Conductivity of Capillary-Porous Colloidal Materials Subjected to Convective Drying / S. Rudobashta, G. Zueva, E. Muravleva, V. Dmitriev // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2018. 91. P. 1-9. 10.1007/s10891-018-1808-x.
10. Buyanova I. V. Pulsed infrared radiation for drying raw materials of plant and animal origin / I. V. Buyanova, I. V. Altukhov, N. V. Tsuglenok, O. V. Krieger, E. V. Kashirskih // Foods and Raw Materials. 2019. Vol. 7. No. 1. P. 151–160.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Yunin V. A. Process sushki izmel'chennogo rastitel'nogo materiala v barabannoj sushilke [The process of drying the crushed plant material in a drum dryer] / V. A. Yunin, A. M. Zaxarov, N. N. Kuznecov, A. V. Zy'kov // Izvestiya NV AUK. 2020. 1(57). P. 335-349. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-33. [in Russian]
2. Avrorov G.V. Sokrashhenie e`nergeticheskix zatrat sushki kapillyarno-poristy`x materialov rastitel'nogo proisxozhdeniya za schet napravlenno go podvoda infrakrasnogo izlucheniya [Reducing the energy cost of drying capillary-porous materials of plant origin due to the directed supply of infrared radiation]: dis. ... kandidata texnicheskix nauk: 05.20.01 zashhishhena 17.10.14 / Avrorov Gleb Valer`evich – Penza: Penz. gos. s.-x. akad., 2014. - 181 p. [in Russian]
3. Altuhov I. V. Tehnologiya obrabotki sel'skoxozyaj-stvennogo syr'ya rastitel'nogo proisxozhdeniya teplovym izlucheniem [The technology of processing agricultural raw materials of plant origin by thermal radiation] / I. V. Altuhov, V. A. Fedotov, V. D. Ochirov //: monografiya. Molodezhnyj: Irkutskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. A. A. Ezhevskogo, 2019. 144 p.
4. Zy'kov A.V. Ispol'zovanie robototexnicheskix sredstv v APK [The use of robotic tools in the agricultural sector] / A.V. Zy'kov, V.A. Yunin, A.M. Zaxarov // Mezhdunarodny`j nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. 2019. № 3 (81). P. 8-11. [in Russian]
5. Avrorov V. A. Modul'naya barabannaya sushilka s IK nagrevom produkta [A modular drum dryer with IR heating of the product] / V. A. Avrorov, A. P. Smol'yanova // XXI vek: itogi proshlogo i problemy` nastoyashhego plyus. 2017. № 02 (36)/03 (37). S. 8-14. [in Russian]
6. Altuxov I. V. Impul'sny`e izluchateli dlya sushki rastitel'nogo sy'r'ya [Pulse emitters for drying plant materials] / I. V. Altuxov, N. V. Czuglenok // Aktual'ny`e voprosy` agrarnoj nauki. 2018. № 27. P. 5-12. DOI: 10.36718/1819-4036-2019-11-158-164. [in Russian]
7. Luthra K., Sadaka S., Atungulu G. Experimental Study of Drying Rough Rice in a Fluidized Bed Exposed to Heating and Hold-up Duration. 2018.
8. Voblikova, T. V. Processy` i apparaty` pishhevy`x proizvodstv [Processes and Food Production Equipment]: uchebnoe posobie / T. V. Voblikova, S. N. Shly`kov, A. V. Permyakov. - Stavropol': AGRUS Stavropol'skogo gos. agrarnogo un-ta, 2013. - 212 p. [in Russian]
9. Mass Conductivity of Capillary-Porous Colloidal Materials Subjected to Convective Drying / S. Rudobashta, G. Zueva, E. Muravleva, V. Dmitriev // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2018. 91. P. 1-9. 10.1007/s10891-018-1808-x.
10. Buyanova I. V. Pulsed infrared radiation for drying raw materials of plant and animal origin / I. V. Buyanova, I. V. Altukhov, N. V. Tsuglenok, O. V. Krieger, E. V. Kashirskih // Foods and Raw Materials. 2019. Vol. 7. No. 1. P. 151–160.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.011>**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАГУСТИТЕЛЯ И ЗАМЕДЛИТЕЛЯ СХВАТЫВАНИЯ НА СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ**

Научная статья

Кидакоев М.М.¹, Крымова В.Г.², Кидакоева М.М.^{3*}^{1, 2} Северо-Кавказская Государственная Академия, г. Черкесск, Россия;³ Невинномысский Государственный Гуманитарно-Технический институт, г. Невинномысск, Россия

* Корреспондирующий автор (meremhan2377[at]mail.ru)

Аннотация

Представлены статистические методы математического моделирования строительно-технологических свойств сухих строительных смесей (ССС) на примере гипсовой штукатурной смеси. Представлен план многофакторного исследования влияния загустителя и замедлителя схватывания на предел прочности при сжатии, при изгибе и прочности сцепления. Разработаны полнофакторные планы двухфакторной модели, при минимальном (0,02%; 0,04%) и максимальном (0,2%; 0,1%) уровне дозировки загустителя и замедлителя схватывания соответственно. Получены уравнения регрессии выходных параметров в виде полинома второй степени с применением регрессионного и корреляционного анализа экспериментальных данных. Получены уравнения нелинейной регрессии. Представлены результаты корреляционного и регрессионного анализа.

Ключевые слова: математическая модель, строительно-технологические свойства, функциональные добавки, факторы, многофакторный эксперимент, варьирование, исследование, корреляционный анализ, регрессионный анализ, коэффициент множественной корреляции, стандартизированный коэффициент, коэффициенты регрессии.

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THICKENING AND RETARDING AGENTS ON THE BUILDING AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF DRY BUILDING MIX

Research article

Kidakoev M.M.¹, Krymova V.G.², Kidakoeva M.M.^{3*}^{1, 2} North Caucasian State Academy, Cherkessk, Russia;³ Nevinnomyssk State Humanitarian-Technical Institute, Nevinnomyssk, Russia

* Correspondent author (meremhan2377[at]mail.ru)

Abstract

The article presents statistical methods of mathematical modeling of construction and technological properties of dry building mixtures (DBM) with the help of plaster stucco used as an example. A multifactorial study plan of the effect of a thickening and retarding agent on compressive strength, bending, and adhesion strength is presented. Full-factor designs for a two-factor model are developed, with a minimum (0.02%; 0.04%) and maximum (0.2%; 0.1%) dosage level of the thickening and retarding agent, respectively. The regression equations of the output parameters are obtained in the form of a polynomial of the second degree using regression and correlation analysis of the experimental data. Equations of non-linear regression are obtained. The results of correlation and regression analysis are presented.

Keywords: mathematical model, construction and technological properties, functional additives, factors, a multifactorial experiment, variation, research, correlation analysis, regression analysis, multiple correlation coefficient, standardized coefficient, regression coefficients.

Введение

В настоящее время во время проведения самых различных ремонтных или строительных работ применяются сухие строительные смеси. Смеси сухие могут быть использованы для выравнивания различных поверхностей, для плиточных и кладочных работ, для шпаклевочных и изоляционных работ [3], [4].

Изготовление сухих строительных смесей происходит в заводских условиях. Для каждого отдельного вида строительных работ существует свой собственный рецепт приготовления смеси. Эти рецепты содержат ингредиенты и пропорции, которые необходимы для приготовления смесей. Как известно, от ингредиентов, входящих в состав смеси, зависят ее свойства [6], [9].

Применительно к растворам, с помощью функциональных добавок регулируют: скорость твердения (сроки набора прочности); прочность при сжатии и изгибе; прочность клеевого шва (прочность сцепления); общую и капиллярную пористость; деформации усадки и расширения; плотность; гидрофобность; долговечность (атмосферостойкость, водостойкость, морозостойкость, химическую и биохимическую стойкость) [7], [5].

Методы и принципы исследования

В настоящей статье представлено исследование влияния загустителя и замедлителя схватывания на строительно-технологические свойства гипсовой штукатурной смеси (ГШС).

Экспериментальные исследования основных технологических и свойств ГШС проведены в лабораторных условиях испытательного центра ООО Черкесскстром «ЛИТОКС» г. Черкесска в 2019-2020 годах.

В ходе проведения экспериментальных исследований строительно-технологических свойств ГШС были систематизированы сочетания исследуемых факторов (загустителя и замедлителя схватывания) в виде двух планов двухфакторного опыта на двух уровнях (2×2) [1], [2].

Первый план соответствует минимальной дозировке водоудерживающих ($X_2 = 0,1\%$) и порообразующих ($X_1 = 0,005\%$) добавок.

Второй план соответствует максимальной дозировке соответствующих добавок ($X_2 = 0,2\%$, $X_1 = 0,05\%$).

Разработанные таким образом планы экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Матрица исходных данных проведения исследований влияния загустителя X_3 и замедлителя схватывания X_4 на строительно-технологические свойства ГПС

| Факторы и функции отклика | Добавки | | Регистрируемые параметры | | | | | |
|---------------------------|-------------|-------------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| № опыта | Загуститель | Замедлитель схватывания | Предел прочности при сжатии | | Предел прочности при изгибе | | Прочность сцепления (адгезия) | |
| Код: X_0 | X_3 | X_4 | Y_4 | | Y_5 | | Y_6 | |
| Ед. изм. | % | % | МПа | | МПа | | МПа | |
| В. уровень | 0,2 | 0,1 | Значение | % изменения | Значение | % изменения | Значение | % изменения |
| Н. уровень | 0,02 | 0,04 | | | | | | |
| С. уровень | 0,11 | 0,07 | | | | | | |
| 1 | 0,02 | 0,04 | 1,430 0,760 | -47 | 0,059 0,032 | -46 | 0,300 0,350 | 17 |
| 2 | 0,20 | 0,10 | 2,070 0,430 | -79 | 0,087 0,018 | -79 | 0,487 0,150 | -69 |
| 3 | 0,02 | 0,10 | 2,160 0,685 | -68 | 0,090 0,029 | -68 | 0,283 0,500 | 77 |
| 4 | 0,20 | 0,04 | 0,725 0,670 | -8 | 0,030 0,028 | -7 | 0,417 0,460 | 10 |

Примечание. Верхние значения в ячейках регистрируемых параметров соответствуют нижнему уровню дозировки факторов $X_2=0,1\%$; $X_1=0,005\%$, нижние значения верхнему уровню дозировки соответствующих факторов $X_2=0,2\%$; $X_1=0,05\%$

Статистический анализ полученного массива данных производится при помощи пакета прикладных программ «STATISTIKA», «Пакет анализа» и «Поиск решения» в MS Excel и имеет цель получить уравнение регрессии и установить степень влияния каждого фактора на основной показатель строительно-технологических свойств для двух вышеуказанных планов.

Основные результаты

Уравнения регрессии, характеризующие поверхность отклика зависимости от дозировки загустителя и замедлителя схватывания, были получены в виде полинома второй степени и имеют вид:

- для минимального уровня дозировки факторов $X_2=0,1\%$; $X_1=0,005\%$

$$Y_4 = 1,0826 - 10,0379 \cdot X_3^2 + 123,5119 \cdot X_4^2 \quad (1)$$

$$Y_5 = 0,044281 - 0,40404 \cdot X_3^2 + 5,23 \cdot X_4^2 \quad (2)$$

$$Y_6 = 0,27 + 4,05303 \cdot X_3^2 + 3,154762 \cdot X_4^2 \quad (3)$$

- для максимального уровня дозировки факторов $X_2=0,2\%$; $X_1=0,05\%$

$$Y_4 = 0,833 - 4,3561 \cdot X_3^2 - 18,75 \cdot X_4^2 \quad (4)$$

$$Y_5 = 0,035064 - 0,189394 \cdot X_3^2 - 0,77381 \cdot X_4^2 \quad (5)$$

$$Y_6 = 0,48145 - 3,0303 \cdot X_3^2 - 9,52381 \cdot X_4^2 \quad (6)$$

Как видно из уравнения регрессии, предел прочности при сжатии и изгибе более чувствителен к изменению дозировки замедлителя схватывания X_4 . Значения коэффициентов регрессии перед переменной X_4 , для всех уравнений имеет наибольшее значение и составило (123,5119; 5,23; 3,154762; -18,75; -0,77381; -9,52381 соответственно)

Анализируя показатели корреляционного и регрессионного анализа представленных в таблице 2 можно отметить следующее:

1. Достаточно высокие значения коэффициентов детерминации ($R^2=0,89...0,93$) позволяет отметить, что значения исследуемых параметров Y_4 , Y_5 , Y_6 определяются, в основном, дозировкой загустителя и замедлителя схватывания (X_3 , X_4).

Однако, для верхнего уровня дозировки факторов $X_2=0,2\%$; $X_1=0,05\%$ значение коэффициента детерминации для прочности сцепления Y_6 составило всего 0,28, что позволяет сделать вывод о нецелесообразности использования выбранной математической модели при исследовании влияния загустителя и замедлителя схватывания на прочность сцепления (адгезию).

2. Знаки в уравнениях регрессии показывают, что для минимального уровня дозировки факторов X_1 и X_2 увеличение дозы загустителя X_3 негативно влияет на значение предела прочности при сжатии Y_4 и изгибе Y_5 , в отличие от замедлителя схватывания, а для максимального уровня дозировки X_1 и X_2 увеличение дозы как загустителя, так и замедлителя схватывания обуславливает снижение предела прочности при сжатии Y_4 и изгибе Y_5 .

Кроме того, влияние изменения значения загустителя и замедлителя схватывания на прочность сцепления Y_6 практически одинаково. Причем для максимального уровня дозировки X_1 и X_2 наблюдается отрицательное влияние загустителя и замедлителя схватывания на адгезию, т.е. увеличение дозы X_3 и X_4 приводит к снижению прочности сцепления.

3. Стандартизированные коэффициенты регрессии ($Beta$) показывают, что при минимальной дозировке факторов X_1 и X_2 варьирование предела прочности при сжатии Y_4 и изгибе Y_5 определяется в основном изменением замедлителя схватывания X_4 ($b^*(x_4)=0,9$; 0,91 соответственно). При максимальной дозировке X_1 и X_2 на Y_4 и Y_5 практически одинаково.

Изменение прочности сцепления определяется в основном варьированием дозы загустителя X_3 ($b^*(x_3)=0,95$; -0,44 для нижнего и верхнего уровня доз X_1 и X_2 соответственно).

Основные характеристики регрессионного и корреляционного анализа представлены в таблице 2.

Распределение изменения показателей строительно-технологических свойств ГШС, для различных сочетаний исследуемых факторов (загустителя X_1 , замедлителя схватывания X_2), при минимальной и максимальной дозировке водоудерживающих и порообразующих добавок, позволяет отметить резкое снижение пределов прочности на изгиб и сжатие, практически для всех возможных сочетаний дозировок загустителя и замедлителя схватывания в 1,9...4,8 и 1,8...4,8 раза соответственно.

Таблица 2 – Основные показатели корреляционного и регрессионного анализа

| Наименование показателя | Значение | | |
|---|--|--|--|
| | Предел прочности при сжатии, Y_4 , МПа | Предел прочности при изгибе, Y_5 , МПа | Прочность сцепления (адгезия), Y_6 , МПа |
| Коэффициент множественной корреляции | 0,964 | 0,963 | 0,966 |
| | 0,943 | 0,943 | 0,53 |
| Коэффициент детерминации (R^2) | 0,93 | 0,93 | 0,93 |
| | 0,89 | 0,89 | 0,28 |
| Стандартизированные коэффициенты регрессии ($Beta$): $b^*(x_3), b^*(x_4)$ | -0,35, 0,90 | -0,33, 0,91 | 0,95, 0,15 |
| | -0,67, -0,64 | -0,71, -0,62 | -0,44, -0,29 |
| Стандартная ошибка аппроксимации | 0,307 | 0,013 | 0,043 |
| | 0,0825 | 0,0035 | 0,23 |
| $p\text{-value}$ | | | |
| A | 0,175082 | 0,180666 | 0,100460 |
| | 0,062438 | 0,062925 | 0,282099 |
| X_3^2 | 0,419167 | 0,434376 | 0,168494 |
| | 0,284000 | 0,277965 | 0,693858 |
| X_4^2 | 0,183434 | 0,182889 | 0,651671 |
| | 0,307178 | 0,314453 | 0,786900 |

Примечание: Верхние значения в ячейках регистрируемых параметров соответствуют нижнему уровню дозировки факторов $X_2=0,1\%$; $X_1=0,005\%$, нижние значения верхнему уровню дозировки соответствующих факторов $X_2=0,2\%$; $X_1=0,05\%$.

Однако для смеси, в которой доза загустителя находится на верхнем уровне $X_3=0,2\%$, а доза замедлителя схватывания на нижнем уровне $X_4=0,04\%$, изменение дозировки порообразующей и водоудерживающей добавок с минимального уровня ($X_2=0,1\%$; $X_1=0,005\%$) до максимального значения ($X_2=0,2\%$; $X_1=0,05\%$) не оказывает практического влияния на изменение предела прочности при сжатии, изгибе и на адгезию. Так изменение этих показателей составила всего – 7...10 %.

Наиболее значимое влияние изменения дозировки порообразующей и водоудерживающей добавок, зарегистрировано для смеси, в которой доза как загустителя X_3 , так и замедлителя X_4 соответствует максимальному значению ($X_3=0,2\%$; $X_4=0,1\%$).

Так для этого сочетания факторов X_3 , X_4 , при увеличении количества водоудерживающей и порообразующей добавок с $X_2=0,1\%$ $X_1=0,005\%$ до $X_2=0,2\%$ $X_1=0,05\%$, привело к снижению пределов прочности при сжатии и изгибе в 4,8 раза, а адгезии в 3,2 раза.

Такая тенденция изменения основных показателей строительно-технологических свойств (предел прочности при сжатии, изгибе, адгезия) на наш взгляд показывает, что увеличение дозировок водоудерживающей и порообразующей добавок (способствующих увеличению вязкости, пластичности, образованию пористой структуры) обуславливает

снижение прочностных свойств ГПС, т. е. при увеличении вязкости, пластичности и пористой структуры исходной смеси, технологические свойства увеличиваются, а конструктивно-технологические снижаются.

Однако, при этом, практически для всех сочетаний исследуемых факторов, наблюдается увеличение адгезии на 10...77%. За исключением рецепта смеси, в котором доза загустителя и замедлителя схватывания находится на верхнем уровне $X_3=0,2\%$, $X_4=0,1\%$. В этом случае, увеличение дозы порообразующей и водоудерживающей добавок с минимального до максимального уровня, приводит к снижению прочности сцепления в 3,2 раза.

Кроме того, рецепт смеси, где доза загустителя на нижнем уровне $X_3=0,02\%$, а доза замедлителя схватывания на верхнем уровне $X_4=0,1\%$, характеризуется наибольшим реагированием на одновременное увеличение дозы порообразующей и водоудерживающей добавок. Для этого рецепта увеличение порообразующей и водоудерживающей добавок с минимального до максимального уровня, приводит к увеличению адгезии практически в 2 раза. Такое варьирование прочности сцепления позволяет отметить, что при одновременном снижении дозы загустителя с 0,2% до 0,02% и увеличении водоудерживающей и порообразующей добавок с минимального до максимального уровня, приводит к увеличению адгезии в 3,3 раза.

Таким образом варьирования прочности сцепления определяется, в основном, дозой загустителя.

Максимальное изменение прочностных свойств ГПС, при увеличении дозы водоудерживающей и порообразующей добавок с $X_2=0,1\%$; $X_1=0,005\%$ до $X_2=0,2\%$; $X_1=0,05\%$, установлено для рецептур, при которых значение замедлителя схватывания находится на верхнем уровне $X_4=0,1\%$. Это говорит о том, что варьирование загустителя X_3 практически не оказывает влияния на прочностные свойства. То есть при максимальных дозах замедлителя схватывания X_4 , дозировка водоудерживающей и порообразующей добавок, в основном, определяет изменение прочностных свойств ГПС.

Максимальное значение предела прочности при сжатии $Y_4=2,16$ МПа и изгибе $Y_5=0,09$ МПа для минимальных значений водоудерживающей и порообразующей добавок $X_2=0,1\%$ и $X_1=0,005\%$ соответствует рецепту, при котором, доза загустителя $X_3=0,02\%$ и доза замедлителя схватывания $X_4=0,1\%$, а для максимальных значений $X_2=0,2\%$ и $X_1=0,05\%$ соответствует рецепту $X_3=0,02\%$ и $X_4=0,04\%$, для которого предел прочности при сжатии $Y_4=0,76$ МПа, и предел прочности при изгибе $Y_5=0,032$ МПа.

Наименьшее значение предела прочности при сжатии $Y_4=0,725$ МПа и изгибе $Y_5=0,03$ МПа, для минимальных значений водоудерживающей и порообразующей добавок ($X_2=0,1\%$, $X_1=0,005\%$), соответствует рецепту, при котором доза загустителя $X_3=0,2\%$ и доза замедлителя схватывания $X_4=0,04\%$, а для максимальных значений $X_2=0,2\%$, $X_1=0,05\%$ соответствует рецепту $X_3=0,2\%$, $X_4=0,1\%$, для которого предел прочности при сжатии $Y_4=0,430$ МПа, а предел прочности при изгибе $Y_5=0,029$ МПа.

То есть, при увеличении дозы водоудерживающей и порообразующей добавок с минимального ($X_2=0,1\%$, $X_1=0,005\%$) до максимального уровня ($X_2=0,2\%$, $X_1=0,05\%$), на предел прочности при сжатии и изгибе оказывает влияние только снижение дозы замедлителя схватывания, при одном и том же значении загустителя.

Сравнивая показатели прочности сцепления для рецепта ($X_3=0,02\%$, $X_4=0,1\%$) можно отметить, что для минимального значения водоудерживающей и порообразующей добавок ($X_2=0,1\%$, $X_1=0,005\%$) адгезия принимает минимальное значение ($Y_6=0,283$ МПа), а для максимального уровня водоудерживающей и порообразующей добавок ($X_2=0,2\%$, $X_1=0,05\%$), максимальное значение $Y_6=0,5$ МПа.

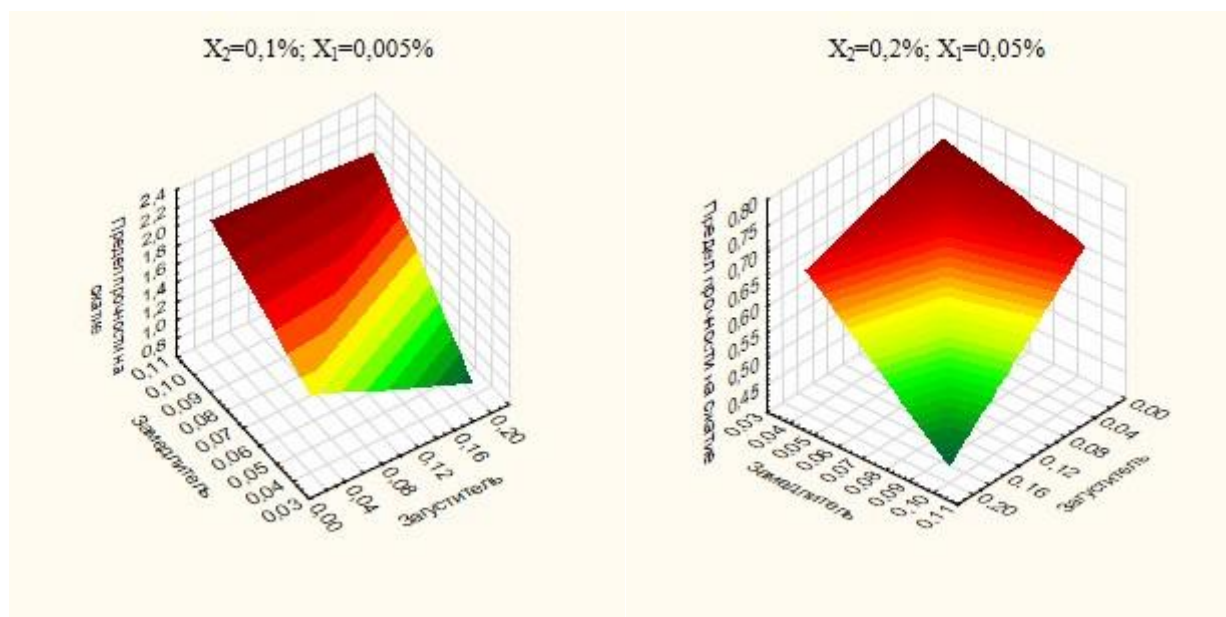


Рис. 1 – Поверхность отклика предела прочности при сжатии (Y_4) при нижнем уровне ($X_2=0,1\%$; $X_1=0,005\%$), и верхнем уровне ($X_2=0,2\%$; $X_1=0,05\%$) дозировки водоудерживающей и порообразующей добавок соответственно.

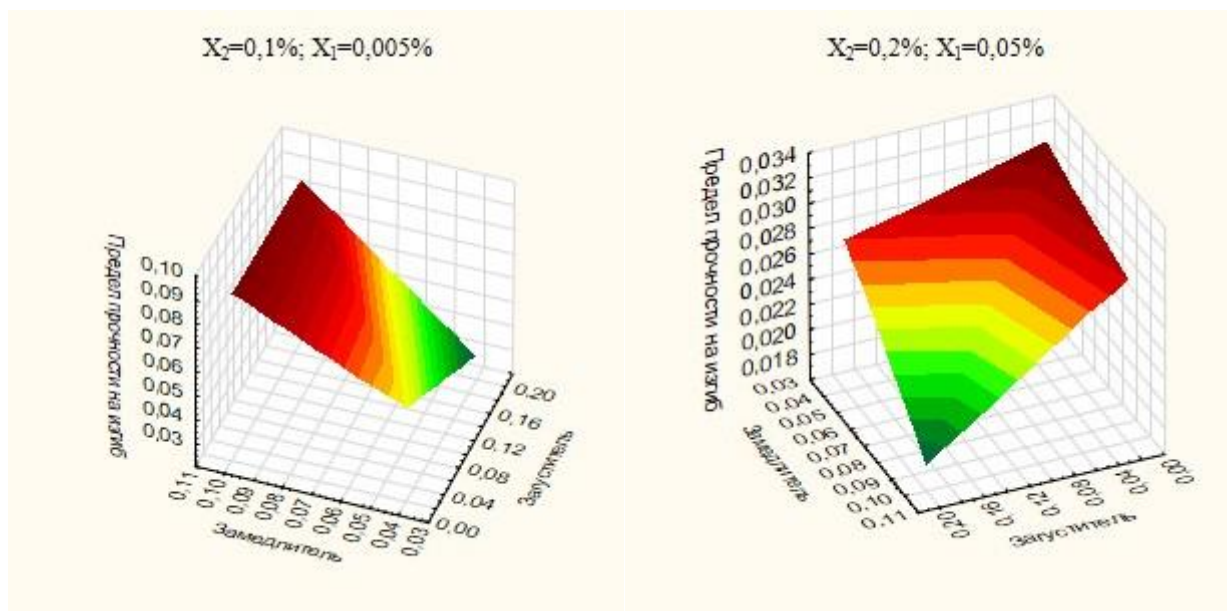


Рис. 2 – Поверхность отклика предела прочности при изгибе (Y_5) при нижнем уровне ($X_2=0,1\%$; $X_1=0,005\%$), и верхнем уровне ($X_2=0,2\%$; $X_1=0,05\%$) дозировки водоудерживающей и порообразующей добавок соответственно.

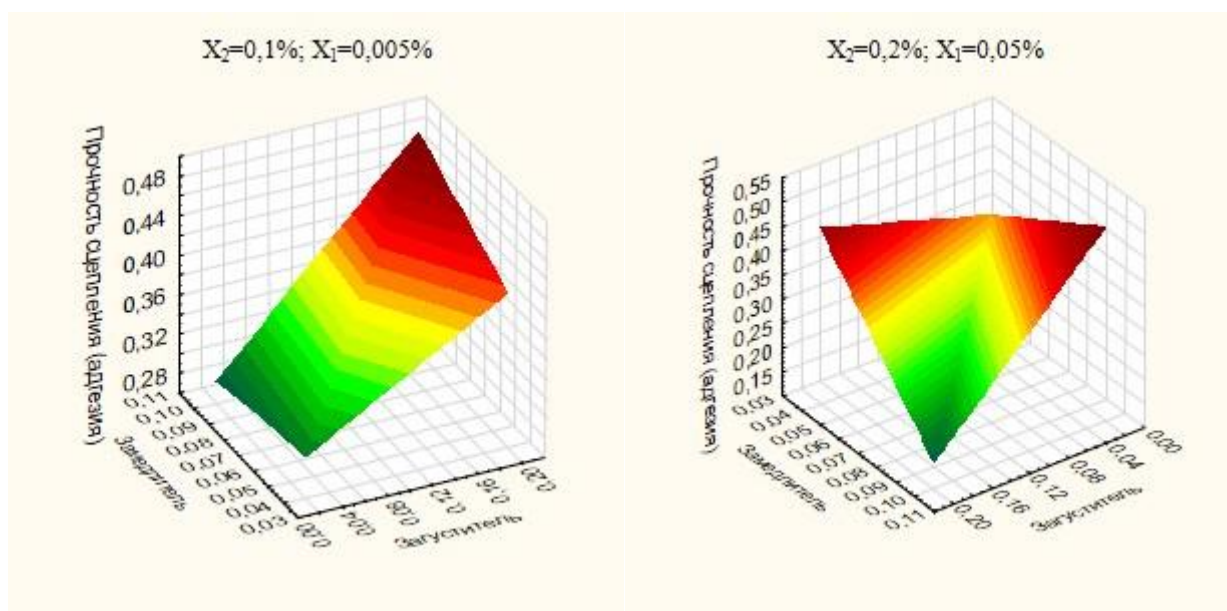


Рис. 3 – Поверхность отклика прочности сцепления (адгезия) (Y_6) при нижнем уровне ($X_2=0,1\%$; $X_1=0,005\%$), и верхнем уровне ($X_2=0,2\%$; $X_1=0,05\%$) дозировки водоудерживающей и порообразующей добавок соответственно

Это сравнение показывает, что для данного рецепта, доза водоудерживающей и порообразующей добавок является доминирующей. Поверхности отклика уравнения регрессии приведены на рисунках 1–3.

Заключение

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Достаточно высокие значения коэффициентов детерминации позволяет отметить, что значения предела прочности при сжатии, изгибе и адгезии определяются, в основном, дозировкой загустителя и замедлителя схватывания. Однако, для верхнего уровня дозировки факторов $X_2=0,2\%$; $X_1=0,05\%$ значение коэффициента детерминации для прочности сцепления Y_6 составило всего 0,28, что позволяет сделать вывод о нецелесообразности использования выбранной математической модели при исследовании влияния загустителя и замедлителя схватывания на адгезию.

2. При переходе от минимальной к максимальной дозировке водоудерживающих и порообразующих добавок, для различных сочетаний загустителя и замедлителя схватывания, наблюдается резкое снижение пределов прочности при изгибе и сжатии, для всех возможных сочетаний дозировок загустителя и замедлителя схватывания в 1,9...4,8 и 1,8...4,8 раза соответственно.

3. Увеличение дозировок водоудерживающей и порообразующей добавок обуславливает снижение прочностных свойств ГШС, т. е. при увеличении вязкости, пластичности и пористой структуры исходной смеси, технологические свойства увеличиваются, а строительно-технологические снижаются. Однако, при этом, практически для всех сочетаний исследуемых факторов, наблюдается увеличение прочности сцепления на 10...77%. За исключением рецепта смеси, в котором доза загустителя и замедлителя схватывания находится на верхнем уровне $X_3=0,2\%$, $X_4=0,1\%$. В этом случае, увеличение дозы порообразующей и водоудерживающей добавок с минимального до максимального уровня, приводит к снижению адгезии в 3,2 раза.

4. Варьирование прочности сцепления определяется, в основном, дозой загустителя.

5. При увеличении дозы водоудерживающей и порообразующей добавок с минимального ($X_2=0,1\%$, $X_1=0,005\%$) до максимального уровня ($X_2=0,2\%$, $X_1=0,05\%$), на предел прочности при сжатии и изгибе оказывает влияние только снижение дозы замедлителя схватывания, при одном и том же значении загустителя.

6. Для минимального значения водоудерживающей и порообразующей добавок ($X_2=0,1\%$, $X_1=0,005\%$) адгезия принимает минимальное значение ($Y_6=0,283\text{МПа}$), а для максимального уровня водоудерживающей и порообразующей добавок ($X_2=0,2\%$, $X_1=0,05\%$), максимальное значение $Y_6=0,5\text{МПа}$.

Благодарности

Выражаем благодарность техническому директору ООО «Черкесскстром» Тамову М.М. и экономисту Тамовой А.М. за помощь при планировании и проведении эксперимента.

Acknowledgement

Our gratitude to Tamov M.M., Technical Director of LLC «Cherkesskstrom» and economist Tamova A.M. for help in planning and conducting the experiment.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Вуколов Э.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL / Э.А. Вуколов. – Москва, 2004. 462 с.
2. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке / Н. Джонсон, Ф. Лион. – Москва, 1981.
3. Дергунов С.А. Сухие строительные смеси (состав, технология, свойства) / С.А. Дергунов, С.А. Орехов : Учебное пособие. : Издательство БИБКОВ, Оренбург, 2012. 130 с.
4. Баженов, Ю. М. Технология сухих строительных смесей / Ю.М. Баженов, В.Ф. Коровяков, Г.А. Денисов // Издательство Ассоциации строительных вузов. Москва, 2011. - 112 с.
5. Тейлор Х. Химия цемента – М.: Мир, 1996. 560 с.
6. Безбородов, В.А. Сухие смеси в строительстве: учебное пособие / В.А. Безбородов, Е.В. Парикова, А.П. Пичугин // - Новосибирск, 2006. - 100 с.
7. Богданов, Р.Р. Исследование влияния супер и гиперпластификаторов на основные свойства цементного теста / Р.Р. Богданов, Р.А. Ибрагимов, В.С. Изотов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. - 2013. - № 2 (24). - С. 221-225.
8. Дворкин, Л.И. Адгезионная способность строительных растворов с пылевидным гранитным наполнителем / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин, С.С. Стрихарчук // Сухие строительные смеси. - 2016. - № 1. - С. 20-22.
9. Загороднюк, Л.Х. Особенности твердения строительных растворов на основе сухих смесей / Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, В.В. Воронов, И.Л. Чулкова, А.А. Куприна, О.А. Павленко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2016. - № 10. - С. 32-36.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vukolov Je.A. Osnovy statisticheskogo analiza. Praktikum po statisticheskim metodam i issledovaniyu operacij s ispol'zovaniem paketov STATISTICA i EXCEL [The basics of statistical analysis. Workshop on statistical methods and operations research using STATISTICA and EXCEL packages] / Je.A. Vukolov. – Moskva, 2004. 462 p.
2. Dzhonson N. Statistika i planirovanie jeksperimenta v tehnikе i nauke [Statistics and experimental design in engineering and science] / N. Dzhonson, F. Lion. – Moskva, 1981.
3. Dergunov S.A. Suhie stroitel'nye smesi (sostav, tehnologija, svojstva) [Dry construction mixes (composition, technology, properties)] / S.A. Dergunov, S.A. Orehov : Uchebnoe posobie [Textbook]: Izdatel'stvo BIBKOM, Orenburg, 2012. 130 p.
4. Bazhenov, Ju. M. Tehnologija suhih stroitel'nyh smesej [Technology of dry construction mixtures] / Ju.M. Bazhenov, V.F. Korovjakov, G.A. Denisov. – Izdatel'stvo Associacii stroitel'nyh vuzov. Moskva, 2011. - 112 p.
5. Tejlor H. Himija cementa [Chemistry of cement] – M.: Mir, 1996. 560 p.
6. Bezborodov, V.A. Suhie smesi v stroitel'stve: uchebnoe posobie [Dry mixes in construction: a training manual] / V.A. Bezborodov, E.V. Parikova, A.P. Pichugin // - Novosibirsk, 2006. - 100 p.
7. Bogdanov, R.R. Issledovanie vlijanija super i giperplastifikatorov na osnovnye svojstva cementnogo testa / R.R. Bogdanov, R.A. Ibragimov, V.S. Izotov // Izvestija Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. - 2013. - № 2 (24). - P. 221-225.
8. Dvorkin, L.I. Adgezionnaja sposobnost' stroitel'nyh rastvorov s pylevidnym granitnym napolnitelem [Adhesive ability of mortars with dust-like granite filler] / L.I. Dvorkin, O.L. Dvorkin, S.S. Striharchuk // Suhie stroitel'nye smesi [Dry construction mixes]. - 2016. - № 1. - P. 20-22.
9. Zagorodnjuk, L.H. Osobennosti tverdenija stroitel'nyh rastvorov na osnove suhih smesej [Features of hardening mortars based on dry mixes] / L.H. Zagorodnjuk, V.S. Lesovik, V.V. Voronov, I.L. Chulkova, A.A. Kuprina, O.A. Pavlenko // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova [Bulletin of the Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov] - 2016. - № 10. - P. 32-36.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.012>

ИЗМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА СРЕДЫ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ НА ПРИМЕРЕ PEST-АНИЛИЗА

Научная статья

Кувылина Т.В.^{1*}, Черепанова В.В.²^{1, 2} МИРЭА — Российский технологический университет, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (kuvyлина.t.v[at]edu.mirea.ru)

Аннотация

Одним из методов анализа внешней среды предприятия является PEST-анализ, который призван учитывать политические, экономические, социальные и технологические факторы. В современных условиях пандемии в статье описываются возможные изменения, которые могут быть внесены в метод PEST-анализа с целью анализа рисков и возможностей, которые проявляются в изменении соответствующих факторов, влияющих на организацию работы отрасли, а также описаны возможные варианты учета субъективности интерпретации ситуации и сложность анализа диверсифицированного производства.

Ключевые слова: PEST-анализ, пандемия, диверсификация.

CHANGE OF COMPANY ENVIRONMENT ANALYSIS METHODS UNDER PANDEMIC CONDITIONS ON EXAMPLE OF PEST ANALYSIS

Research Article

Kuvylyna T.V.^{1*}, Cherepanova V.V.²^{1, 2} MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

*Corresponding author (kuvylyna.t.v[at]edu.mirea.ru)

Abstract

PEST analysis is one of the company's external environment analysis methods, which is intended to take into account political, economic, social, and technological factors. Under modern conditions of a pandemic, the article describes possible changes that can be made to the PEST analysis method in order to analyze the risks and opportunities that appear in changing the relevant factors affecting the organization of the industry and also describes possible options for taking into account the subjectivity of interpreting the situation and complexity diversified production analysis.

Keywords: PEST analysis, pandemic, diversification.

При разработке и производстве электронной компонентной базы и с целью обеспечения качества электронных средств любое предприятие соответствующей отрасли (которое не всегда должно быть отнесено к радиоэлектронному комплексу) должно учитывать и анализировать имеющуюся внешнюю среду, а также прогнозировать изменения внешней среды организации с целью устойчивого сохранения бизнеса. Внешняя среда, являющаяся сложным объединением действующих правил и норм, а также динамического их преобразования, оказывает воздействие на любую организацию и, что необходимо дополнительно учитывать при резком изменении социальных условий, оказывает воздействие на персонал организации, создает, уменьшает или усиливает имеющиеся риски и предоставляет возможности разной степени реализуемости в зависимости от происходящих глобальных изменений [1]. Существует много методов анализа внешней среды, выделенный среди них PEST-анализ является широко употребляемым не только в радиоэлектронике или соответствующей отрасли промышленности, этот метод является универсальным и может использоваться в сельском хозяйстве для анализа работы региона [2], для формирования стратегии охраны окружающей среды [3], для совершенствования используемых логистических схем [4], при разработке программных продуктов [5] и информационно-управляющих систем [6], а также при выработке стратегии диверсификации компании [7], что является особенно важным при резком изменении правил на рынке сбыта и в сфере организации труда. Следует дополнительно отметить, что формируемые государством условия существования при осуществлении противодействия пандемии (или достаточно большой эпидемии) следует относить к ситуации, когда состояние рынков сбыта меняется значительно, а состояние рынка трудовых ресурсов, особенно в части специально квалифицированных работников, что характерно для радиоэлектронной отрасли, может измениться очень резко и существенно.

Основными этапами применения PEST-анализа для внешней среды предприятия радиоэлектронной отрасли является выявление и идентификация значимых для конкретной организации факторов, причем следует учитывать, что ранжирование этих факторов на начальном этапе может (и, как правило, именно так и происходит) носить существенно субъективный характер, привносимый в выбор шкал и соответствующих позиций той группой экспертов, которые привлекаются к этой деятельности. Методика PEST-анализа предполагает обязательное распределение всех факторов (с учетом их значимости) на политические (в зависимости от уровня деятельности организации это могут быть не только вопросы международных отношений), экономические, социальные и технологические.

Возникновение ограничений на работу персонала предприятия, а также на реализацию логистических схем, что характерно для пандемии, должно быть классифицировано и отнесено ко всем четырем категориям в рамках PEST-анализа.

Среди политических факторов в первую очередь следует повысить уровень влияния всегда рассматриваемого параметра, который связан с зависимостью от государственного заказа, а также параметра, отражающего уровень государственной поддержки отрасли и конкретного предприятия.

Среди экономических факторов следует учесть изменение влияния рисков экономической нестабильности, при этом традиционно используемые для анализа риски, отражающие высокий средний возраст сотрудников и низкий уровень заработной платы в отрасли, в зависимости от конкретной ситуации могут быть (в некоторых случаях

существенно) уменьшены в своих оценках в связи с тем, что предприятия радиоэлектронной отрасли, как показывает практика, относятся к тем, чья деятельность не приостанавливается в условиях пандемии, для сотрудников могут быть созданы условия труда, которые соответствуют нормам безопасности.

Среди социальных факторов необходимо существенно выделить риски, связанные с недостаточной информированностью населения, а также дополнительно рассмотреть влияние конкретной обстановки в соответствующих местах проживания персонала на лояльность к предприятию, что существенно зависит от места нахождения: в малом или среднем городе с ограниченным набором предприятий постоянного во время пандемии цикла работы или в большом мегаполисе со сложностями, которые порождаются несовершенством транспортной инфраструктуры и широтой палитры возможных связей и зависимостей, формируемых членами семьи. Дополнительно следует отметить, что необходимо учитывать в качестве значительного фактора наличие и доступность личных садовых или садово-огороднических хозяйств, который влияет на уровень социального беспокойства во внешней среде предприятия.

Среди технологических факторов следует учитывать некоторые риски, связанные с повышением требований к системам менеджмента качества или изменением требований к их функционированию и аудиту, что требует быстрого внедрения соответствующих изменений. При этом характерный для радиоэлектронной отрасли фактор, связанный с необходимостью оформления конструкторской и технологической документации в электронной форме в зависимости от обеспеченности соответствующего персонала компьютерами в местах самоизоляции (а также в зависимости от уровня сетевых соединений и телекоммуникационных связей) должен рассматриваться как дополнительная возможность для развития и диверсификации.

Подводя итог, можно следующим образом формализовать представленные в настоящей работе основные предложения о повышении уровней влияния при рассмотрении факторов PEST-анализа:

1. Политические факторы — зависимость от государственного заказа, уровень государственной поддержки отрасли и конкретного предприятия.
2. Экономические факторы — риски, связанные с экономической нестабильностью, высоким средним возрастом сотрудников и низким уровнем заработной платы в отрасли.
3. Социальные факторы — риски, связанные с недостаточной информированностью населения.
4. Технологические факторы — риски, связанные с повышением требований к системам менеджмента качества или изменением требований к их функционированию и аудиту.

В заключение следует отметить, что метод PEST-анализа допускает модификацию, которая учитывает резкое изменение условий работы предприятия в условиях пандемии, и позволяет оценивать внешнюю среду с целью сохранения и развития организации, а также с целью оценки перспектив диверсификации в сложившейся ситуации.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Кравченко А.В. Влияние среды на выбор стратегии предприятия / А.В. Кравченко, К.А. Лосева // Бизнес. Образование. Право. 2018. № 3 (44). С. 113-119.
2. Семиколонова М.Н. PEST-анализ сельскохозяйственного производства региона / М.Н. Семиколонова, Л.Г. Глубокова, С.Ю. Федорова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2018. Т. 12. № 3. С. 16-24.
3. Радишаускас Т.А. Теоретические аспекты формирования инновационной стратегии охраны окружающей среды / Т.А. Радишаускас, Ю.М. Елфимова, А.Г. Иволга // Kant. 2019. № 1 (30). С. 321-325.
4. Цыганов А.В. PEST-анализ организации контрейлерных перевозок в России / А.В. Цыганов // Инженерный вестник Дона. 2019. № 2 (53). С. 18.
5. Назаренко М.А. Организация менеджмента качества мобильных операционных систем / М.А. Назаренко // Автоматизация. Современные технологии. 2019. Т. 73. № 11. С. 514-517.
6. Хронусова Т.В. Бортовые информационно-управляющие системы, обеспечивающие автоматизацию движения автомобилей в колонне на примере большегрузных автомобилей / Т.В. Хронусова, А.З. Асанов, М.А. Назаренко. // Кибернетика и программирование. 2019. № 2. С. 30-43.
7. Авкопашвили П.Т. Стратегия диверсификации как вектор обеспечения конкурентоспособности производственного предприятия / П.Т. Авкопашвили // Экономика устойчивого развития. 2018. № 3 (35). С. 198-200.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kravchenko A.V. Vliyaniye sredy na vybor strategii predpriyatiya [Influence of environment on choice of enterprise strategy] / A.V. Kravchenko, K.A. Loseva // Biznes. Obrazovaniye. Pravo [Business. Education. Law]. – 2018. – No. 3 (44). – P. 113-119. [In Russian]
2. Semikolenova M.N. PEST-analiz sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva regiona [PEST analysis of agricultural production in region] / M.N. Semikolenova, L.G. Glubokova, S.Yu. Fedorova // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i menedzhment [Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management]. – 2018. – V. 12. – No. 3. – P. 16-24. [In Russian]
3. Radishauskas T.A. Teoreticheskiye aspekty formirovaniya innovatsionnoy strategii okhrany okruzhayushchey sredy [Theoretical aspects of innovative environmental protection strategy formation] / T.A. Radishauskas, Yu.M. Elfimova, A.G. Ivolga // Kant. – 2019. – No 1 (30). – P. 321-325. [In Russian]
4. Tsyganov A.V. PEST-analiz organizatsii kontreylernykh perevozok v Rossii [PEST analysis of organization of piggyback transportation in Russia] // Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. – 2019. – No 2 (53). – P. 18. [In Russian]

5. Nazarenko M.A. Organizatsiya menedzhmenta kachestva mobil'nykh operatsionnykh sistem [Organization of quality management of mobile operating systems] // Avtomatizatsiya. Sovremennyye tekhnologii [Automation. Modern technologies]. – 2019. – Vol. 73. – No. 11. – P. 514-517. [In Russian]
6. Hronusova T.V., Asanov A.Z., Nazarenko M.A. Bortovyye informatsionno-upravlyayushchiye sistemy, obespechivayushchiye avtomatizatsiyu dvizheniya avtomobiley v kolonne na primere bol'shegruznykh avtomobiley [On-board information-control systems providing automation of movement of cars in convoy on example of heavy vehicles] / T.V. Hronusova, A.Z. Asanov., M.A. Nazarenko // Kibernetika i programmirovaniye. [Cybernetics and programming]. – 2019. – No 2. – P. 30-43. [In Russian]
7. Avkopashvili P.T. Strategiya diversifikatsii kak vektor obespecheniya konkurentosposobnosti proizvodstvennogo predpriyatiya [Diversification strategy as vector for ensuring competitiveness of a manufacturing enterprise] // Ekonomika ustoychivogo razvitiya [Sustainable Development Economics]. – 2018. – No. 3 (35). – P. 198-200. [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.013>**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ**

Обзорная статья

Магомадов В.С.*

ORCID: 0000-0002-7542-6896,

Чеченский государственный университет, Грозный, Россия;

* Корреспондирующий автор (vmagomadov [at]gmail.com)

Аннотация

Промышленный Интернет вещей – одна из самых важных технологий, предлагаемых четвертой промышленной революцией. Эта технология имеет потенциал кардинально трансформировать промышленные сегменты экономики. Поэтому, данная статья посвящена именно этому аспекту четвертой промышленной революции и делает попытку объяснить, что из себя представляет данная технология и как она используется компаниями. В статье, также объясняется, чем промышленный Интернет вещей отличается от Интернета вещей, поскольку эти две области имеют много общего, но есть и некоторые серьезные различия. Кроме того, в данной статье объясняется, с какими проблемами эта технология сталкивается в процессе своего развития и интеграции. Например, обсуждаются такие сложные аспекты этой технологий, как масштабируемость и безопасность.

Ключевые слова: Интернет вещей, промышленный Интернет вещей, IoT, IIoT, промышленный сектор, Индустрия 4.0.

EXPLORING THE POTENTIAL OF THE INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS

Review article

Magomadov V.S.*

ORCID: 0000-0002-7542-6896,

Chechen State University, Grozny, Russia;

* Corresponding author (vmagomadov [at]gmail.com)

Abstract

The industrial Internet of Things is one of the most important technologies offered by the fourth industrial revolution. This technology has the potential to radically transform the industrial segments of the economy. Therefore, this article focuses on this aspect of the fourth industrial revolution and attempts to explain what this technology is and how it is used by companies. The article also explains how the industrial Internet of things differs from the Internet of things, since these two areas have a lot in common, but there are also some serious differences. In addition, this article explains what problems this technology faces in the process of its development and integration. For example, complex aspects of this technology such as scalability and security are discussed.

Ключевые слова: Internet of Things, Industrial Internet of Things, IoT, IIoT, Industrial sector, Industry 4.0.

Введение

Повсеместное использование новейших технологий привело к появлению множества возможностей для улучшения нашей повседневной жизни. Различные устройства, основанные на беспроводной связи, становятся все более и более распространенными в наших домах. В настоящее время, в среднем, дома людей оснащены по крайней мере одним устройством, которое подключено к беспроводной сети. Термин Интернет вещей (IoT) был придуман для описания этих взаимосвязанных вычислительных устройств. Это, в свою очередь, привело к еще одному тесно связанному феномену, известному как промышленный Интернет вещей [1].

Промышленный интернет вещей - это расширение Интернета вещей, которое используется промышленными секторами. Он сосредоточен на искусственном интеллекте, больших данных и межмашинном взаимодействии. Промышленное применение и медицинские приборы являются яркими примерами технологий, из которых состоит промышленный Интернет вещей [2].

Задача промышленного Интернета вещей состоит в том, чтобы изменить отрасли промышленности с помощью взаимосвязанных вычислительных приборов и датчиков. Это позволяет внедрить в производство прогностическую аналитику и искусственный интеллект [3].

Промышленный сектор претерпевает беспрецедентные изменения в связи с развитием данной технологии. В последнее время эта отрасль имеет дело с рядом сложных задач, но ее будущее выглядит не таким мрачным благодаря технологиям промышленного Интернета вещей. Традиционное линейное производство можно превратить в динамичную и взаимосвязанную систему. Эта система называется цифровой сетью снабжения. В качестве главного посредника в создании цифровой сети снабжения, промышленный Интернет, возможно, сможет произвести революцию в создании и распространении продукции, сделав заводы более эффективными, обеспечив более безопасные условия труда для людей и значительно сократив расходы [3].

Промышленный Интернет вещей особенно важен, когда речь идет о четвертой промышленной революции (Индустрия 4.0), т.е. он играет важную роль в трансформации производственных процессов и киберфизических систем. Датчики, предоставляющие данные в реальном времени и другие источники данных, представляют большую ценность для промышленных инфраструктур и инструментов, поскольку они делают процесс принятия решений быстрым и эффективным. В прошлом, не было возможности автоматизировать рабочий процесс так, как это возможно сейчас при нынешней промышленной революции [4].

Возможности прогнозирования

Главное преимущество промышленного Интернета вещей заключается в том, что он может сделать производственные операции более эффективными. Например, если какая-то часть оборудования внезапно выходит из строя, датчики могут определить, где именно произошла эта проблема, и автоматически отправить запрос на обслуживание. Однако, не менее важно то, что благодаря своим возможностям проведения прогностического анализа, промышленный Интернет вещей может определить, когда у оборудования, скорее всего, возникнут проблемы. Это позволяет выполнять прогнозные технические обслуживания, что приводит к меньшему времени простоя и гораздо более быстрому устранению неполадок, что, в свою очередь, приводит к улучшению безопасности [5].

Чтобы выяснить, в порядке ли оборудование, датчики анализируют температуру, звуковые частоты и вибрации этого оборудования. Эта процедура требует много времени и сил, когда выполняется вручную людьми. Датчики выполняют прогностический анализ намного проще, собирая и анализируя данные в облаке [5].

Важно отметить, что помимо сокращения затрат и экономии времени, промышленный интернет вещей также обеспечивает безопасность работников. Например, если есть нефтяная скважина, давление которой вот-вот достигнет опасного уровня, рабочие будут уведомлены до того, как произойдет взрыв, благодаря прогностическим возможностям промышленного Интернета вещей. Датчики, предоставляемые промышленным Интернетом вещей, также могут использоваться для отслеживания местоположения рабочих, чтобы они могли легко эвакуироваться в случае возникновения чрезвычайной ситуации [6].

Препятствия

Промышленный Интернет вещей является технологией, которая может изменить отрасль промышленности во многих отношениях, и скорее всего, к лучшему. Однако, важно иметь в виду, что любая технология, которая только начинает внедряться, как правило, имеет серьезные проблемы, которые необходимо решить. Безопасность и связь являются одними из самых сложных задач для промышленного Интернета вещей, и крайне важно всегда иметь в наличии стратегии для поддержания этих двух областей в процессе разработки промышленного Интернета вещей [7].

Необходимо, чтобы компании, участвующие в разработке промышленного Интернета вещей, были ознакомлены с вопросами безопасности и качества данной технологии. В связи с тем, что новые операционные технологии внедряются в Интернет и вводятся более автоматизированные и интеллектуальные машины, возникает множество беспрецедентных проблем. Таким образом, важно иметь глубокое понимание промышленного Интернета вещей [8].

При реализации промышленного Интернета вещей важно убедиться, что он является масштабируемым, безопасным и доступным. Масштабируемость и доступность промышленных процессов могут быть не такой уж большой проблемой, потому что они, скорее всего, находились в использовании в течение долгого времени. Однако, безопасность, вероятно, будет самой сложной из этих трех задач в процессе внедрения промышленного Интернета вещей. Одна из главных проблем, связанных с безопасностью, заключается в том, что устаревшие системы все еще очень часто используются промышленными компаниями. Многие из этих устаревших систем используются десятилетиями без каких-либо изменений, и это еще более затрудняет внедрение новых технологий [5].

Кроме того, широкое использование смарт-устройств привело к увеличению числа нарушений безопасности. Компании, внедряющие технологии промышленного Интернета вещей, несут ответственность за обеспечение безопасности установки, но в то же время, производители этих технологий обязаны обеспечивать защиту своих клиентов при создании и распространении продукта [7].

Кибербезопасность приобретает всё большее значение, поскольку угрозы безопасности никогда не исчезают, особенно когда речь идет о подключенных системах. Если подключенная система взломана, бизнес подвергается серьезному нарушению безопасности и часто бывает вынужден прекратить свое функционирование. Во многих отношениях, промышленные компании, внедряющие технологии промышленного Интернета вещей, должны действовать как ИТ-компании, чтобы безопасно разобраться с физическими и цифровыми аспектами своего бизнеса [8], [9].

В то время как важно стремиться к повышению эффективности производственных процессов, вопросы безопасности всегда должны быть одним из главных приоритетов. Сочетание операционных технологий с интернетом может сделать отрасль более эффективной, но если не будут созданы надлежащие стратегии безопасности, то любые преимущества промышленного Интернета вещей будут неуместны [10].

Одним из важных шагов на пути повышения безопасности операций может стать создание оперативного центра безопасности, целью которого является активное наблюдение и защита от различного рода угроз для безопасности. Этот центр позволит быстро реагировать на поступающие угрозы и принимать необходимые превентивные меры. Этот метод особенно уместен, когда речь идет о медленном времени отклика, низкой видимости системы и устаревших системах [9].

Вдобавок, когда отрасли имеют дело с подобным видом технологического сдвига, они должны быть готовы к рискам безопасности, которые могут быть беспрецедентными. Именно поэтому важно иметь специальную команду, которая занимается этими вопросами [6].

Заключение

В заключение следует отметить, что Интернет вещей оказал значительное влияние на многие аспекты нашей жизни и, скорее всего, будет оказывать еще большее влияние в будущем. Он будет иметь всё большее значение в таких областях нашей жизни, как здравоохранение, управление дорожным движением, развлечения и т.д. Предполагается, что промышленный Интернет вещей окажет такое же влияние на промышленные секторы.

Даже те компании, которые уже добились успеха, могут значительно улучшить свои показатели, интегрировав промышленный Интернет вещей в свою деятельность. При условии, что существующие в настоящее время барьеры будут преодолены, промышленность и общество смогут извлечь большую пользу из развития этой технологии. Многие эксперты в этой области полагают, что со временем, промышленный Интернет вещей увеличит объемы производства и полностью раскроет свой потенциал.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Мендиев А. У. Технология будущего: Интернет вещей / А. У. Мендиев // Электронный мультидисциплинарный научный журнал с порталом международных научно-практических конференций «Интернетнаука». – 2016. – № 12. – С. 77–80.
2. Исаев А. Р. Инновации и информационные технологии как фактор развития экономики / А. Р. Исаев // Региональная общественная организация «Центр инновационных технологий и социальной экспертизы». – 2019. – № 2 (19). – 19 с.
3. Магомедов И. А. ПОТ: Бизнес будущего / И. А. Магомедов // Известия Чеченского государственного университета. – 2019. – № 1 (13). – С. 24–28.
4. Магомадов В. С. Взгляд на четвертую индустриальную революцию / В. С. Магомадов // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Новая промышленная революция в зеркале современной науки». – 2018. – С. 86–87.
5. Игнатович Д. Промышленный интернет вещей: рассказываем об успешных кейсах [Электронный ресурс] / Д. Игнатович // Хабр. – 2019. – URL: https://habr.com/ru/company/kauri_iot/blog/471588/ (Дата обращения: 16.05.2020).
6. Кранц М. Интернет вещей: новая технологическая революция / Кранц М. – Москва: Эксмо, 2019. – 113 с.
7. Грингард С. Интернет вещей. Будущее уже здесь / С. Грингард. – Москва: Альпина Паблишер, 2016. – 67 с.
8. Халиев М. С-У. Прогресс в развитии информационных технологий / М. С-У. Халиев, С-Х. С-Э. Тадаев // Сборник научных статей по итогам работы второго международного круглого стола «Современная мировая экономика: проблемы и перспективы развития цифровых технологий и биотехнологии». – 2019. – С. 107–108.
9. Исмаилов И. И. Киберпреступность как угроза 21 века / И. И. Исмаилов, И. М. Даудов // Сборник материалов 6-й Международной научно-практической конференции «Развитие правового сознания в образовательном пространстве». – 2019. – С. 113–118.
10. Гузуева Э. Р. Применение информационных технологий в предприятиях крупного и малого бизнеса / Э. Р. Гузуева // Сборник материалов IV Международной заочной научно-практической конференции. – 2018. – С. 226–230.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Mentsiyev A. U. Tekhnologiya budushchego: Internet veshchey [Technology of the future: the Internet of things] / A. U. Mentsiyev // Elektronnyy mul'tidistsiplinarnyy nauchnyy zhurnal s portalom mezhdunarodnykh nauchno-prakticheskikh konferentsiy Internetnauka [Electronic multidisciplinary scientific journal with a portal of international scientific and practical conferences "Internetnauka"]. – 2016. – №12. – P. 77–80. [In Russian]
2. Isayev A. R. Innovatsii i informatsionnyye tekhnologii kak faktor razvitiya ekonomiki [Innovation and information technology as a factor in the development of the economy] R. Isayev // Regional'naya obshchestvennaya organizatsiya «Tsentr innovatsionnykh tekhnologiy i sotsial'noy ekspertizy» [Regional Public Organization "Center for Innovative Technologies and Social Expertise"]. – 2019. – № 2 (19). – 19 p. [In Russian]
3. Magomedov I. A. IIOT: Biznes budushchego [IIOT: Business of the future] / I. A. Magomedov // Izvestiya Chechenskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Chechen State University]. – 2019. – № 1 (13). – P. 24–28. [In Russian]
4. Magomadov V. S. Vzglyad na chetvertuyu industrial'nuyu revolyutsiyu [A look at the fourth industrial revolution] / V. S. Magomadov // Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Novaya promyshlennaya revolyutsiya v zerkale sovremennoy nauki» [Collection of materials of the international scientific-practical conference "New industrial revolution in the mirror of modern science"]. – 2018. – P. 86–87. [In Russian]
5. Ignatovich D. Promyshlennyy internet veshchey: rasskazyvayem ob uspekhnykh keysakh [Industrial Internet of things: talk about successful cases] [Electronic resource] / D. Ignatovich // Habr. – 2019. – URL: https://habr.com/ru/company/kauri_iot/blog/471588/ (Date accessed: 16.05.2020). [In Russian]
6. Krants M. Internet veshchey: novaya tekhnologicheskaya revolyutsiya [Internet of things: a new technological revolution] / Krantz M. – Moskva: Eksmo, 2019. – 113 p.
7. Gringard S. Internet veshchey. Budushcheye uzhe zdes' [Internet of things. The future is here] / S. Gringard. – Moskva: Al'pina Pablisher, – 2016. – 67 p.
8. Khaliyev M. S-U. Progress v razvitii informatsionnykh tekhnologiy [Progress in the development of information technologies] / S-U. Khaliyev, S-KH. S-E. Tadayev // Sbornik nauchnykh statey po itogam raboty vtorogo mezhdunarodnogo kruglogo stola «Sovremennaya mirovaya ekonomika: problemy i perspektivy razvitiya tsifrovyykh tekhnologiy i biotekhnologiy» [Collection of scientific articles based on the results of the second international round table "The Modern World Economy: Problems and Prospects for the Development of Digital Technologies and Biotechnology"]. – 2019. – P. 107–108. [In Russian]
9. Ismailov I. I. Kiberprestupnost' kak ugroza 21 veka [Cybercrime as a threat of the 21st century] / I. I. Ismailov, I. M. Daudov // Sbornik materialov 6-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Razvitiye pravogo soznaniya v obrazovannom prostranstve» [Collection of materials of the 6th International Scientific and Practical Conference "Development of the right consciousness in the educational space"]. – 2019. – P. 113–118. [In Russian]
10. Guzuyeva E. R. Primeneniye informatsionnykh tekhnologiy v krupnom i malom biznese [Application of information technology in large and small businesses] / E. R. Guzuyeva // Sbornik materialov IV Mezhdunarodnoy zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Proceedings of the IV International Correspondence Scientific and Practical Conference]. – 2018. – P. 226–230. [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.014>**К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗОВ ПРИБОРОВ
В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Научная статья

Муралев А.А.^{1*}, Усанин С.Н.², Чурсин А.А.³¹ORCID: 0000-0003-1674-7822;^{1, 2, 3} Пермский военный институт войск национальной гвардии РФ, Пермь, Россия

* Корреспондирующий автор (muralev-a[at]mail.ru)

Аннотация

В статье рассматривается вопрос прогнозирования вероятности безотказной работы приборов на основе теоретических зависимостей. Проанализированы условия возникновения отказов приборов в идеальных и реальных условиях эксплуатации. На основании этого предложена методика прогнозирования оптимального момента времени для замены деталей в плановом порядке. Данная методика позволит обоснованно подготавливать предложения по определению наиболее целесообразной технологии профилактических и восстановительных работ в приборах.

Ключевые слова: техническое состояние, безотказная работа, период эксплуатации, прогнозирование, изнашивание, ресурс.

ON DETERMINING FAILURE PROBABILITY OF DEVICES DURING OPERATION

Research Article

Muralev A.A.^{1*}, Usanin S.N.², Chursin A.A.³¹ORCID: 0000-0003-1674-7822;^{1, 2, 3} Perm Military Institute of the National Guard of the Russian Federation, Perm, Russia

*Corresponding author (muralev-a[at]mail.ru)

Abstract

The paper discusses the prediction of the probability of failure-free operation of devices based on theoretical dependencies. The conditions for the occurrence of device failures in ideal and real operating conditions are analyzed. Based on this, the author proposed the methodology for predicting the optimal time for the replacement of parts in a planned manner. This technique will allow one to reasonably prepare proposals for determining the most appropriate technology for preventive and rehabilitation work in devices.

Keywords: technical condition, uptime, operation period, forecasting, wear, resource.

Введение

Процесс эксплуатации всех типов приборов свидетельствует о том, что их уровень надежности в полной мере отвечает предъявляемым требованиям [1]. Опыт показывает, что как бы хорошо ни был спроектирован, изготовлен и тщательно испытан прибор, как бы правильно не была организована его эксплуатация, с течением времени его техническое состояние изменяется, постепенно утрачивая исправность, вследствие чего наступает отказ в работе.

Старение и износ элементов прибора является основной причиной в снижении надежности [2]. Старение деталей может привести к изменению физико-механических свойств материала, и как следствие появление отказов или поломок. Износ деталей ведет к изменению их размера, нарушению работоспособности (из-за ухудшения условий смазки, и т.д.), снижению прочности или поломкам и т.д. [3]. Очевидно, что при возникновении подобных событий происходит снижение надежности в функционировании определенного элемента и в последующем всего прибора в целом [4].

Для поддержания любой техники в исправном состоянии проводится ее техническое обслуживание, которое в свою очередь разделяется на плановое и неплановое [5].

Учитывая богатый опыт по эксплуатации можно утверждать, что внедрение оптимальной системы технического обслуживания является весьма сложной комплексной проблемой и обусловлено это многими объективными причинами. Одной из таких причин, затрудняющей плановую замену деталей, выработавших установленный ресурс (срок эксплуатации) является их разброс ресурса (наработка деталей до предельного состояния) [6, 7].

Основные результаты

Если учитывать то, что все детали изделия имеют один ресурс (срок эксплуатации), то проблем с заменой узлов и агрегатов не возникает. В таком случае актуально применение планового технического обслуживания. Рассмотрим возможные значения наработки до отказа у 10 приборов (10 деталей).

Для идеальных условий момент возникновения отказов и вероятность распределения наработки всех деталей до отказа представлена на рисунке 1. К сожалению такой картины, на практике не наблюдается. Это обусловлено тем, что имеется разброс в качестве материала, имеются допуски на параметры деталей и на каждый технологический процесс ее изготовления, и существенные различия в условиях эксплуатации [8]. Поэтому скорость изнашивания (уменьшения ресурса) неодинакова.

Зависимость наработки деталей приборов от интенсивности работы показывает, что при выполнении идеальных условий эксплуатации прибора все его детали изнашиваются одновременно, и наоборот в реальных условиях эксплуатации детали (узлы, агрегаты) выходят из строя в разные периоды времени, что соответственно существенно влияет на проведение технического обслуживания или ремонта.

Очевидно, что осуществлять замену деталей через минимальный интервал времени невыгодно, т.к. большая часть из них еще может безотказно работать значительный промежуток времени. Назначать замену через максимальный интервал времени нецелесообразно, т.к. 90% деталей к этому времени уже выработают свой ресурс и откажут.

Таким образом, возникает проблема по определению оптимального интервала времени до профилактических

замены деталей в плановом порядке, но при этом всегда будут возникать отказы деталей, которые должны будут устраняться внеплановом порядке. Соответственно более убедительной будет необходимость внепланового технического обслуживания, если учесть, что в приборе много различных деталей и каждая из них имеет свой ресурс, несовпадающий с другими.

Вероятность безотказной работы – вероятность того, что в пределах заданной наработки t отказ не возникнет [9]. Практически вероятность безотказной работы ($P(t_p)$) можно определить по следующей формуле:

$$P(t_{p1}, t_{p2}) = [N_0 - n(t_{p1}, t_{p2})] / N_0 = N(t_{p1}, t_{p2}) / N_0 \quad (1)$$

где N_0 – количество приборов до начала испытаний (наблюдений);

t_{p1}, t_{p2} – отрезок времени (наработки), в течении которого велись испытания (наблюдения);

$n(t_{p1}, t_{p2})$ – количество приборов, отказавших за время t_{p1}, t_{p2} .

Вероятность безотказной работы уменьшается пропорционально увеличению времени работы (наработки) прибора, а вероятность отказа прибора возрастает при увеличении срока эксплуатации (наработки).

Но следует учитывать то, что по формуле (1) возможно определить только вероятность безотказной работы только за отрезок времени t_{p1}, t_{p2} и невозможно определить за другой период времени и предсказать в будущем.

Прогнозирование вероятности безотказной работы можно осуществлять на основе теоретических зависимостей, когда известны законы распределения времени возникновения отказов, т.е. когда известны функции распределения времени для различных законов [10].

Для экспоненциального закона:

$$P(t_p) = 1 - q(t_p) = 1 - \exp(-\lambda t_p) \quad (2)$$

где $\lambda = \text{const}$ (берется из таблиц или определяется экспериментальным путем)

Для нормального закона:

$$P(t_p) = 1 - q(t_p) = \frac{1}{2} [1 - \Phi(z)] \quad (3)$$

где $\Phi(z)$ – табличная функция Лапласа;

$$z = (t_p - m_{tp}) / \sigma_{tp} \sqrt{2} \quad (4)$$

где m_{tp} и σ_{tp} – параметры нормального закона.

Применяя формулы (2) и (3) возможно определить вероятность безотказной работы изделия для любого отрезка времени.

Вероятность отказов во времени для различных групп деталей приборов рассчитывается по формуле:

$$q_i = 1 - e^{-\lambda_i t} \quad (5)$$

где λ – интенсивность отказа деталей;

t – установленный период эксплуатации (до замены или капитального ремонта).

Таким образом, на основе вышеприведенного подхода к прогнозированию вероятности отказов технических систем, применительно к конструкциям сложных приборов предлагается методика определения вероятности отказов, состоящая из следующих этапов:

1. Определение износа прибора в рамках мероприятий технического диагностирования или контрольно-технических осмотров.
2. Прогнозирование вероятности отказа прибора с учетом априорной и апостериорной информации о процессе эксплуатации.
3. Определение вида технического состояния прибора.
4. Уточнение информации об интенсивности отказов однотипных конструкций прибора.
5. После установления вида технического состояния прибора принимается решение о проведении его дальнейшей эксплуатации или организации соответствующего вида ремонта.

Заключение

Учитывая вышесказанное для каждой группы деталей возможно установить оптимальный момент времени для замены деталей в плановом порядке. Кроме того, знание устройства прибора позволяет разработчику установить для каждой группы отказавших деталей виды работ, которые должны будут проводится в тот или иной момент времени. Подобрать наиболее целесообразную технологию профилактических и восстановительных работ и зная конкретные характеристики выходных и других контролируемых параметров, разработчик может определить (подобрать) соответствующий состав технологического оборудования, контрольно-юстировочных приборов, инструмента и приспособлений, с помощью которых можно с достаточной эффективностью выполнять планируемые работы.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Харченко В. А. Проблемы надежности электронных компонентов // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. – 2015. – Т. 18. – № 1. – С. 52–57.
2. Федотов А. В., Скабкин Н. Г. Основы теории надежности и технической диагностики: конспект лекций. – Омск: Изд. ОмГТУ, 2010. – 64 с.
3. Болотин В. В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: «Машиностроение», 1984. – 312 с.
4. Любченко А. А. Анализ процессов технического обслуживания элементов сложных технических систем // Известия Транссиба. – 2011. – №1 (5). – С. 88–94.
5. Муралев А.А., Поляков М.С. К вопросу управления эксплуатацией вооружения военной и специальной техники // Сборник научных трудов VI Всероссийской научно-практической конференции «Калашниковские чтения». – Ижевск, 2019. – С. 346–350.
6. Артемов И.И. Моделирование изнашивания и прогнозирование ресурса трибосистем / И.И. Артемов, В.Я. Савицкий, С.А. Сорокин. – Пенза: Информ.-издат. центр Пензенского гос. ун-та, 2004. – 374 с.
7. Савицкий В.Я. Информационная технология прогнозирования ресурса сложных триботехнических систем на стадиях жизненного цикла / Надежность и качество: В кн. тр. междунар. симпоз. – Пенза: Информ.-издат. центр Пензенского гос. ун-та, 2002.
8. Ефремов Л.В. Оценка метрологической надежности приборов по результатам групповых испытаний // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2012. – Т. 55. – № 6. – С. 20–23.
9. Гоцеридзе Р.М. Надежность приборов // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2017. – № 4. – С. 147–154.
10. Пушкарёв А.М., Вершинин А.А., Вольф И.Г. Оценка состояния канала ствола артиллерийского оружия // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018. – № 2. – С. 428–432.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kharchenko V. A. Problemy nadezhnosti jelektronnyh komponentov [Problems of reliability of electronic components] // Izvestija vyshih uchebnyh zavedenij. Materialy elektronnoj tehniki [News of higher educational institutions. Materials of electron equipment]. – 2015. – Т. 18. – No. 1. – P. 52–57. [in Russian]
2. Fedotov A. V., Skabkin N. G. Osnovy teorii nadezhnosti i tehnicheckoj diagnostiki [Fundamentals of the theory of reliability and technical diagnostics: lecture notes]. – Omsk: Publ. OmGTU, 2010. – 64 p. [in Russian]
3. Bolotin V. V. Prognozirovanie resursa mashin i konstrukcij [Forecasting the resource of machines and structures]. – M.: "Mechanical Engineering", 1984. – 312 p. [in Russian]
4. Lyubchenko A. A. Analiz processov tehnicheckogo obsluzhivaniya jelementov slozhnyh tehnicheckih sistem [Analysis of maintenance processes for elements of complex technical systems] // Izvestija Transsiba [Bulletin of the Trans-Siberian Railway]. – 2011. – № 1 (5). – P. 88–94. [in Russian]
5. Muralev A. A., Polyakov M. S. K voprosu upravlenija jekspluataciej vooruzhenija voennoj i special'noj tehniki [On the issue of managing the operational armament of military and special equipment] // Sbornik nauchnyh trudov VI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Kalashnikovskie chtenija» [Collection of scientific papers of the VI All-Russian scientific-practical conference "Kalashnikov readings"]. – Izhevsk, 2019. – P. 346–350. [in Russian]
6. Artemov I. I. Modelirovanie iznashivaniya i prognozirovanie resursa tribosistem [Wear modeling and prediction of tribosystem life] / I.I. Artemov, V.Ya. Savitsky, S.A. Sorokin. – Penza: Inform.-Publ. Penza state center University, 2004. – 374 p. [in Russian]
7. Savitsky V. Ya. Informacionnaja tehnologija prognozirovaniya resursa slozhnyh tribo-tehnicheckih sistem na stadijah zhiznennogo cikla [Information technology for predicting the resource of complex tribotechnical systems at the stages of the life cycle] / Nadezhnost' i kachestvo: V kn. tr. mezhdunarodnyj simpozium [Reliability and quality: In the book. tr Int. symposium] – Penza: Inform.-publ. Penza state center University, 2002. [in Russian]
8. Efremov L. V. Ocenka metrologicheskoy nadezhnosti priborov po rezul'tatam gruppovyh ispytaniy [Assessment of metrological reliability of devices according to the results of group tests] // Izvestija vyshih uchebnyh zavedenij. Priborostroenie [News of higher educational institutions. Instrument making]. – 2012. – Т. 55. – № 6. – P. 20–23. [in Russian]
9. Gotseridze R. M. Nadezhnost' priborov [Reliability of devices] // Sbornik v mashinostroenii, priborostroenii [Assembly in mechanical engineering, instrumentation]. – 2017. – № 4. – P. 147–154. [in Russian]
10. Pushkaryov A.M., Vershinin A.A., Wolf I.G. Ocenka sostojaniya kanala stvola artillerijskogo oruzhija [Assessment of the state the barrel of an artillery weapon] // Izvestija Tulsogo gosudarstvenogo universiteta. Tehniceskie nauki [Bulletin of Tula State University. Technical science]. – 2018. – № 2. – P. 428–432. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.015>**РАССОЛЬНЫЙ СЫР С ОВОЩНЫМИ ДОБАВКАМИ**

Научная статья

**Абдижаппарова Б.Т.¹, Ханжаров Н.С.², Орымбетова Г.Э.^{3*}, Кенжибаева Г.С.⁴,
Касымова М.К.⁵, Амангелды М.⁶**¹ ORCID: 0000-0001-8277-8243;³ ORCID: 0000-0001-8987-3366;^{1, 3, 4, 5, 6} Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан;² Международный гуманитарно-технический университет, Шымкент, Казахстан

* Корреспондирующий автор (orim_77[at]mail.ru)

Аннотация

Сыры являются широко распространенным и полезным молочным продуктом массового потребления. К проблемам производства сыров в Казахстане относятся нехватка и высокая стоимость качественного молочного сырья, отсутствие разнообразия ассортимента отечественных сыров на рынке. Рассольный сыр - брынза считается самым полезным из всех видов рассольных сыров, она богата белком, витаминами А, Е, группы В, микроэлементами, а также минеральными веществами: солям калия, кальция и фтора. Анализ литературных источников показал, что рассольный сыр брынза не является широко исследованным объектом исследования. Целью исследования является расширение ассортимента сыров и снижение расхода молочного сырья путем разработки технологии производства сыра брынза с овощными добавками. Объектом и предметом исследования является сыр брынза с овощными добавками. По результатам исследований разработан способ производства рассольного сыра брынза с морковью и сладким красным перцем. Определено оптимальное количество вводимых овощных добавок: соотношение брынзы и моркови – 92:8, соотношение брынзы и красного сладкого перца – 90:10. Получены экспериментальные образцы сыра брынзы с овощными добавками. Определены их физико-химические и органолептические показатели. С помощью электронного сканирующего микроскопа определен элементный состав брынзы с морковью и сладким красным перцем. В брынзе в достаточно больших количествах содержатся такие минералы, как натрий, магний, фосфор, калий и кальций. По сравнению с традиционной брынзой полученные образцы отличаются пониженной калорийностью. Полученные образцы брынзы с овощными наполнителями содержат больше влаги, меньше белков и жира, что объясняется частичной заменой сырого молока растительной добавкой. При разработке новых видов сыров рекомендуется использовать местное растительное сырье Южного Казахстана. Для сыра лучше использовать растительные добавки, которые хорошо сочетаются со вкусом сыра.

Ключевые слова: рассольный сыр, брынза, овощной, технология, добавка, молоко.**SALTED CHEESE WITH VEGETABLE ADDITIVES**

Research article

**Abdizhapparova B.T.¹, Khanzharov N.S.², Orymbetova G.E.³, Kenzhibayeva G.S.⁴,
Kassymova M.K.⁵, Amangeldy M.⁶**¹ ORCID: 0000-0001-8277-8243;³ ORCID: 0000-0001-8987-3366;^{1, 3, 4, 5, 6} M. Auezov South-Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan, Shymkent city;² International Humanitarian-Technical University, Republic of Kazakhstan, Shymkent city

* Corresponding author (orim_77[at]mail.ru)

Abstract

Cheeses are widely distributed and useful mass-consumed dairy products. The problems of cheese making in Kazakhstan include the lack and high cost of high-quality dairy raw material, the absence of diversity of the range of domestic cheeses on the market. Salted cheese - brynza is considered the most useful of all types of salted cheeses, it is rich in protein, vitamins A, E, B group vitamins, trace elements, as well as minerals: potassium, calcium and fluorine. The analysis of literary sources showed that salted cheese - brynza is not widely investigated object of research. The purpose of the research is to expand the range of cheeses and reduce the consumption of raw milk by developing technology of cheese brynza with vegetable additives. The object and subject of research is cheese brynza with vegetable additives. As plant fillers red sweet pepper and carrots were applied. According to the research results, a method for producing salted cheese brynza with vegetable fillers was developed. The optimal amount of vegetable additives was determined: the ratio of brynza with carrot is 92:8, the ratio of brynza with sweet red pepper is 90:10. Experimental samples of cheese brynza with the vegetable additives were obtained. Their physical and chemical and sensory indicators were determined. By means of scanning electron microscope an elemental composition of brynza with vegetable additives is identified. There are such minerals as sodium, magnesium, phosphorus, potassium and calcium in sufficiently great quantities. Compare to traditional brynza the received samples are differed by reduced caloric content. The obtained samples of brynza with vegetable fillers contain more moisture, less protein and fat, which is explained by the partial replacement of raw milk by plant filler. It is advisable to use local vegetable raw materials at the development of new types of cheeses in South Kazakhstan. For cheese, it is better to use vegetable additives which are well combined with the taste of cheese.

Keywords: salted cheese, brynza, vegetable, technology, additive, milk.**Introduction**

Cheese is one of the most useful and easy-digested mass-consumed dairy products. High nutritious properties of cheeses are completed by original taste and aroma. Dairy industry of Kazakhstan is represented mostly by production of drinking milk, dairy cream, ice-cream, fermented milk drinks including national ones, curd and its products, butter. Mainly soft and melted cheeses

are produced in Kazakhstan. Production of salted cheeses takes only 3.8% from total volume of cheese [1]. Although, salted cheese making is characterized by low costs: consumption of natural milk composes about 8.5 kg for producing 1 kg brynza with 40% fat content [2].

Among a number of problems in cheese-making of Kazakhstan listed by the authors [3], [4], [7] should note a lack and high cost of qualitative dairy raw material, absence of variety of assortment and competitive ability of domestic cheeses.

One of the most distributed salted cheeses, brynza is a sour dairy product prepared by fermentation of milk with rennets. It is admitted to use sheep, goat or cow milk to prepare brynza [8]. It is believed that brynza is the most health some kind of cheese. It is rich in B group vitamins, A, E, trace elements, as well as minerals: potassium, calcium and fluorine salts. In addition, brynza is a valuable source of protein. By the content of calcium, brynza exceeds whole milk and cottage cheese. Moreover, calcium contained in the cheese is fully absorbed by the body, so 70-100 grams of this product can provide the body's daily need for this microelement. In addition, brynza improves digestion and inhibits the development of putrid bacteria in the intestine.

At the same time, analysis of literature sources in cheese making identified that brynza is a not widely investigated object.

So, Zelenskij V.A. and Korotkij I. A. researched peculiarities of maturation of soft salted cheeses in plastic wrap (Armenian brynza, Ossetian cheese). The use of polymer film during maturation and storage of the studied types of cheeses contributed to the preservation of the product and significantly reduced its shrinkage [9].

Derevjanko N. P. and Semenova A.D. investigated production of brynza with addition of a vitamin complex (a, E, B1, B2, B6, B12, C, folic acid, rutin, nicotinamide). It is established that organoleptic properties of brynza with a vitamin complex do not differ from standard requirements, and introduction of a vitamin complex improves sensory characteristics of brynza. It is shown that the vitamin complex has a positive effect on the separation of serum from cheese [10].

Skul'skaja I. V. and Cisaryk O. I. investigated the effect of partial replacement of sodium chloride with potassium chloride in the amount of 20 and 30% and the use of a bacterial preparation of direct application of Fresh-Q (Chr.Hansen, Denmark), which inhibits the development of yeast and mold on the organoleptic and structural-mechanical properties of sheep's milk cheese. According to the results of the analysis it was determined that the partial replacement of salt has a positive effect on the formation of organoleptic characteristics of taste, smell and consistency [11].

Sysioeva M. G. and others developed the technology of cheese product "Brynza" with applying of amaranth flour [12]. Amaranth flour has a high water-holding capacity, so in the production of soft cheese it is advisable to use it as a natural thickener and stabilizer.

Sujunchev O.A. and Lepilkina O.V. studied rheological properties of soft and salted cheeses including brynza; that allows applying research data in practice for development equipment for cheese production) [13].

A comparative analysis of the obtained dependences of complex shear modulus shows that the most dense and cohesive consistency has cheese "Suluguni", less dense (more tender) – cheese "Adygei" and brynza. All samples, including brynza, have visco-elastic properties by the form of the obtained dependences. Moreover, the elasticity significantly prevails over the viscosity. In accordance with the obtained results, the plasticity of the samples of cheese "Suluguni" and brynza is almost the same; cheese "Adygea" has a slightly greater plasticity.

The following conclusions in cheese making could be made in the production of cheeses from the analysis of these studies:

- problems in cheese making can be solved by lowering consumption of highly-cost dairy raw material and enlargement assortment of cheeses with plant additives which replace a part of dairy base;

- brynza is the most distributed salted cheese; it is rich by protein, vitamins and mineral elements;

- scientific investigations for brynza are devoted only to study its rheological properties, impact of package on maturation and preservation of brynza, enrichment of brynza by introduction vitamin complex and amaranth flour.

It is clear there are not investigations on making brynza with plant additives. Such research has being made for soft and melted cheeses where plant additives are oat germinated grains [14], amaranth flour, kelp and walnut [15], biologically active additive with green tea «Minamoto» [16], pumpkin candied fruits, or pumpkin powder [17], corn, oat or barley groats [18]. In conditions of South Kazakhstan it is convenient to develop cheese brynza with available and low-cost local raw material. It is advisable to use vegetable fillers, well combined with the taste of cheese.

So, the purpose of the investigation is to expand the range of cheeses by developing technology of cheese brynza with vegetable additives. In order to achieve the purpose, the following tasks should be performed:

- to develop the technology of brynza with vegetable additives;

- to obtain samples of brynza with vegetable additives and determine its physical-chemical and organoleptic characteristics.

Methods

In accordance with the task, experimental studies were carried out in the laboratories of the Department of Food engineering, the regional laboratory of engineering profile "Structural and biochemical materials" of M. Auezov South Kazakhstan State University. Cheese brynza with vegetable fillers was chosen as the object of study. As plant fillers red sweet pepper and carrots were applied.

Materials

Cow's milk, calcium chloride, Meito enzyme and carrots were applied to prepare brynza.

Milk for production brynza have a clean taste and smell, to be without outsiders, not peculiar to fresh milk flavors and smells. In appearance and consistency, it should be a homogeneous liquid without sediment and flakes, color from white to slightly yellow. Raw milk possess by peculiar physical-chemical and hygienic characteristics.

Calcium chloride. The addition of calcium chloride in pasteurized milk is a mandatory operation, since pasteurized milk slowly coagulates under the action of milk-clotting enzymes and does not form a dense clot, whey from cheese grains is poorly separated. At pasteurization a part of calcium salts passes from the soluble to the insoluble state. Calcium chloride to a certain extent restores the original salt composition of milk, broken during pasteurization, and improves coagulation of milk.

Carrot roots have a cylindrical or elongated-conical shape, smooth surface, delicate, juicy consistency of pulp, orange-red or intense orange color with a brightly colored core, a well-expressed flavor, preserved in the finished product.

Milk-converting enzyme Meito (Japan) is a proteolytic enzyme of the hydrolase class (EC 3.4.23.1) is formed from its precursor pepsinogen, produced by the main cells of the gastric mucosa, and cleaves food proteins to peptides. Present in the gastric juice of humans, mammals, birds, reptiles and most fish. Proteases enzymes clot milk to form a curd [19].

Normative documentation

The following modern methods to determine the characteristics of raw materials and finished products were applied:

- GOST 33959-2016 "Salted cheeses. Specifications»;
- GOST 26809.1-2014 "Milk and milk products. Acceptance regulations, methods of sampling and sample preparation for testing»;
- GOST 3626-73 "Milk and dairy products. Methods for determination of moisture and dry matter".

Devices

The following devices to determine the characteristics of raw materials and finished products were applied:

- milk analyzer "Clever-2" - to determine the temperature, SOMO, fat, protein and density of cow's milk;
- scanning electron microscope (SEM) – for analysis elemental composition of researched product [20].

Technological scheme

The technological process of preparation of brynza consists of the following operations:

- preparation milk for cheese production: quality control and sorting of milk; milk maturation; normalization; pasteurization of milk;
- preparation of milk for coagulation: introducing into the milk the milk-clotting enzyme Meito; coagulation of the mixture at temperature of 28-33 °C for 40-70 min; molding; self-pressing for 4-5 hours at $t = 15-16^{\circ}\text{C}$, pressing; salting for 23-25 days in 18-20% brine at temperature of 8-12 °C; coagulation; cheese storage [21].

Sweet red pepper was subjected to inspection, sorting, cleaning, washing and blanching with steam. Blanched peppers are cut into cubes with size 3×3mm.

Carrots were sorted, inspected, double-washed, peeled and crushed on a grater in the form of thin shavings.

Control sample and samples with sweet red pepper and carrots have been prepared for analysis.

Results

The results of the study of physical and chemical parameters of cow milk on the analyzer "Clever-2" are shown in table 1.

Table 1 – Physical-chemical indicators of cow milk

| | |
|-------------|------------------------|
| Temperature | 10,0°C |
| SOMO | 7,6 % |
| Fat | 3,2% |
| Protein | 3,0%, |
| Density | 1027 kg/m ³ |

All experimental samples of cheese brynza with carrots and sweet red pepper were exposed to organoleptic analysis on such indicators as appearance, taste, consistency and smell (aroma). 5 tasters participated in sensory evaluation. The tasting was conducted in compliance with all accepted norms.

Initially, the organoleptic characteristics of cheese with vegetable filler were determined in order to determine the optimal amount of sweet red pepper or carrot. For this purpose, the ratio of cheese mixture and vegetable filler in the ratio from 98:2 to 80:20% was varied. The variation step was 2%. At the ratios of brynza and carrots 90:10, brynza and sweet red pepper 92:8 there are high values of all organoleptic characteristics.

If to compare obtained data with analogous research it seems to be same amounts of plant additives: optimum ratio of oat germinated grains in soft cheese was 4–6 % [14]; for soft cheese produced according to the technology for Adygei cheese amount of amaranth flour is 5%, kelp and walnut in the amount of 2% and 3% respectively [15].

Organoleptic characteristics of control sample and brynza with additives fillers are shown in table 2.

Table 2 – Sensory indicators of control sample and brynza with vegetable additives

| Name of product | Sensory indicators | | | | | |
|------------------------------|---|---|---|--|---|--------------------------|
| | appearance | taste and smell | colour of dough | consistency | pattern | quality of salt solution |
| Brynza (control sample) | Cheese is filled by salt solution. Round flattened bar | Clean, sour Moderately expressed cheese | Light yellow | Uniform, moderately dense, plastic, slightly brittle | Pattern is absent Few quantity of small eyes | Semi transparent |
| Brynza with sweet red pepper | Cheese is filled by salt solution. Round flattened bar | Clean, sour, with a slight taste of pepper Moderately expressed cheese | Light yellow with dark red inclusions. Slight red coloring of dough in places of contact with red pepper | Uniform, moderately dense, plastic, slightly brittle | Pattern is absent Few quantity of small eyes | Semi transparent |
| Brynza with carrot | Cheese is filled by salt solution. Round flattened bar | Clean, sour milk, with a slight taste of carrots Moderately expressed cheese | Light yellow with orange inclusions. | Uniform, moderately dense, plastic, slightly brittle | Pattern is absent Few quantity of small eyes | Semi transparent |

The values of physical and chemical parameters and energy value of developed cheese samples are given in tables 3 and 4. As can be seen from table 3, obtained samples of brynza with vegetable fillers contain more moisture, less protein and fat, which is explained by the partial replacement of raw milk by plant filler.

Table 3 – Physical-chemical parameters of brynza with vegetable fillers

| Determined component | Experimental data, % | | | Reference data, % [21] |
|----------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|------------------------|
| | Brynza (control sample) | Brynza with sweet red pepper | Brynza with carrot | Brynza from cow milk |
| Moisture, % | 52,1 | 52,5 | 53,0 | 52,0 |
| Proteins, % | 17,8 | 17,0 | 17,1 | 17,9 |
| Fats, % | 20,1 | 17,6 | 17,5 | 20,1 |
| Carbohydrates, % | 2,2 | 5,4 | 5,0 | - |
| Ash, % | 7,8 | 7,5 | 7,4 | 8,0 |

Table 4 – Energetic value of control sample and brynza with vegetable additives

| Product | Energetic value, kJ/kcal |
|------------------------------|--------------------------|
| Brynza (control sample) | 1092,39/260,9 |
| Brynza with sweet red pepper | 1038,38/248,0 |
| Brynza with carrot | 1029,58/245,9 |

As can be seen from table 5, brynza without additives is characterized by the highest energetic value (260.9 kcal). Caloric content of brynza with carrot is lower than brynza with sweet red pepper. This is due to the fact that the amount of carrots in the cheese mass is more (10%) than sweet red pepper (8%). At comparison with reference data of caloric content of brynza from cow's milk - 260 kcal [22] with experimental data it can be concluded that the energetic value of the samples with additives is lower.

By means of scanning electron microscope an elemental composition of brynza with vegetable fillers is determined (figure 1). As it seen from results of analysis there are such minerals as sodium, magnesium, phosphorus, potassium and calcium in sufficiently great quantities.

298 - №1 Brynza with sweet red pepper

ИРЛИП "КБ" ЮКТУ им. М. Ауэзова

| Element | Weight % | | |
|---------|----------|--|--|
| O | 39.60 | | |
| Na | 8.01 | | |
| Mg | 1.00 | | |
| P | 16.66 | | |
| S | 0.44 | | |
| Cl | 6.08 | | |
| K | 5.71 | | |
| Ca | 22.50 | | |

Electronic view of searched example, its X-ray spectrum and results of processing

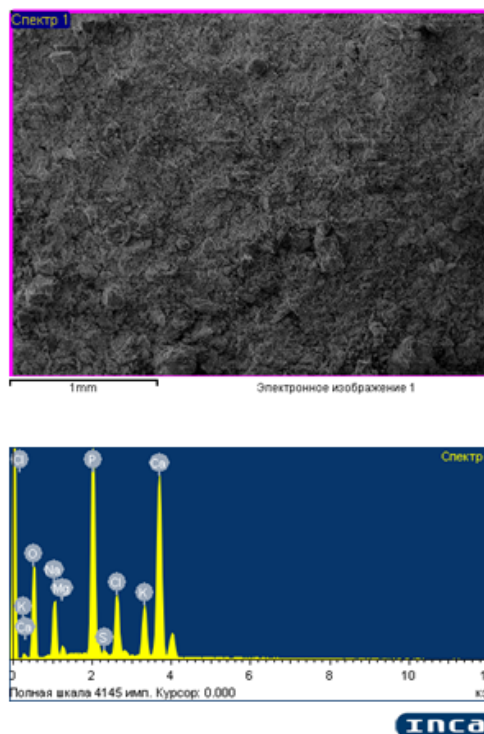


Fig. 1 - Electronic view of brynza with vegetable additives, its X-ray spectrum and results of processing

298 - №2 Brynza with carrot

ИРЛИП "КБМ" ЮКТУ им. М. Ауэзова

| Element | Weight % | | |
|---------|----------|--|--|
| O | 39.92 | | |
| Na | 6.28 | | |
| Mg | 1.06 | | |
| P | 17.03 | | |
| S | 0.47 | | |
| Cl | 4.89 | | |
| K | 6.32 | | |
| Ca | 24.04 | | |

Electronic view of searched example, its X-ray spectrum and results of processing

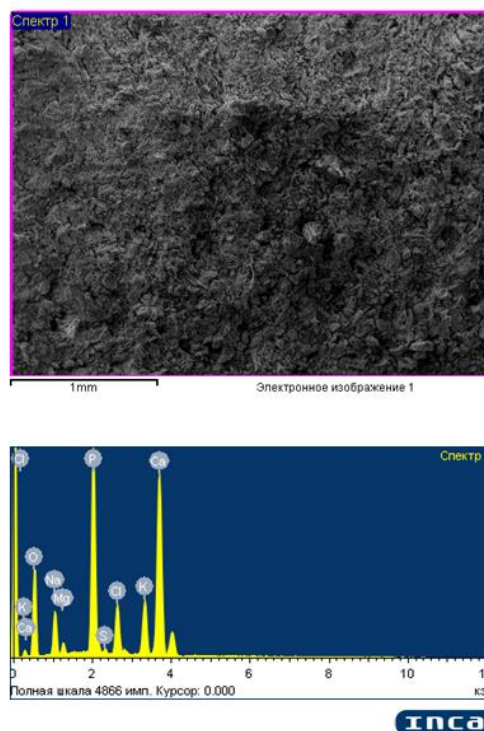


Fig. 1 - Electronic view of brynza with vegetable additives, its X-ray spectrum and results of processing

Conclusions

The actual issue is the decreasing consumption of dairy raw material can be solved by the replacement of a dairy basis by vegetable components. In the development of new types of cheese in southern Kazakhstan it is advisable to use local vegetable raw materials. It is better to use vegetable fillers which are well combined with the taste of cheese. Samples of cheese brynza with vegetable additives represent a round flattened bar, on a section - a homogeneous mass of cream color with dark red or orange inclusions. Optimal formulations of brynza with vegetable fillers were developed by evaluation sensory indicators. The amounts of vegetable additives are 8-10% that is confirmed by analogous investigations. Compare to traditional brynza the received samples are differed by reduced caloric content.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Статистика промышленного производства: основные показатели работы промышленности Республики Казахстан. 4 серия. Январь-декабрь 2018 года. URL: <http://stat.gov.kz/official/industry/15/statistic/6>.
2. Свириденко Ю.Я., Мордвинова В.А. Инновационные разработки в области сыроделия // Сыроделие и маслоделие. - 2011. - № 3. - С.17-19.
3. Полешко А.В., Имангалиев А.К. Проблемы сыроделия в Казахстане // Вестник Инновационного Евразийского университета. - 2012. - №1 (45). - С. 146-148
4. Торебек А.Ж. Внедрение системы ХАССП при производстве козьего кефира. / Торебек А.Ж., Абдижаппарова Б.Т., Орымбетова Г.Э. В сборнике: Научные разработки: евразийский регион. Международная научная конференция теоретических и прикладных разработок. Москва. - 2019. - С.230-234
5. Абдижаппарова Б.Т., Брынза с овощным наполнителем / Абдижаппарова Б.Т., Орымбетова Г.Э. и др. // Международная научная конференция «Technical and Natural Sciences». Санкт-Петербург. - 2019. - С.167-170
6. Шамбулова Г.Д. Кисломолочные продукты с функциональными ингредиентами. / Шамбулова Г.Д., Жаксылыкова Г.Ж., Орымбетова Г.Э. // Актуальные научные исследования в современном мире. Переяслав-Хмельницкий. - 2019. - №4(48). - С.15-21
7. Шамбулова Г.Д. Сыр обогащенный растительным сырьем. / Шамбулова Г.Д., Жаксылыкова Г.Ж., Орымбетова Г.Э. // Актуальные научные исследования в современном мире. Переяслав-Хмельницкий. - 2019. - №4(48) - С.21-26
8. Флоринская Е.А. Экспертиза качества рассольных сыров российских и зарубежных производителей / Флоринская Е.А., Николаева С.Л. // Ученые записки Санкт-Петербургского им. В.Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии. - 2015. - №1(53). - С.73-86.
9. Зеленский В.А. Влияние упаковки мягких рассольных сыров в полимерную пленку на созревание и качество продукта / Зеленский В.А., Короткий И.А. // Техника и технология пищевых производств. - 2011. - № 3 (22) - С.58-61.
10. Деревянко Н.П. Изготовление брынзы с витаминным комплексом / Деревянко Н.П., Семенова А.Д. // Науковий вісник львівського Національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. - 2016. - Т. 18. № 1-3 (65) - С. 44-48.
11. Скульская И.В. Исследование структурно-механических показателей брынзы при частичной замене поваренной соли хлоридом калия / Скульская И.В., Цисарык О.И. // Львовский национальный университет ветеринарной медицины и биотехнологий имени С.З. Гжицкого. - 2016. - Т.18. № 2-3 (68). - С. 99-102.
12. Сысоева М.Г. Обоснование и разработка технологии сырного продукта с применением муки амаранта / Сысоева М.Г., Глотова И.А., Аристов А.В., Пронина Е.А., Поленов И.В., Смольская Л.Г. // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК - продукты здорового питания. - 2017. - №5(19). - С. 64-72.
13. Суюнчев О.А. Исследования структурно-механических свойств мягких и рассольных сыров / Суюнчев О.А., Лепилкина О.В. // Вестник северокавказского государственного технического университета. - 2005. - №3. - С.77-81.
14. Ходунова О.С. Разработка состава и технологии мягкого сыра с пророщенными зернами овса / Ходунова О.С., Силантьева Л.А. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». - 2016 - № 1. - С.100-106.
15. Аравина К.И. Разработка состава и технологии мягкого сырного продукта с использованием высокобелковой муки амаранта / Аравина К.И., Арсеньева Т.П. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». - 2016 - № 4. - С.17-25.
16. Сохряков С. О. Композиция плавленого сырного продукта «Отличник» / Сохряков С. О., Гаврилова Н. Б., Молибога Е. А.. Патент РФ № 2450527, опубл. 20.05.2012.
17. Страшнов Н. М. Способ получения сырного продукта с растительным наполнителем / Страшнов Н. М., Зюзина О. В., Зеленина Л. С. и др.. Патент РФ № 2429705, опубл. 27.10.2010.
18. Оноприйко А. В. Способ производства сырных продуктов / Оноприйко А. В., Оноприйко В. А., Трудова М. А. Патент РФ № 2473227, опубл. 27.01.2013.
19. Vickie A.Vaclavik, Elizabeth W.Christian. Essentials of food science. - 4th edition – Springer. 2014. - 495 p.
20. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение // под ред. Уэйли Жу и Жонг Лин Уанга: перевод с англ. – М.: Бином. Лаборатория знаний. - 2013. - 582 с.
21. Крись Г.Н. Технология молока и молочных продуктов. Под ред. А.М.Шалыгиной. - М.: КолосС, 2006. - 455 с.
22. Химический состав пищевых продуктов: Книга 1: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / Под ред. проф., д.мед.н. И.М.Волгарева. изд 2-е. - М.: ВО «Агропромиздат». - 1987. - 224 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Statistika promyshlennogo proizvodstva: osnovnye pokazateli raboty promyshlennosti Respubliki Kazakhstan. 4 serija. Janvar'-dekabr' 2018. [Statistics of industrial production: the main indicators of the industry of the Republic of Kazakhstan. 4 ser. January-December 2018]. URL: <http://stat.gov.kz/official/industry/15/statistic/6>. [in Russian]
2. Sviridenko Ju.Ja. Innovacionnye razrabotki v oblasti syrodelija / Sviridenko Ju.Ja., Mordvinova V.A. // Syrodelie i maslodelie. [Innovative developments in the field of cheese making // Cheese making and butter making] - 2011. № 3. - P. 17-19. [in Russian]
3. Poleshko A.V. Problemy syrodelija v Kazahstane / Poleshko A.V., Imangaliev A.K. // Vestnik Innovacionnogo Evrazijskogo universiteta. [Problems of cheese making in Kazakhstan // Bulletin of the Innovative Eurasian University.] - 2012. №1 (45). - P. 146-148 [in Russian]

4. Torebek A.ZH. Vnedreniye sistemy KHASSP pri proizvodstve koz'yego kefira. / Torebek A.ZH., Abdizhapparova B.T., Orymbetova G.E. V sbornike: Nauchnyye razrabotki: yevraziyskiy region. Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya teoreticheskikh i prikladnykh razrabotok Moskva. [Implementation of the HACCP system in the production of goat kefir. In the collection: Scientific developments: Eurasian region. International scientific conference of theoretical and applied research Moscow.] - 2019. - P.230-234 [in Russian]
5. Abdizhapparova B.T. Brynza s ovoshchnym napolnitelem Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya «Technical and Natural Sciences». Sankt-Peterburg. / Abdizhapparova B.T., Orymbetova G.E. i dr. [Brynza with vegetable filling International Scientific Conference "Technical and Natural Sciences". St. Petersburg.] - 2019. - P.167-170. [in Russian]
6. Shambulova G.D. Kislomolochnyye produkty s funktsional'nymi ingrediyehtami. Aktual'nyye nauchnyye issledovaniya v sovremennom mire. Pereyaslav-Khmel'nitskiy. / Shambulova G.D., Zhaksylykova G.Zh., Orymbetova G.E. [Dairy products with functional ingredients. Actual scientific research in the modern world. Pereyaslav-Khmel'nitsky.] - 2019. - №4(48). - P.15-21. [in Russian]
7. Shambulova G.D. Syr obogashchenny rastitel'nyy syr'yem. Aktual'nyye nauchnyye issledovaniya v sovremennom mire. Pereyaslav-Khmel'nitskiy. / Shambulova G.D., Zhaksylykova G.Zh., Orymbetova G.E. [Cheese enriched with vegetable raw materials. Actual scientific research in the modern world. Pereyaslav-Khmel'nitsky.] - 2019. - №4(48). - P.21-26. [in Russian]
8. Florinskaya E.A. Jekspertiza kachestva rassol'nyh syrov rossijskih i zarubezhnyh proizvoditelej // Uchenye zapiski Sankt-Peterburgskogo im. V.B. Bobkova filiala Rossijskoj tamozhennoj akademii. / Florinskaya E.A., Nikolaeva S.L. [Quality examination of brine cheeses of Russian and foreign manufacturers // Uchenye Zapiski Sankt-Peterburgskogo im. B. B. Bobkova branch of the Russian Customs Academy.] - 2015. - №1(53). - P.73-86. [in Russian]
9. Zelenskij V.A. Vliyanie upakovki mjagkih rassol'nyh syrov v polimernuju plenku na sozrevanie i kachestvo produkta // Tehnika i tehnologija pishhevyh proizvodstv. [The effect of packaging soft pickled cheeses in a polymer film on the ripening and product quality // Technique and technology of food production.] - 2011. - № 3 (22) - P.58-61. [in Russian]
10. Derevjanko N.P., Izgotovlenie brynzy s vitaminnym kompleksom / Naukovij visnik l'viv's'kogo Nacional'nogo universitetu veterinarnoї medicini ta biotekhnologij imeni S.Z. Izhic'kogo. / NP Derevjanko, AD Semenova [Manufacturing of brynza with vitamin complex / Scientific Bulletin of the National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S.Z. Hedgehog.] - 2016. V. 18. № 1-3 (65) - P. 44-48. [in Russian]
11. Skul'skaja I.V., Issledovanie strukturno-mehaničeskikh pokazatelej brynzy pri chastichnoj zamene povarennoj soli hloridom kalija // L'vovskij nacional'nyj universitet veterinarnoj mediciny i biotekhnologij imeni S.Z. Gzhickogo. / Skul'skaja I.V., Tsisaryk O.I. [The study of structural and mechanical parameters of feta cheese with a partial replacement of sodium chloride by potassium chloride // Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S.Z. Gzhitsky.] - 2016. - T.18. № 2-3 (68). - P. 99-102. [in Russian]
12. Sysoeva M.G. Obosnovanie i razrabotka tehnologii syrnoego produkta s primeneniem muki amaranta // Tehnologii pishhevoj i pererabatyvajushhej promyshlennosti APK - produkty zdorovogo pitaniya. / Sysoeva M.G., Glotova I.A., Aristova A.V., Pronina E.A., Polenov I.V., Smolskaya L.G. [Justification and development of technology for a cheese product using amaranth flour // Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products.] - 2017. - №5(19). - P. 64-72. [in Russian]
13. Sujunchev O.A. Issledovaniya strukturno-mehaničeskikh svojstv mjagkih i rassol'nyh syrov // Vestnik severokavkazskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. / Suyunchev O.A., Lepilkina O.V. [Studies of the structural and mechanical properties of soft and brine cheeses // Bulletin of the North Caucasus State Technical University.] - 2005. - №3. - P.77-81. [in Russian]
14. Hodunova O.S., Razrabotka sostava i tehnologii mjagkogo syra s prorošhennymi zernami ovsa // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Serija «Processy i apparaty pishhevyh proizvodstv». / Khodunova O.S., Silantyeva L.A. [Development of the composition and technology of soft cheese with sprouted oat grains // Scientific journal NRU ITMO. Series "Processes and Food Production Equipment".] - 2016. - №1. P. 100-106. [in Russian]
15. Aravina K.I., Razrabotka sostava i tehnologii mjagkogo syrnoego produkta s ispol'zovaniem vysokobelkovej muki amaranta // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Serija «Processy i apparaty pishhevyh proizvodstv». / Aravina K.I., Arsenyeva T.P. [Development of the composition and technology of a soft cheese product using high-protein amaranth flour // Scientific journal NRU ITMO. Series "Processes and Food Production Equipment".] - 2016 - No. 4. - P.17-25. [in Russian]
16. Sokhryakov S. O. Kompozitsiya plavlennogo syrnoego produkta «Otlichnik». / Sokhryakov S. O., Gavrilova N. B., Moliboga E. A. [The composition of the processed cheese product "Excellent"]. Patent RF No. 2450527, publ. 05/20/2012. [in Russian]
17. Strashnov N. M., Sposob polucheniya syrnoego produkta s rastitel'nyy napolnitelem. / Strashnov N. M., Zyuzina O. V., Zelenina L. S. et al. [A method for producing a cheese product with vegetable filler]. Patent RF № 2429705, publ. 27/10/2010. [in Russian]
18. Onopriyko A. V. Sposob proizvodstva syrykh produktov. / Onopriyko A. V., Onopriyko V. A., Trudova M. A. [Method for the production of cheese products]. Patent RF № 2473227, publ. 27/01/2013. [in Russian]
19. Vickie A.. Essentials of food science. 4th edition – Springer: 2014. 495 p.
20. Rastrovaja jelektronnaja mikroskopija dlja nanotekhnologij. Metody i primenenie // pod red. Ujejlj Zhu i Zhong Lin Uanga: perevod s angl. – M.: Binom. Laboratorija znaniy, [Scanning electron microscopy for nanotechnology. Methods and Application // Ed. Waley Zhu and Zhong Ling Wang: Translated from English - M.: Binom. Laboratory of Knowledge]. - 2013. – P.582. [in Russian]
21. Krus' G.N. i dr. Tehnologija moloka i molochnyh produktov. Pod red. A.M.Shalyginoy. [Krus G.N. et al. Technology of milk and dairy products. Editor A.M.Shalygina]. - M.: KolosS, 2006. - 455 p. [in Russian]
22. Himicheskij sostav pishhevyh produktov: Kniga 1: Spravochnye tablicy soderzhanija osnovnyh pishhevyh veshhestv i jenergetičeskoy cennosti pishhevyh produktov / Pod red. prof., d.med.n. I.M.Volgareva. izd 2-e. M.: VO «Agropromizdat». [Chemical composition of food products: Book 1: Reference tables for the content of basic nutrients and the energy value of food / Ed. prof., MD I.M.Volgareva. 2nd ed.] - M.: IN "Agropromizdat". - 1987. - 224 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.016>**ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ВОЗДУХОСБОРНИКОВ С КОРРОЗИОННЫМ ИЗНОСОМ**

Научная статья

Иванова Н.С.¹, Панюшкина М.С.^{2*}, Патрин С.А.³^{1, 2} ООО «Автоматика-сервис», г. Москва, РФ;³ ООО ЭДЦ «ЛайнсЭксперт», г. Дзержинск, Нижегородская область, РФ

* Корреспондирующий автор (marina_patrina[at]mail.ru)

Аннотация

В статье рассмотрены результаты технического диагностирования воздухоборника с использованием неразрушающих методов контроля оборудования: ультразвуковая толщинометрия, ультразвуковая дефектоскопия сварных швов и околошовной зоны, цветная дефектоскопия, а также акустико-эмиссионный контроль воздухоборника с наружными коррозионными дефектами. Раскрыто влияние дефектов, возникающих на поверхности воздухоборников из-за коррозионного износа на дальнейшую эксплуатацию рассматриваемого оборудования.

Ключевые слова: техническое диагностирование, экспертиза промышленной безопасности, акустико-эмиссионный контроль, коррозионный износ, неразрушающие методы контроля.

FEATURES OF INDUSTRIAL SAFETY EXAMINATION OF AIR COLLECTORS WITH CORROSION WEAR

Research article

Ivanova N.S.¹, Panyushkina M.S.^{2*}, Patrin S.A.³^{1, 2} Avtomatika-Service LLC, Moscow, Russian Federation;³ LinesExpert LLC EDC, Dzerzhinsk, Nizhny Novgorod Region, Russian Federation

* Corresponding author (marina_patrina[at]mail.ru)

Abstract

The paper discusses the results of technical diagnosis of the air collector with the help of non-destructive equipment control methods: ultrasonic thickness gauging, ultrasonic flaw detection of welds and the weld zones, color flaw detection, as well as acoustic emission monitoring of the air collector with external corrosion defects. The influence of defects arising on the surface of air collectors due to corrosion wear on the further operation of the equipment in question is disclosed in this article.

Keywords: technical diagnostics, industrial safety examination, acoustic emission control, corrosion wear, non-destructive testing methods.

Введение

Воздухосборник (часто используется название «ресивер») – широко распространенный в промышленности емкостной аппарат, используемый для хранения сжатого воздуха и создания его запаса на случай использования среды для технологических нужд, питания приборов КИП и др. Воздухосборники, как правило, представляют из себя сварные сосуды с цилиндрическими обечайками и приварными эллиптическими днищами.

Для заполнения воздухоборника используется компрессорное оборудование, в некоторых случаях давление набирается другим способом. Для транспортировки среды используется система штуцеров и трубопроводов.

Важным условием обеспечения безаварийной работы опасных технических устройств [1] (а воздухоборники, безусловно, к таковым относятся, так как работают под избыточным давлением более 0.07 МПа) является своевременное определение его технического состояния путем проведения технического диагностирования.

Одними из наиболее распространенных факторов выхода из строя оборудования является коррозионный износ и эрозионный износ. Его причины могут быть самыми различными. В данной статье будет раскрыто влияние дефектов, возникающих на поверхности воздухоборников из-за коррозионного износа.

Методы и принципы исследования

Обществу с ограниченной ответственностью, экспертно-диагностическому центру «ЛайнсЭксперт» г. Дзержинск, по договору о проведении экспертизы промышленной безопасности технического устройства (ТУ), был предъявлен вертикальный воздушный ресивер $V = 25$ куб.м., расположенный на открытой площадке на одном из заводов г. Дзержинска. Воздухосборник изготовлен в 1969 году заводом «Химмаш», г. Старая Русса, Новгородская область. Разрешенные параметры эксплуатации: давление не более 0.8 МПа (8.0 кгс/см²); температура от плюс 5°C до плюс 25°C [4]. Корпус воздухоборника изготовлен методом автоматической сварки из стали ВСт3сп ГОСТ 380-60, приварка люков и штуцеров производилась ручной электродуговой сваркой [3]. Диаметр аппарата – 2200 мм, габаритная высота – 7600 мм, высота цилиндрической части обечайки – 6000 мм. Толщина стенок обечайки – 10 мм, днищ – 16 мм (см. рисунок 1). Воздухосборник работает на осушенном воздухе, с точкой росы минус 20°C.

Внутренняя сторона металла коррозии практически не подвержена. А при использовании для компримирования воздуха поршневых компрессоров – внутренняя поверхность ресиверов может быть покрыта тонким слоем масла, который из паровой фазы конденсируется на стенках воздухоборника. Что дополнительно многократно снижает скорость коррозии.

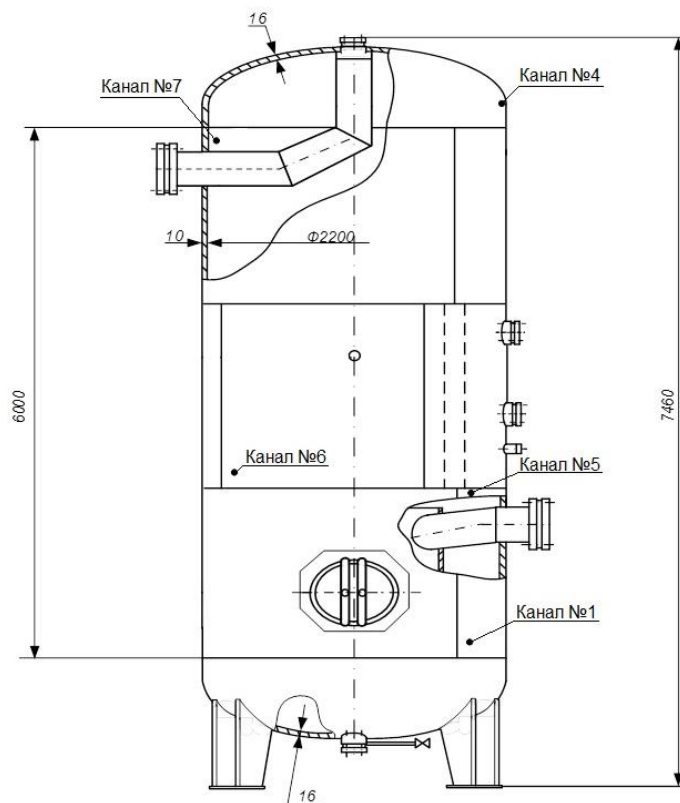


Рис. 1 – Исполнительная схема воздухоборника с указанием мест расстановки ПАЭ

В объём технического диагностирования вошли следующие работы [11]: наружный осмотр; внутренний осмотр; визуальный и измерительный контроль; неразрушающий контроль (ультразвуковая толщинометрия, ультразвуковая дефектоскопия сварных швов и околошовной зоны, цветная дефектоскопия); исследование металла (замер твёрдости сварных швов и околошовной зоны); испытание на прочность.

При проведении технического освидетельствования рассматриваемого сосуда, по решению эксперта, теплоизоляцию, которой был покрыт воздухоборник, было решено снять для более детального исследования состояния поверхности аппарата и сварных соединений.

При наружном осмотре была обнаружено, что вся наружная поверхность воздухоборника покрыта коррозионными раковинами округлой формы с ровными, скругленными краями, глубиной от 1 до 2 мм, длиной от 2 до 5 мм (см. рисунок 2). Данные дефекты поверхности ресивера явились следствием воздействия того, что атмосферная влага проникала через неплотности кожуха теплоизоляции, аккумулировалась в толще теплоизоляционного материала и на поверхности металла [2].

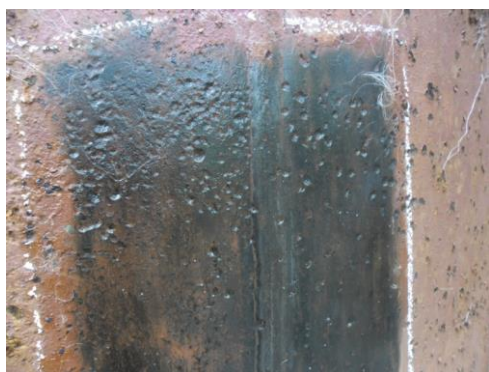


Рис. 2 – Фото обнаруженных дефектов на воздухоборнике

Площадь коррозионных поражений основного металла обечайки корпуса, в %, согласно ГОСТ 9.311-87 [3], определяется по формуле (1):

$$S_I = \frac{\sum_{k=1}^n S_{ik}}{S_{\text{оцен.}}} * 100 \quad (1)$$

где: i – А, Б, В...К – виды коррозионных поражений;

n = 84 – количество К видов коррозионных очагов поражения на оценочной площади;

$S_{ik} = 0,15 \text{ см}^2$ – площадь К вида коррозионного очага поражения;

$S_{\text{оцен.}} = 100 \text{ см}^2$ – площадь оцениваемой поверхности.

В результате расчёта получаем:

$$S_I = \frac{84 * 0,15}{100} * 100 = 12,6 \%$$

Согласно табл. 2, ГОСТ 9.311-87, оценка площади коррозионных поражений составляет 3 балла.

Антикоррозионное (лакокрасочное) покрытие нарушено. Других внутренних и наружных дефектов не обнаружено.

По результатам ультразвуковой толщинометрии стенок [6], утончения составили: не более 0,5 мм для обечайки и 1,5 мм для днищ аппарата.

По результатам выборочного контроля сварных соединений методом цветной дефектоскопии и ультразвуковым методом дефектов не обнаружено [5], [7].

При проведении твердометрии основного металла, околошовной зоны и сварного шва было определено, что твердость основного металла и сварных соединений находится в допустимых пределах [10], что указывает на отсутствие изменений механических свойств металла воздухосборника.

После получения положительных результатов предыдущих исследований, по правилам проведения технического диагностирования, необходимо выполнить испытание на прочность и плотность.

Ввиду наличия множественных дефектов у воздухосборника, обнаруженных по результатам визуально-измерительного контроля, было решено провести гидравлическое испытание в сопровождении акустико-эмиссионного (АЭ) контроля. Данный вид контроля позволяет выявить активные (развивающиеся) дефекты, в случае их обнаружения принимаются меры по локации дефекта.

Расстановка преобразователей акустической эмиссии (ПАЭ) – канал №1, канал №4, канал №5, канал №6, канал №7, показана выше (см. рисунок 1).

Нагружение объекта контроля производилось ручным насосом, испытательной средой являлась техническая вода, что отражено на графике нагружения (см. рисунок 3). На участках В-С и D-E подъем давления останавливался на 10 мин.

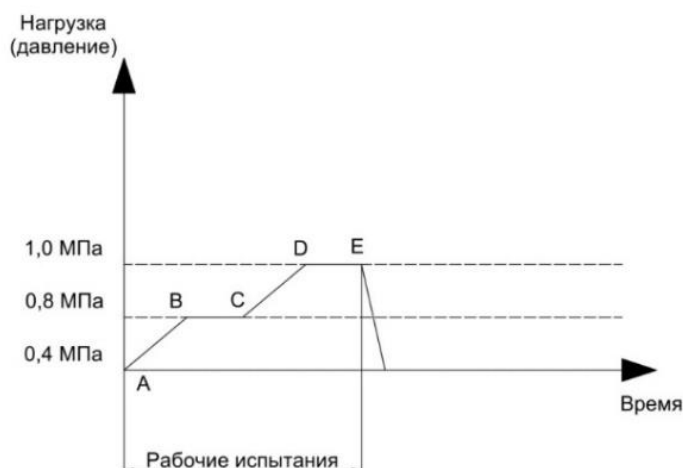


Рис. 3 – График нагружения воздухосборника при проведении гидравлического испытания в сопровождении АЭК

Ниже приведены результаты АЭК (см. рисунок 4). Наиболее показательным участком является промежуток С-D-E, так как во время него превышает рабочее давление аппарата и достигает испытательного давления. Наиболее активным, по результатам испытания, стал канал №7.

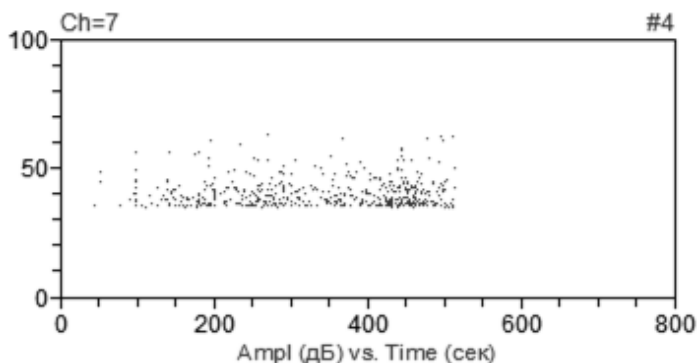


Рис. 4 – Результат испытания воздухосборника на промежутке С-D-E с канала №7

Анализируя график можно сделать вывод, что дефекты, обнаруженные на аппарате, относятся к источнику 1 класса, согласно ПБ 03-593-03 (пассивные источники акустической эмиссии [8]), и не оказывают существенного влияния на прочность сосудов, работающих под давлением, и могут быть допущены к дальнейшей эксплуатации без ремонта [9].

Заключение

Аппараты подобного типа встречаются регулярно. В случае невозможности проведения гидравлического испытания, применяется пневматическое нагружение в сопровождении АЭК. Если проанализировать результаты контроля воздухоносников с аналогичными рабочими параметрами, то они практически не отличаются от выше приведенных, так как на графиках с результатами АЭК не обнаружены активные источники АЭ. Варьируется только лишь фоновый шум, либо шум от нагружающего оборудования.

В результате анализа полученных результатов можно сделать вывод, что поверхностные дефекты в виде раковин с округлыми краями глубиной до 2мм включительно и эквивалентным размером до 5мм включительно, с площадью коррозионных поражений 12% (3 балла) не оказывают существенного влияния на прочность сосудов, работающих под давлением, и могут быть допущены к дальнейшей эксплуатации без ремонта.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [Электронный ресурс]: <https://bit.ly/3dEyToR> (дата обращения: 20.04.2020).
2. ГОСТ 9.311-87. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Метод оценки коррозионных поражений [Электронный ресурс]: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/218071/ (дата обращения: 20.04.2020).
3. ГОСТ 380-60. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки и общие технические требования. (Утратил силу в РФ) [Электронный ресурс]: <https://internet-law.ru/gosts/gost/59283/> (дата обращения: 20.04.2020).
4. ГОСТ Р 52630-2012. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия [Электронный ресурс]: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/standart/200464/ (дата обращения: 20.04.2020).
5. ГОСТ Р 55724-2013. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые [Электронный ресурс]: <https://internet-law.ru/gosts/gost/56025/> (дата обращения: 20.04.2020).
6. ГОСТ Р 55614-2013. Контроль неразрушающий. Толщиномеры ультразвуковые. Общие технические требования [Электронный ресурс]: <https://internet-law.ru/gosts/gost/55425/> (дата обращения: 20.04.2020).
7. ДиОР-05. Методика диагностирования технического состояния и определения остаточного ресурса технологического оборудования нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств [Электронный ресурс]: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/243146/ (дата обращения: 20.04.2020).
8. ПБ 03-593-03. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов [Электронный ресурс]: <https://gostinform.ru/normativnye-dokumenty-pogortekhnadzoru/pb-03-593-03-obj47197.html> (дата обращения: 20.04.2020).
9. СО 153.34.17.439-2003. Инструкция по продлению срока службы сосудов, работающих под давлением [Электронный ресурс]: <https://izmerenie.pro/1k-%283%29.pdf> (дата обращения: 20.04.2020).
10. СТО 00220256-005-2005. Швы стыковых, угловых и тавровых сварных соединений сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Методика ультразвукового контроля [Электронный ресурс]: <https://gostinform.ru/proizvodstvenno-otraslevye-standarty/sto-00220256-005-2005-obj55654.html> (дата обращения: 20.04.2020).
11. СТО СА-03-004-2009. Трубчатые печи, резервуары, сосуды и аппараты нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Требования к техническому надзору, ревизии и отбраковке [Электронный ресурс]: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/243272/ (дата обращения: 20.04.2020).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Federal'nyy zakon ot 21.07.1997 N 116-FZ (red. ot 29.07.2018) «O promyshlennoy bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob'yektov» [Federal Law of 21.07.1997 N 116-FZ (ed. from 29.07.2018) «About industrial safety of hazardous production facilities»] [Electronic resource]: <https://bit.ly/3dEyToR> (accessed: 20.04.2020). [in Russian]
2. GOST 9.311-87. Yedinaya sistema zashchity ot korrozii i stareniya. Pokrytiya metallicheskiye i nemetallicheskiye neorganicheskiye. Metod otsenki korrozionnykh porazheniy [Unified corrosion and aging protection system. Metallic and non-metallic inorganic coatings. Method for assessing corrosion damage] [Electronic resource]: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/218071/ (accessed: 20.04.2020). [in Russian]
3. GOST 380-60. Stal' uglepodistaya obyknovennogo kachestva. Marki i obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya [Carbon steel of ordinary quality. Brands and general specifications] (Expired in the Russian Federation) [Electronic resource]: <https://internet-law.ru/gosts/gost/59283/> (accessed: 20.04.2020). [in Russian]
4. GOST R 52630-2012. Sosudy i apparaty stal'nyye svarnyye. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya [Welded vessels and apparatus. General specifications] [Electronic resource]: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/standart/200464/ (accessed: 20.04.2020). [in Russian]
5. GOST R 55724-2013. Kontrol' nerazrushayushchiy. Soyedineniya svarnyye. Metody ul'trazvukovyye [Non-destructive testing. Welded joints. Ultrasonic Techniques] [Electronic resource]: <https://internet-law.ru/gosts/gost/56025/> (accessed: 20.04.2020). [in Russian]
6. GOST R 55614-2013. Kontrol' nerazrushayushchiy. Tolshchinomery ul'trazvukovyye. Obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya [Non-destructive testing. Ultrasonic thickness gauges. General technical requirements] [Electronic resource]: <https://internet-law.ru/gosts/gost/55425/> (accessed: 20.04.2020). [in Russian]
7. DiOR-05. Metodika diagnostirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya i opredeleniya ostatochnogo resursa tekhnologicheskogo oborudovaniya neftepererabatyvayushchikh, neftekhimicheskikh i khimicheskikh proizvodstv

[Methods of diagnosing the technical condition and determining the residual resource of technological equipment of oil refining, petrochemical and chemical industries] [Electronic resource]: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/243146/ (accessed: 20.04.2020). [in Russian]

8. PB 03-593-03. Pravila organizatsii i provedeniya akustiko-emissionnogo kontrolya sudov, apparatov, kotlov i tekhnologicheskikh truboprovodov [Rules for organizing and conducting acoustic emission monitoring of vessels, apparatus, boilers and process pipelines] [Electronic resource]: <https://gostinform.ru/normativnye-dokumenty-pogortexnadzoru/pb-03-593-03-obj47197.html> (accessed: 20.04.2020). [in Russian]

9. SO 153.34.17.439-2003. Instruktsiya po prodleniyu sroka sluzhby sudov, rabotayushchikh pod davleniyem [Instructions for extending the life of pressure vessels] [Electronic resource]: <https://izmerenie.pro/1k-%283%29.pdf> (accessed: 20.04.2020). [in Russian]

10. STO 00220256-005-2005. Shvy stykovykh, uglovykh i tавrovyykh svarnykh soyedineniy sudov i apparatov, rabotayushchikh pod davleniyem. Metodika ul'trazvukovogo kontrolya [Seams of butt, corner and tee welded joints of vessels and apparatuses operating under pressure. Ultrasonic Testing Technique] [Electronic resource]: <https://gostinform.ru/proizvodstvenno-otraslevye-standarty/sto-00220256-005-2005-obj55654.html> (accessed: 20.04.2020). [in Russian]

11. STO SA-03-004-2009. Trubchatyye pechi, rezervuary, sosudy i apparaty neftepererabatyvayushchikh i neftekhimicheskikh proizvodstv. Trebovaniya k tekhnicheskomu nadzoru, revizii i otrakovke [Tube furnaces, tanks, vessels and apparatuses of oil refining and petrochemical industries. Technical Supervision, Audit and Screening Requirements] [Electronic resource]: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/243272/ (accessed: 20.04.2020). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.017>МАГНИТНЫЙ ПОТОК И ИНДУКЦИЯ В СЕРДЦЕВИНАХ
НАМАГНИЧИВАЕМЫХ ЦЕПОЧЕК ШАРОВ

Научная статья

Сандуляк А.В.¹, Горпиненко Ю.О.², Полисмакова М.Н.^{3*}, Сандуляк Д.А.⁴, Сандуляк А.А.⁵¹ ORCID: 0000-0001-7605-2702;³ ORCID: 0000-0002-4564-6206;⁴ ORCID: 0000-0003-4269-6133;⁵ ORCID: 0000-0002-5111-6092;^{1, 2, 3, 4, 5} МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (m.polismakova[at]mail.ru)

Аннотация

Изложены результаты экспериментальных исследований цепочек шаров в магнитном поле длинного соленоида – при различных значениях напряженности намагничивающего поля $H = 4,8-54,5$ кА/м и числа шаров $n = 2-14$ в цепочке: с шарами радиусом $R = 15$ мм, а также с шарами радиусом $R = 20$ мм. Вместо традиционных измерительных датчиков в виде круговых петель из провода (подключаемых к микроверберметру) применены аналогичные по принципу, но более технологичные датчики, выполненные в виде круговых контуров разного относительного радиуса $r/R = 0,2-0,9$ – на печатных платах, помещаемых между смежными шарами в средней части цепочки. Получены семейства (по r/R и n) полевых зависимостей магнитного потока Φ сквозь эти датчики, а также соответствующие семейства полевых зависимостей магнитной индукции B в каждой (по r/R) условной сердцевине цепочки шаров. Установлен регрессирующий (но без признаков приближающего насыщения) рост полевых зависимостей Φ и B . Показано, что при увеличении r/R , т.е. по мере «утолщения» условных сердцевин, несмотря на увеличение значений Φ , значения B снижаются – ввиду уменьшения объема металла в сердцевине. Выявлено, что цепочки, характеризующиеся относительно малыми значениями n , по всем сердцевинным значениям Φ и B уступают более длинным цепочкам: из-за большего проявления размагничивающего фактора «коротких» цепочек шаров; значения Φ и B стабилизируются (достигая области автомодельности) при $n = 10-12$, причем независимо от R . На примере зависимостей B от r/R и n для цепочек с шарами $R = 15$ мм и цепочек с шарами $R = 20$ мм (взаимно согласующихся) показана универсальность этих зависимостей для подобного рода магнетиков.

Ключевые слова: намагничиваемая цепочка шаров, относительный радиус ее условной сердцевины, датчик-контур на печатной плате, магнитный поток, магнитная индукция.

MAGNETIC FLOW AND INDUCTION IN THE HEARTS OF MAGNETIZABLE BALL CHAINS

Research article

Sandulyak A.V.¹, Gorpinenko Yu.O.², Polismakova M.N.^{3*}, Sandulyak D.A.⁴, Sandulyak A.A.⁵¹ ORCID: 0000-0001-7605-2702;³ ORCID: 0000-0002-4564-6206;⁴ ORCID: 0000-0003-4269-6133;⁵ ORCID: 0000-0002-5111-6092;^{1, 2, 3, 4, 5} Russian Technological University (MIREA), Moscow, Russia

* Correspondent author (m.polismakova[at]mail.ru)

Abstract

The article contains the results of experimental studies of ball chains in the magnetic field of a long solenoid for different values of the magnetizing field strength $H = 4.8-54.5$ kA/m and the number of balls $n = 2-14$ in the chain: with balls of radius $R = 15$ mm, as well as with balls of radius $R = 20$ mm. Instead of traditional measuring sensors in the form of circular loops from a wire (connected to a micro-webermeter), similar but more technologically advanced sensors made in the form of circular loops of different relative radii $r/R = 0.2-0.9$ are used on printed circuit boards between adjacent balls in the middle of the chain. The families (in r/R and n) of field dependences of the magnetic flux Φ through these sensors are obtained, as well as the corresponding families of field dependences of the magnetic induction B in each (in r/R) conditional core of the ball chain. A regressive (but without the signs of approaching saturation) growth of the field dependences Φ and B was established. It is shown that with increasing r/R , i.e., as the conditional cores “thicken” despite the increase in Φ values, B values decrease due to a decline in the volume of metal in the core. It was revealed that chains characterized by relatively small values of n are inferior to longer chains in all core values of Φ and B : due to the greater manifestation of the demagnetizing factor of “short” ball chains; the values of Φ and B are stabilized (reaching self-similarity region) at $n = 10-12$, and independently of R . The universality of these dependences for this kind of magnets is shown on the example of the dependences of B on r/R and n for chains with balls $R = 15$ mm and chains with balls $R = 20$ mm (mutually consistent).

Keywords: magnetizable ball chain, relative radius of its conditional core, sensor circuit on a printed circuit board, magnetic flux, magnetic induction.

Введение

Изучение магнитных свойств неоднородных, в частности, сыпучих (гранулированных [1], [2], [3], зернистых [4], [5] и порошковых [6], [7], [8]) сред сводится, как правило, к так называемой макромоделю эффективной среды [5], когда используемый образец сыпучей среды уподобляется квазисплошному магнетиту, характеризующемуся определенными общими (как для сплошного магнетика) свойствами. Однако наряду с этим самостоятельный интерес представляет изучение таких специфичных сред на уровне как бы «микромоделей» – с углублением представлений о ряде магнитных

параметров именно внутри такого рода магнетиков, в том числе между самими элементами (гранулами), что требует соответствующей диагностики (реализация которой в микрообъемах, как известно, сопряжена с определенными сложностями). Между тем, именно такая информация крайне необходима, в частности, для результативного решения задач фильтрационной магнитной сепарации [1], когда в качестве рабочего органа (фильтр-матрицы) используются намагничиваемые гранулированные среды.

Если исходить из структурных особенностей гранулированных сред, то с точки зрения их намагничивания заслуживают особого внимания ключевые здесь компоненты этих структур – прямые и извилистые цепочки гранул (всегда проявляющие себя в направлении намагничивания), выполняющие функцию «проводников» магнитного потока, ответственных за намагничивание таких сред в целом [1], [9], [11]. Согласно разработанной в [1], [9], [11] модели избирательного (поканального) намагничивания гранулированной среды, концептуальными в этой модели являются такие параметры как магнитная проницаемость той или иной сердцевины радиусом $r \leq R$ (внутри цепочки шаров радиусом R) и магнитная проницаемость любого из тонких слоев этой, условно представляемой в виде многослойной, сердцевины (вплоть до ее предельного радиуса $r \rightarrow R$). Благодаря этому становится возможным получение решений обеих задач. Так, кроме значений макромодельных магнитных параметров гранулированной среды, т.е. среды-«жгута» цепочек гранул (в частности, магнитной проницаемости среды как квазисплошного магнетика и магнитной индукции в нем), можно также определять значения магнитной индукции в разных (по радиусу r) сердцевинах цепочки шаров и тонких слоях этих сердцевин (а это дает основания для определения напряженности поля и его неоднородности непосредственно в порах и пр.) [1], [9], [11].

Конкретизация задач экспериментальных исследований

Разумеется, доказательством состоятельности модели поканального намагничивания гранулированной среды в дополнение к сравнению расчетных и экспериментальных (вполне доступных) данных макромодельных магнитных параметров [1], [9], [10], могли бы послужить, в частности, экспериментальные данные такого ключевого магнитного параметра как магнитная индукция в разных (по радиусу r) сердцевинах цепочки шаров.

Предпринимавшиеся решения этой задачи, которые во многом способствовали созданию и развитию модели поканального намагничивания гранулированной среды, изложены в [1], [9], [11]. Эмпирической базой служили эксперименты [1] по измерению магнитного потока Φ сквозь измерительные, выполненные из тонкого провода, concentричные петли (разного радиуса $r \leq R$), подключаемые к микровеберметру и располагаемые между шарами в средней части достаточно длинной цепочки шаров, намагничиваемой в еще более длинном соленоиде.

Такой подход к получению столь необходимых, характеризующих те или иные сердцевин цепочки шаров, экспериментальных данных Φ , являющихся принципиальными (для определения магнитной индукции и проницаемости сердцевин и «слоев» этих сердцевин, а также напряженности поля и его индукции между шарами), следует признать весьма перспективным. При этом измерениями охватывается существенная часть сечения микрообъема между шарами – за счет имеющейся возможности «углубить» измерительные датчики (петли) в изучаемый образец-магнетик, т.е. в цепочку контактирующих шаров, особенно при использовании шаров повышенного радиуса [1], [9], [11]. Так, радиус петли r может варьироваться от значений r , соизмеримых с радиусом шаров, до значений r , отстоящих от точки контакта шаров сравнительно недалеко (пока диаметр провода петли станет соизмеримым с расстоянием между поверхностями смежных шаров).

Вместе с тем, реализация этого подхода была бы более информативной (по сравнению с [1], [9], [11]) при выполнении, в частности, следующих расширенных требований.

Так, придерживаясь того же, наиболее приемлемого здесь варианта датчика (основывающегося на принципе «петли»), необходимо совершенствовать как технологию его изготовления (с обеспечением формы датчика – именно в виде строгой плоской окружности, причем для системы разных по радиусу датчиков – и их строгой concentричности), так и технологию оперативного позиционирования датчика (строго в плоскости симметрии межшарового объема, причем при полном совпадении центра окружности датчика и точки контакта шаров).

Далее, необходимо при проведении подобного рода опытов увеличить число разных по радиусу датчиков, т.е. минимизировать шаг радиуса используемых датчиков.

Важным является также проведение экспериментов с использованием изучаемых образцов-цепочек разной длины, в данном случае – разного числа шаров в цепочке, начиная с двух и завершая таким их числом, когда при его дальнейшем увеличении достигалось бы только простое воспроизводство измеряемых данных (что свидетельствовало бы о практическом обнулении размагничивающего фактора такого удлиненного специфичного магнетика).

Кроме того, следовало бы не ограничиваться экспериментами с одинаковыми по диаметру образцами-цепочками, а использовать образцы-цепочки разного диаметра (т.е. с шарами в них одинакового, но иного диаметра).

Результаты экспериментальных исследований и их анализ

При проведении опытов с той или иной цепочкой шаров диаметром D (радиусом R), помещаемой в достаточно длинный секционный соленоид, измеряли магнитный поток Φ датчиками этого потока, размещаемыми между срединными шарами цепочки шаров (рис.1а) – подобно размещению традиционных круговых датчиков-петель (из провода) в ранее выполняемых экспериментах [1], [9], [11].

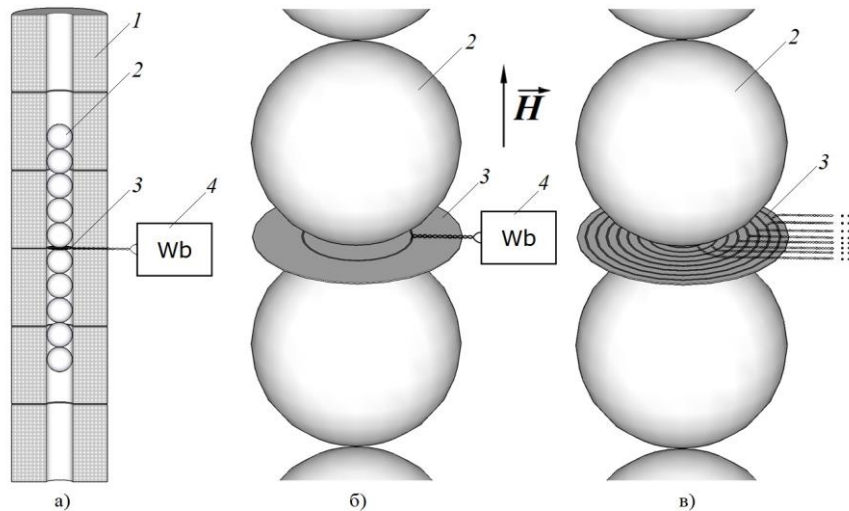


Рис. 1 – Схема экспериментальной установки: 1 – секционный соленоид, 2 – цепочка шаров, 3 – датчик (дополнительно иллюстрируется справа) в виде печатной платы с круговым контуром, имеющим проводные выводы к микроверметру (или блоком concentричных контуров, каждый из которых имеет проводные выводы к микроверметру, 4 – микроверметр

Однако в данной работе, в отличие от существующих решений, когда для подобных целей традиционно изготавливаются или заимствуются датчики в виде потокоизмерительных петель (обычно из круглого провода), а также катушек, для проведения экспериментов в данной работе изготовлен и протестирован модернизированный датчик. Будучи эквивалентным по принципу традиционным датчикам, он является более технологичным по отношению к ним, особенно если речь идет о его применении для диагностики поля в характерных для рассматриваемой задачи микрообъемах. Это – выполненный на тонкой (0,25мм) печатной плате круговой контур (рис.1б), разумеется, с малым разрывом для проводного соединения соответствующих концов этого контура с микроверметром, а для большей оперативности (для исключения частых замен датчиков с контурами-петлями иных радиусов) – система concentричных контуров (рис.1в).

При таком техническом решении создаются лучшие, чем в аналоге, возможности для создания требуемой формы датчика (контура-петли) – как практически идеальной окружности на плоскости, а при использовании системы датчиков – их concentричности. К тому же, обеспечиваются также лучшие возможности (причем с упрощением) для позиционирования датчика (системы concentричных контуров-петель) – строго в плоскости симметрии микрообъема между шарами, куда помещается такой датчик (на базе печатной платы). Кроме того, лучшими становятся возможности для выполнения необходимого требования о «совпадении» центра окружности датчика (датчиков) с точкой контакта смежных шаров (т.е. с центром симметрии межшарового объема). Для этого и одновременно для обеспечения взаимного контакта смежных шаров, между которыми размещается датчик, в центре платы, т.е. concentрично контуру-петле (контурам-петлям), выполнено посадочное отверстие, диаметр d_0 которого определяется в зависимости от диаметра D используемых шаров и толщины δ рабочей платы:

$$d_0 = \sqrt{\delta(2D - \delta)} \quad (1)$$

Это условие следует из несложных геометрических связей, если в звене цепочки шаров, где расположен датчик (рис.2), рассмотреть прямоугольный треугольник (пунктир) между центром шара, характерной точкой кромки отверстия в плате и основанием нормали, проведенной из этой точки к межцентральной линии шаров.

Опыты (с измерением магнитного потока Φ сквозь измерительные датчики: контуры-петли) выполнены при различных значениях напряженности намагничивающего поля H – от 4,8кА/м до 54,5кА/м, числа шаров n в цепочке – от 2 до 14 (соответственно длины цепочки – от $2D$ до $14D$), радиуса датчика r (относительного радиуса r/R) – от 0,2 до 0,9. После каждого измерения Φ проводилось размагничивание изучаемой цепочки шаров (обладающей остаточной намагниченностью) затухающим переменным полем.

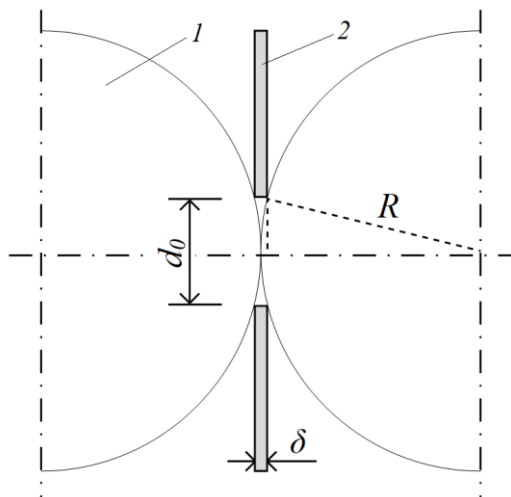


Рис. 2 – Схема звена цепочки шаров 1 (двух срединных) диаметром $D=2R$, между которыми размещен датчик 2 с толщиной (печатной платы) δ и центральным отверстием диаметром d_0 , определяемом согласно условию (1)

В опытах использовались цепочки шаров диаметром $D=30\text{мм}$ ($R=15\text{мм}$) и дополнительно – цепочки шаров диаметром $D=40\text{мм}$ ($R=20\text{мм}$). При этом выбор шаров именно повышенного диаметра (в цепочках шаров повышенного габарита) обусловлен необходимостью «проникновения» датчика (насколько это возможно даже при столь малой толщине датчика) вглубь межшарового объема (рис.2), все более уменьшающегося по «поперечнику» при уменьшении относительного радиуса r/R применяемого датчика.

Данные измерений магнитного потока Φ , полученные при различных значениях H , n и r/R (в указанных выше диапазонах варьирования этих параметров), приведены в табл.1 – для цепочек шаров диаметром $D=30\text{мм}$.

О характере найденных полевых зависимостей Φ , т.е. зависимостей Φ от H , причем в виде весьма представительных семейств таких зависимостей (для различного числа шаров в цепочке n и различного относительного радиуса контуров-петель r/R , т.е. различного относительного радиуса той или иной сердцевины цепочки шаров), можно судить по иллюстрациям на рис.3.

По всем зависимостям Φ от H полученных семейств видно (рис.3), что с повышением напряженности поля H значения магнитного потока Φ монотонно возрастают, но, заметим – со снижением интенсивности этого роста по мере повышения H . При этом параметры n и r/R , практически не влияя на характер этих зависимостей, тем не менее, оказывают существенное влияние на значения Φ . В частности, чем больше радиус контура r (относительный радиус r/R), тем больше и магнитный поток Φ сквозь него (рис.3), что свидетельствует и о все большем (при повышении r/R) магнитном потоке Φ в соответствующей сердцевине цепочки шаров.

Вместе с тем, если перейти от данных магнитного потока Φ к данным магнитной индукции B (как частное от деления величины Φ на сечение контура-петли $S=\pi r^2$, отражающее поперечное сечение сердцевин того или иного радиуса r), т.е. используя связь:

$$B = \frac{\Phi}{S} \quad (2)$$

то в дополнение к семействам зависимостей Φ от H (рис.3) можно получить родственные им, тоже с регрессирующим ростом, семейства зависимостей B от H (рис.4), где, заметим, взаимное положение соответствующих кривых ожидаемо изменилось на обратное.

Действительно, показанные на рис.4 кривые B от H – это, по сути, кривые намагничивания сердцевин (того или иного радиуса r) цепочки шаров. Значит, с повышением r , когда объемная доля γ металла в сердцевине уменьшается (рис.5), магнитная индукция в ней снижается (рис.4).

Так, если радиус r сердцевин $r/R \rightarrow 0$, т.е. когда «прослойка» между шарами становится исчезающе малой, то объемная доля γ металла в ней: $\gamma \rightarrow 1$. При увеличении же r/R , вплоть до $r/R = 1$, объемная доля γ металла в ней уменьшается до значения $\gamma = 0,67$, как это следует из примера условного звена (длиной $2R$) цепочки шаров (рис.5а). Действительно, при такой же длине сердцевин в модуле ($2R$) ее объем равен $\pi r^2 2R$, а объем металла (как совокупный объем двух полушарий): $4\pi R^3/3$. Значит, частное от взаимного деления этих объемов: $(4\pi R^3/3)/(\pi r^2 2R) = \gamma = 2/3 = 0,67$.

Таблица 1 – Магнитный поток Φ , пронизывающий контуры относительного радиуса r/R при числе n шаров в цепочке и напряженности поля H . Диаметр шаров $D = 30$ мм.

| r/R | n | Данные Φ (мкВб) при различных H (кА/м): от 4,8 до 54,5 кА/м | | | | | | | | | | |
|-------|-----|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 4,8 | 10 | 14,8 | 20 | 24,8 | 29,7 | 34,6 | 39,5 | 44,3 | 48,7 | 54,5 |
| 0,2 | 2 | 7 | 13,8 | 19,5 | 25,5 | 30 | 34 | 37,5 | 40 | 43 | 45 | 47 |
| | 4 | 10 | 19,8 | 27,5 | 33 | 38 | 42 | 45,5 | 47,5 | 50 | 52,5 | 54,5 |
| | 6 | 12,5 | 22,5 | 30,5 | 37 | 42 | 45 | 47,5 | 50 | 52,3 | 53,5 | 55,5 |
| | 8 | 13 | 24 | 32 | 38,5 | 43 | 46 | 48,8 | 51,3 | 53 | 54,5 | 56 |
| | 10 | 13,5 | 25 | 32,5 | 38,5 | 43,5 | 47 | 50 | 51,9 | 53,8 | 55 | 57 |
| | 12 | 13,5 | 25 | 32,5 | 38,5 | 43,5 | 47 | 50 | 51,9 | 53,8 | 55 | 57 |
| | 14 | 13,5 | 25 | 32,5 | 38,5 | 43,5 | 47 | 50 | 51,9 | 53,8 | 55 | 57 |
| 0,3 | 2 | 10,5 | 21 | 28,5 | 36 | 44,5 | 52 | 58 | 65 | 71 | 76 | 81 |
| | 4 | 14 | 28 | 40,3 | 51 | 60 | 70 | 78 | 84 | 90 | 96 | 100 |
| | 6 | 16 | 31 | 45 | 57 | 67 | 76 | 83,5 | 92 | 97,5 | 102,5 | 107,5 |
| | 8 | 17 | 33,5 | 48 | 61 | 71 | 80 | 87,5 | 95 | 100 | 105 | 110 |
| | 10 | 17 | 34,5 | 48 | 62 | 71 | 81 | 90 | 97,5 | 102,5 | 106,3 | 112,5 |
| | 12 | 17 | 34,5 | 48 | 62 | 71 | 81 | 90 | 97,5 | 102,5 | 106,3 | 112,5 |
| | 14 | 17 | 34,5 | 48 | 62 | 71 | 81 | 90 | 97,5 | 102,5 | 106,3 | 112,5 |
| 0,4 | 2 | 12 | 22,5 | 34 | 44 | 54 | 64 | 72 | 81 | 89 | 97,5 | 105 |
| | 4 | 17 | 35 | 48 | 62 | 75 | 88 | 100 | 110 | 119 | 127,5 | 137,5 |
| | 6 | 20 | 38,5 | 55 | 71 | 86 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 147,5 |
| | 8 | 20,5 | 40 | 59 | 75 | 90 | 102,5 | 115 | 125 | 135 | 145 | 155 |
| | 10 | 20,5 | 41,5 | 60 | 76 | 91 | 105 | 117,5 | 130 | 137,5 | 147,5 | 157,5 |
| | 12 | 20,5 | 41,5 | 60 | 76 | 91 | 105 | 117,5 | 130 | 137,5 | 147,5 | 157,5 |
| | 14 | 20,5 | 41,5 | 60 | 76 | 91 | 105 | 117,5 | 130 | 137,5 | 147,5 | 157,5 |
| 0,5 | 2 | 13 | 24 | 37 | 49 | 60 | 74 | 82 | 92 | 102,5 | 112,5 | 122,5 |
| | 4 | 19 | 37 | 54 | 71 | 86 | 100 | 115 | 127,5 | 140 | 152,5 | 162,5 |
| | 6 | 21,5 | 42,5 | 63 | 82 | 97,5 | 117,5 | 132,5 | 145 | 157,5 | 170 | 180 |
| | 8 | 23,5 | 44,5 | 66 | 86 | 102,5 | 120 | 137,5 | 150 | 162,5 | 175 | 190 |
| | 10 | 24,5 | 47 | 67 | 87 | 105 | 122,5 | 137,5 | 152,5 | 165 | 177,5 | 192,5 |
| | 12 | 24,5 | 47 | 67 | 87 | 105 | 122,5 | 137,5 | 152,5 | 165 | 177,5 | 192,5 |
| | 14 | 24,5 | 47 | 67 | 87 | 105 | 122,5 | 137,5 | 152,5 | 165 | 177,5 | 192,5 |
| 0,6 | 4 | 21 | 40 | 59 | 79 | 97,5 | 115 | 130 | 145 | 160 | 175 | 187,5 |
| | 6 | 24 | 49 | 68 | 90 | 110 | 127,5 | 145 | 162,5 | 177,5 | 192,5 | 205 |
| | 8 | 25,5 | 49,5 | 72 | 94 | 112,5 | 135 | 155 | 170 | 187,5 | 200 | 217,5 |
| | 10 | 26,5 | 52 | 74 | 98 | 117,5 | 140 | 157,5 | 172,5 | 190 | 205 | 220 |
| | 12 | 26,5 | 52 | 74 | 98 | 117,5 | 140 | 157,5 | 172,5 | 190 | 205 | 220 |
| | 14 | 26,5 | 52 | 74 | 98 | 117,5 | 140 | 157,5 | 172,5 | 190 | 205 | 220 |
| | 2 | 14,8 | 28 | 44 | 57 | 72 | 84 | 100 | 112,5 | 125 | 137,5 | 150 |
| 0,7 | 4 | 22,5 | 43,5 | 64 | 86 | 105 | 122,5 | 140 | 160 | 175 | 190 | 205 |
| | 6 | 25 | 50 | 74 | 96 | 122,5 | 140 | 160 | 177,5 | 197,5 | 210 | 227,5 |
| | 8 | 26 | 54 | 79 | 102,5 | 127,5 | 147,5 | 167,5 | 185 | 202,5 | 220 | 240 |
| | 10 | 28,5 | 56 | 81 | 105 | 127,5 | 150 | 170 | 190 | 207,5 | 225 | 245 |
| | 12 | 28,5 | 56 | 81 | 105 | 127,5 | 150 | 170 | 190 | 207,5 | 225 | 245 |
| | 14 | 28,5 | 56 | 81 | 105 | 127,5 | 150 | 170 | 190 | 207,5 | 225 | 245 |
| | 2 | 15 | 31,5 | 47 | 62 | 77 | 91 | 107,5 | 120 | 135 | 147,5 | 160 |
| 0,8 | 4 | 23,5 | 46 | 68 | 91 | 112,5 | 130 | 150 | 170 | 187,5 | 202,5 | 222,5 |
| | 6 | 26,5 | 54 | 79 | 105 | 127,5 | 150 | 170 | 192,5 | 210 | 230 | 250 |
| | 8 | 30 | 58 | 85 | 112,5 | 135 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 |
| | 10 | 30 | 60 | 87 | 115 | 140 | 162,5 | 185 | 205 | 225 | 245 | 265 |
| | 12 | 30 | 60 | 87 | 115 | 140 | 162,5 | 185 | 205 | 225 | 245 | 265 |
| | 14 | 30 | 60 | 87 | 115 | 140 | 162,5 | 185 | 205 | 225 | 245 | 265 |
| | 2 | 16,5 | 33 | 52 | 66 | 81 | 97,5 | 112,5 | 127,5 | 142,5 | 157,5 | 172,5 |
| 0,9 | 4 | 23 | 49 | 74 | 95 | 117,5 | 140 | 160 | 182,5 | 202,5 | 220 | 240 |
| | 6 | 29 | 56 | 84 | 110 | 135 | 157,5 | 180 | 202,5 | 225 | 245 | 265 |
| | 8 | 30 | 60 | 89 | 117,5 | 142,5 | 167,5 | 192,5 | 217,5 | 240 | 260 | 280 |
| | 10 | 31 | 62 | 90 | 120 | 147,5 | 172,5 | 195 | 217,5 | 240 | 260 | 280 |
| | 12 | 31 | 62 | 90 | 120 | 147,5 | 172,5 | 195 | 217,5 | 240 | 260 | 280 |
| | 14 | 31 | 62 | 90 | 120 | 147,5 | 172,5 | 195 | 217,5 | 240 | 260 | 280 |
| | | | | | | | | | | | | |

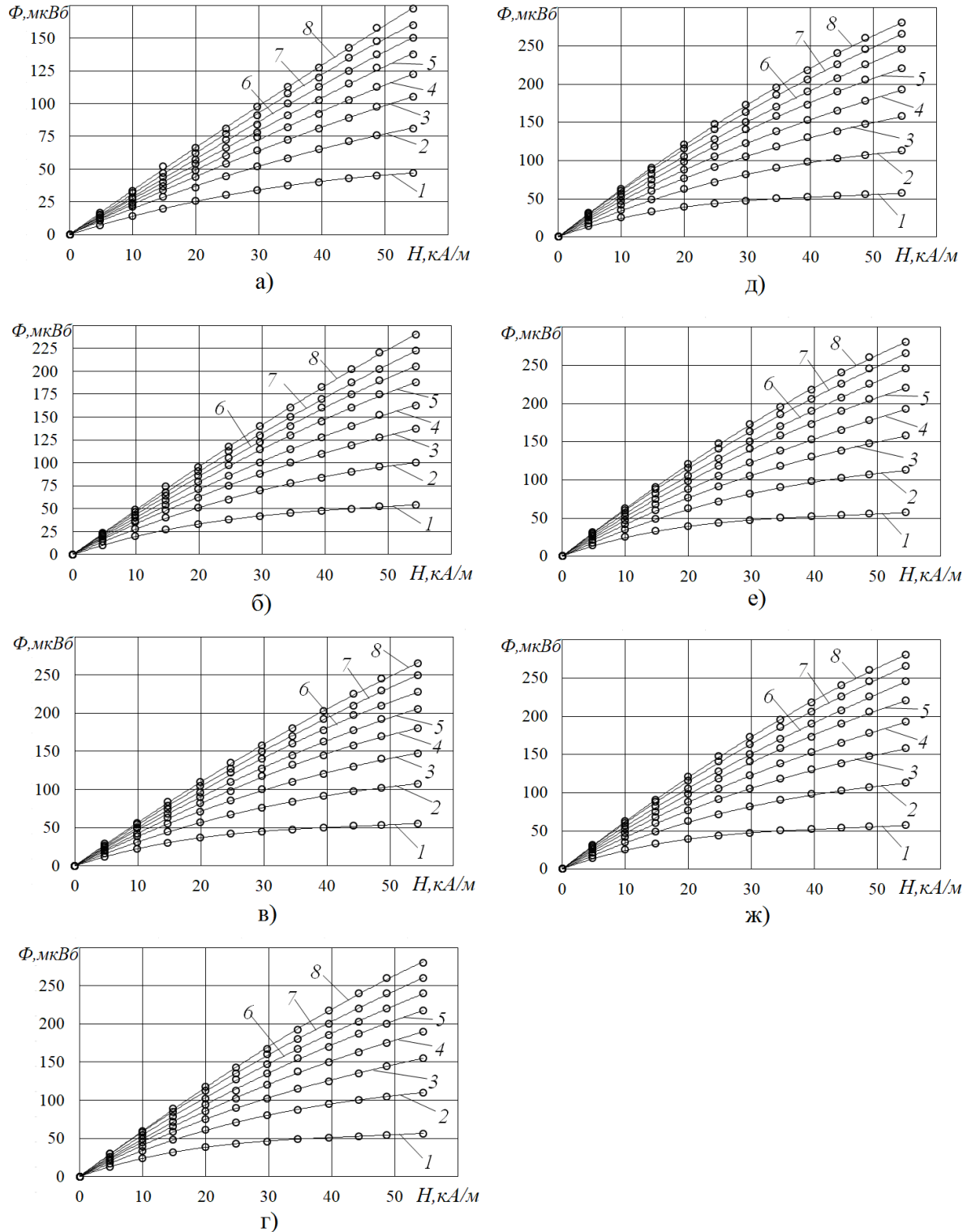


Рис. 3 – Полевые зависимости магнитного потока сквозь контуры-петли различного радиуса r (на печатной плате), располагаемые в плоскости симметрии межшарового объема и «охватывающие» точку контакта шаров радиусом $R=15\text{мм}$, для различного числа шаров n в цепочке; а) $n=2$, б) $n=4$, в) $n=6$, г) $n=8$, д) $n=10$, е) $n=12$, ж) $n=14$; 1– $r/R=0,2$, 2– $r/R=0,3$, 3– $r/R=0,4$, 4– $r/R=0,5$, 5– $r/R=0,6$, 6– $r/R=0,7$, 7– $r/R=0,8$, 8– $r/R=0,9$

Для определения промежуточных значений γ (при $0 \leq r/R \leq 1$) следует учесть геометрические особенности сердцевин того же условного звена (рис.5а). Объем металла γ в сердцевине несложно определить, если принять во внимание известное выражение для расчета объема двух шаровых сегментов (как части объема металла сердцевин). Тогда можно показать, что для любого значения r/R в интересующем нас диапазоне $0 \leq r/R \leq 1$ величина γ может быть определена по выражению:

$$\gamma = \frac{2}{3} \left[\sqrt{1 - (r/R)^2} + \frac{1 - \sqrt{1 - (r/R)^2}}{(r/R)^2} \right] \quad (3)$$

графический вид которой показан на рис.5б.

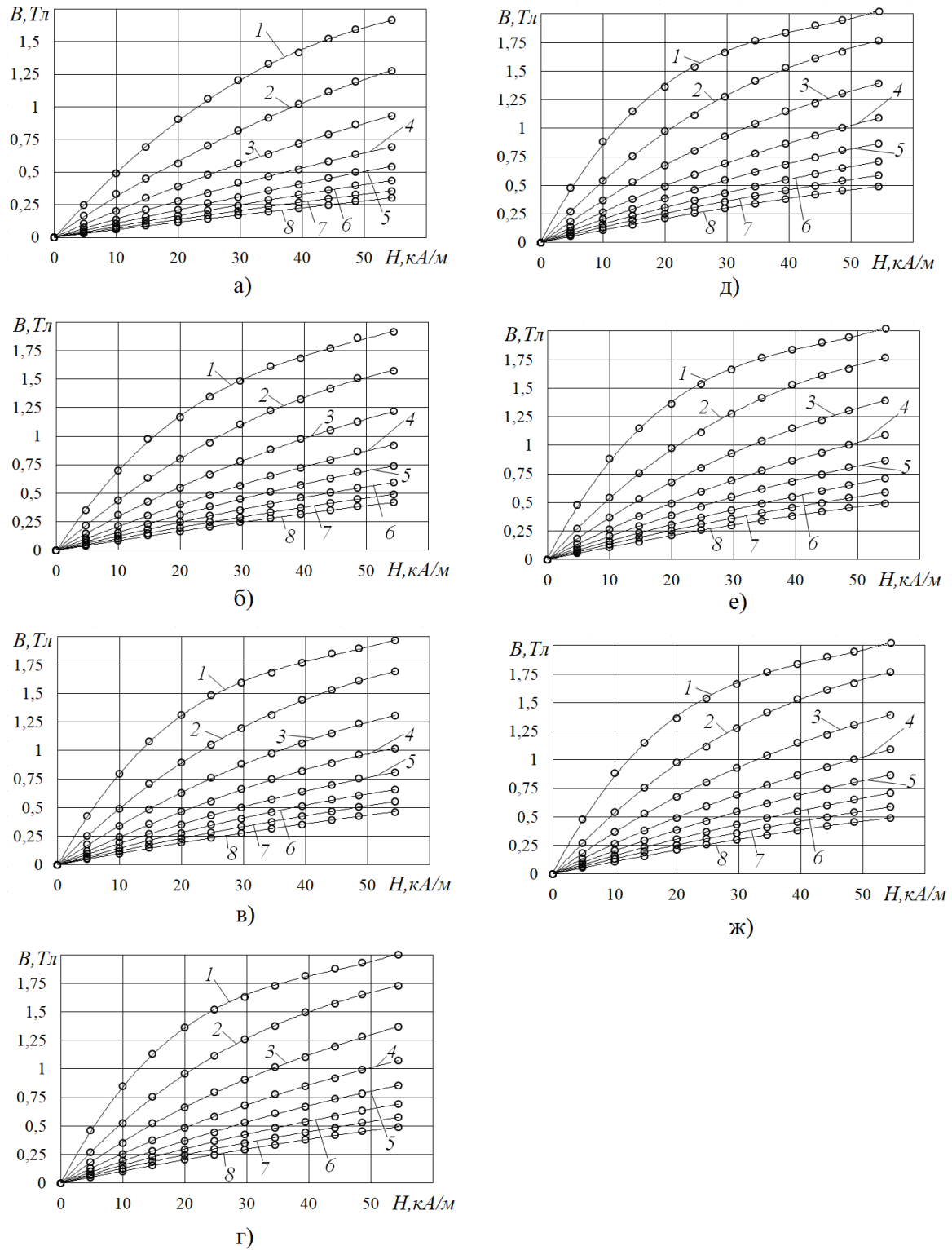


Рис. 4 – Полученные по данным рис.4 полевые зависимости индукции (кривые намагничивания) для сердцевин радиусом r , условно выделяемых в цепочке шаров ($R=15\text{мм}$); обозначения соответствуют обозначениям на рис.3

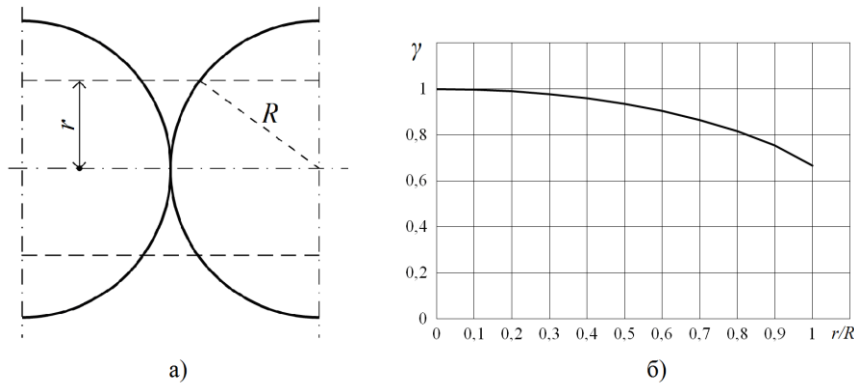


Рис. 5 – Иллюстрация к оценке объемной доли γ металла в сердцевине радиуса r цепочки шаров радиуса R (а) и вид представленной выражением (3) зависимости γ от r/R (б)

Характеризуя показанные на рис.3 и рис.4 зависимости, которые по мере увеличения напряженности поля H демонстрируют, как уже оговорено выше, продолжающийся рост и магнитного потока Φ , и более показательного параметра, а именно индукции B , причем со снижением интенсивности этого роста, следует отметить примечательную особенность этих зависимостей. Так, признаков насыщения той или иной сердцевины или приближения к насыщению (как это обычно наблюдается, например, при изучении магнитных свойств ферромагнитных сплошных образцов) здесь нет.

Еще одной особенностью зависимостей, показанных на рис.3 и рис.4, является то, что на уровень их расположения (по ординатам, т.е. по числовым значениям Φ и B) заметное влияние оказывает число шаров n в цепочке (если сравнивать зависимости, полученные при относительно малых n , т.е. для относительно «коротких» цепочек-образцов, с зависимостями, полученными при повышенных n , т.е. для удлиненных цепочек-образцов).

Сказанное позволяет говорить о проявлении размагничивающего фактора таких специфичных магнетиков. Так, начиная с минимального значения $n=2$, при последующем увеличении n магнитный поток Φ в каждой из сердцевин цепочки и индукция B в сердцевине повышаются (рис.3,4), свидетельствуя тем самым об уменьшении размагничивающего фактора сердцевин (аналогично традиционным сплошным [12], [13], [14] и даже пористым, в частности, гранулированным [1], [4] образцам).

При этом интенсивность «приращения» Φ и B по мере увеличения n снижается (рис.3,4), что более наглядно видно, если показанные, например, на рис.4 данные B от H , полученные при разных значениях n , частично (охватывая, тем не менее, весь используемый диапазон напряженности поля H) представить в координатах B от n (рис.6).

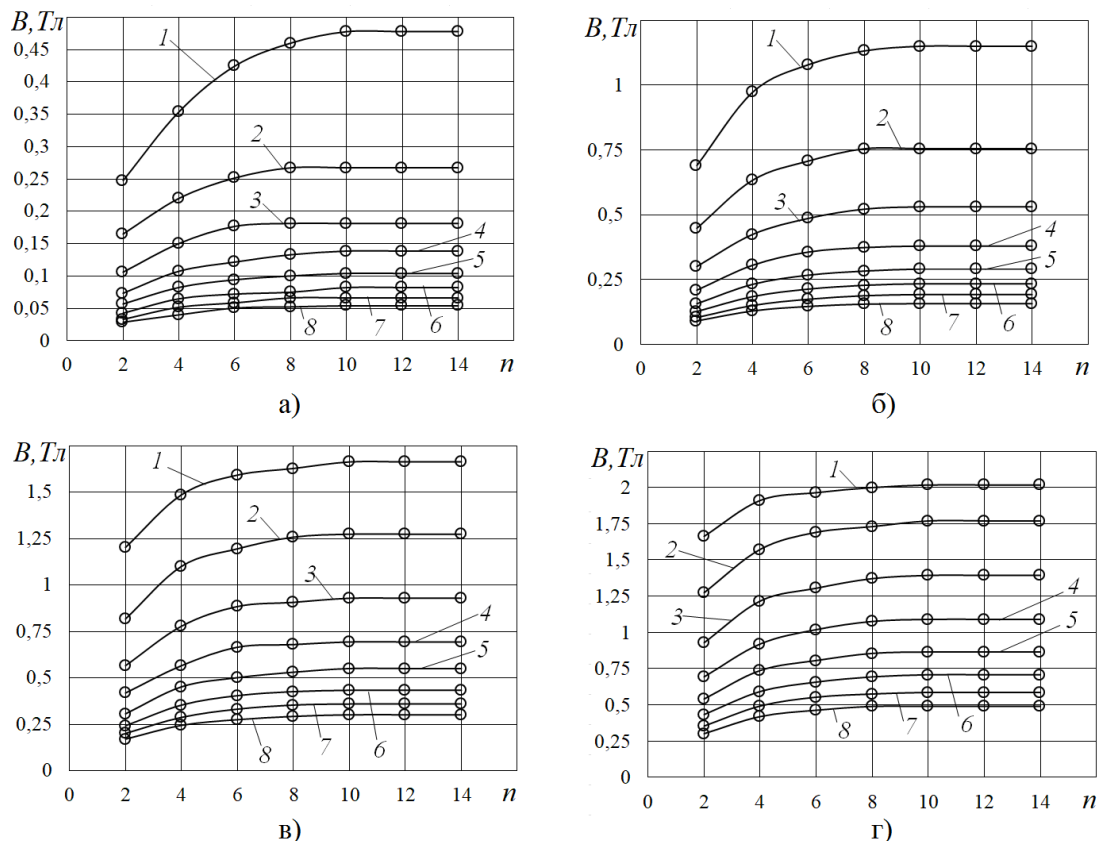


Рис. 6 – Зависимости индукции в сердцевине (радиусом r) цепочки шаров радиусом $R=15$ мм от числа шаров, при различной напряженности поля H ; а) $H=4,8$ кА/м, б) $H=14,8$ кА/м, в) $H=29,7$ кА/м, г) $H=54,5$ кА/м; 1– $r/R=0,2$, 2– $r/R=0,3$, 3– $r/R=0,4$, 4– $r/R=0,5$, 5– $r/R=0,6$, 6– $r/R=0,7$, 7– $r/R=0,8$, 8– $r/R=0,9$

Видно (рис.6), что интенсивность роста B снижается всего лишь до $n = 10-12$, причем для всех сердцевин (для разных r/R), а при $n \geq 10-12$ зависимости B от n становятся практически автомодельными. Это значит, что при $n \geq 10-12$ изучаемый образец (напомним, здесь в виде цепочек шаров радиусом $R = 15\text{мм}$) является уже достаточно длинным – настолько, что влияние размагничивающего фактора минимизировано.

Уместно предположить, что такие из полученных результатов как зависимости магнитной индукции B от напряженности поля H (рис.4), а также от числа n шаров в цепочке (рис.6), характеризующие определенные (по относительному радиусу r/R) сердцевин цепочек шаров, согласно принципу подобия (по безразмерным параметрам n и r/R) должны оставаться справедливыми для цепочек шаров иного радиуса, что требует соответствующего экспериментального подтверждения.

Поэтому в дополнение к приведенным выше данным измерений магнитного потока Φ при тех же значениях напряженности намагничивающего поля H , числа шаров в цепочке n и относительного радиуса контуров-петель (сердцевин цепочек шаров) r/R получены аналогичные данные (табл.2), но для цепочек шаров иного радиуса: $R = 20\text{мм}$. При этом использовался описанный выше датчик с контурами-петлями на печатной плате, но применительно к изменившемуся радиусу шаров.

Представленные для цепочек шаров такого радиуса ($R = 20\text{мм}$) соответствующими зависимостями Φ от H (при различных n и r/R) на рис.7 (как и ранее на рис.3 для цепочек шаров радиусом $R = 15\text{мм}$ при тех же n и r/R), они свидетельствуют о качественном согласии сопоставляемых (на рис.7 и на рис.3) зависимостей.

Что же касается последовавших из них (цепочки шаров радиусом $R = 20\text{мм}$) наиболее интересующих нас зависимостей B от H (при различных n и r/R) на рис.8, а также зависимостей B от n (при различных H и r/R) на рис.9, то они свидетельствуют о полном, теперь уже количественном, согласии с соответствующими (по всем параметрам, за исключением R) зависимостями для ранее используемых цепочек шаров радиусом $R = 15\text{мм}$. Тем самым, подтверждая справедливость высказанного выше предположения, можно говорить о том, что с точностью до безразмерных параметров r/R и n полученные результаты, касающиеся, прежде всего, данных индукции магнитного поля в разных (по толщине) сердцевинах цепочек шаров (т.е. кривых намагничивания сердцевин), а также этих данных в зависимости от числа шаров в цепочке, можно распространить на цепочки шаров любого радиуса.

Таблица 2 – Магнитный поток Φ , пронизывающий контуры относительного радиуса r/R при числе n шаров в цепочке и напряженности поля H . Диаметр шаров $D = 40$ мм.

| r/R | n | Данные Φ (мкВб) при различных H (кА/м): от 4,8 до 54,5 кА/м | | | | | | | | | | |
|-------|-----|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 4,8 | 10 | 14,8 | 20 | 24,8 | 29,7 | 34,6 | 39,5 | 44,3 | 48,7 | 54,5 |
| 0,2 | 2 | 13 | 26 | 37 | 47 | 55 | 62 | 68 | 74 | 78 | 82 | 86 |
| | 4 | 18 | 36 | 49,5 | 61 | 70 | 76 | 82 | 86 | 89,5 | 93 | 96 |
| | 6 | 21 | 40 | 54 | 66 | 74 | 81 | 86 | 90 | 93 | 95,5 | 98 |
| | 8 | 22,5 | 41 | 56 | 67 | 76 | 82 | 86 | 90 | 93 | 95,5 | 98 |
| | 10 | 23 | 42 | 57 | 68,5 | 77 | 83 | 87,5 | 91 | 93,5 | 95,5 | 98 |
| | 12 | 23 | 42 | 57 | 68,5 | 77 | 83 | 87,5 | 91 | 93,5 | 95,5 | 98 |
| | 14 | 23 | 42 | 57 | 68,5 | 77 | 83 | 87,5 | 91 | 93,5 | 95,5 | 98 |
| 0,3 | 2 | 17 | 33 | 49 | 64 | 78 | 91 | 105 | 117,5 | 127,5 | 135 | 142,5 |
| | 4 | 24,5 | 49 | 69 | 87,5 | 105 | 120 | 132,5 | 145 | 155 | 163,8 | 172,5 |
| | 6 | 27 | 54 | 78 | 98,8 | 116,3 | 131,3 | 145 | 157,5 | 167,5 | 175 | 183,8 |
| | 8 | 28 | 57 | 82 | 103,8 | 124,5 | 135 | 152,5 | 165 | 175 | 182,5 | 185 |
| | 10 | 29 | 59 | 83 | 105 | 125 | 142,5 | 158,5 | 170 | 180 | 188,8 | 197,5 |
| | 12 | 29 | 59 | 83 | 105 | 125 | 142,5 | 158,5 | 170 | 180 | 188,8 | 197,5 |
| | 14 | 29 | 59 | 83 | 105 | 125 | 142,5 | 158,5 | 170 | 180 | 188,8 | 197,5 |
| 0,4 | 2 | 18,5 | 38,5 | 58 | 77 | 94 | 112,5 | 130 | 145 | 160 | 170 | 182,5 |
| | 4 | 29 | 57 | 82 | 110 | 135 | 155 | 172,5 | 190 | 205 | 220 | 235 |
| | 6 | 32 | 64 | 94 | 121,3 | 145 | 170 | 190 | 208,8 | 225 | 240 | 255 |
| | 8 | 34 | 70 | 100 | 128,8 | 152,5 | 180 | 195 | 215 | 231,3 | 245 | 260 |
| | 10 | 35 | 73 | 102,5 | 132,5 | 157,5 | 182,5 | 205 | 227 | 245 | 260 | 275 |
| | 12 | 35 | 73 | 102,5 | 132,5 | 157,5 | 182,5 | 205 | 227 | 245 | 260 | 275 |
| | 14 | 35 | 73 | 102,5 | 132,5 | 157,5 | 182,5 | 205 | 227 | 245 | 260 | 275 |
| 0,5 | 2 | 22,5 | 45 | 68 | 89 | 110 | 130 | 150 | 170 | 182,5 | 202,5 | 222,5 |
| | 4 | 32 | 64 | 95 | 125 | 151,3 | 180 | 202,5 | 225 | 245 | 265 | 285 |
| | 6 | 37 | 74 | 107,5 | 141,3 | 172,5 | 200 | 230 | 252,5 | 277,5 | 297,5 | 320 |
| | 8 | 39,5 | 79 | 115 | 150 | 182,5 | 210 | 237,5 | 262,5 | 285 | 305 | 327,5 |
| | 10 | 41 | 82 | 118,8 | 155 | 185 | 212,5 | 238,8 | 267,5 | 289 | 310 | 330 |
| | 12 | 41 | 82 | 118,8 | 155 | 185 | 212,5 | 238,8 | 267,5 | 289 | 310 | 330 |
| | 14 | 41 | 82 | 118,8 | 155 | 185 | 212,5 | 238,8 | 267,5 | 289 | 310 | 330 |
| 0,6 | 2 | 24 | 48 | 72 | 96 | 117,5 | 145 | 167,5 | 187,5 | 207,5 | 225 | 247,5 |
| | 4 | 35 | 70 | 105 | 137,5 | 167,5 | 200 | 226,3 | 255 | 280 | 305 | 327,5 |
| | 6 | 40,5 | 81 | 122,5 | 157,5 | 193,8 | 225 | 255 | 285 | 310 | 332,5 | 360 |
| | 8 | 44 | 88 | 125 | 166,3 | 202,5 | 235 | 267,5 | 297,5 | 327,5 | 350 | 375 |
| | 10 | 45 | 90 | 130 | 172,5 | 207,5 | 242,5 | 277,5 | 307,5 | 332,5 | 355 | 380 |
| | 12 | 45 | 90 | 130 | 172,5 | 207,5 | 242,5 | 277,5 | 307,5 | 332,5 | 355 | 380 |
| | 14 | 45 | 90 | 130 | 172,5 | 207,5 | 242,5 | 277,5 | 307,5 | 332,5 | 355 | 380 |
| 0,7 | 2 | 25 | 50 | 76 | 102,5 | 130 | 155,5 | 177,5 | 200 | 220 | 245 | 272,5 |
| | 4 | 37,5 | 75 | 113,8 | 147,5 | 182,5 | 215 | 247,5 | 277,5 | 305 | 330 | 360 |
| | 6 | 43,5 | 87 | 130 | 173,8 | 210 | 247,5 | 285 | 320 | 350 | 377,5 | 410 |
| | 8 | 47 | 94 | 137,5 | 180 | 220 | 260 | 297,5 | 330 | 360 | 391 | 419 |
| | 10 | 48 | 96 | 140 | 188,8 | 232,5 | 267,5 | 307,5 | 337,5 | 372,5 | 395 | 421 |
| | 12 | 48 | 96 | 140 | 188,8 | 232,5 | 267,5 | 307,5 | 337,5 | 372,5 | 395 | 421 |
| | 14 | 48 | 96 | 140 | 188,8 | 232,5 | 267,5 | 307,5 | 337,5 | 372,5 | 395 | 421 |
| 0,8 | 2 | 27,5 | 55 | 83,5 | 110 | 140 | 162,5 | 188,8 | 215 | 238,8 | 265 | 290 |
| | 4 | 40 | 80 | 120 | 157,5 | 195 | 232,5 | 267,5 | 302,5 | 335 | 362,5 | 395 |
| | 6 | 47 | 93 | 137,5 | 180 | 222,5 | 260 | 297,5 | 335 | 371 | 400 | 435 |
| | 8 | 50 | 100,5 | 147,5 | 192,5 | 235 | 277,5 | 320 | 357,5 | 387,5 | 420 | 452,5 |
| | 10 | 52 | 102,5 | 150 | 200 | 241,3 | 287,5 | 327,5 | 362,5 | 397,5 | 427,5 | 460 |
| | 12 | 52 | 102,5 | 150 | 200 | 241,3 | 287,5 | 327,5 | 362,5 | 397,5 | 427,5 | 460 |
| | 14 | 52 | 102,5 | 150 | 200 | 241,3 | 287,5 | 327,5 | 362,5 | 397,5 | 427,5 | 460 |
| 0,9 | 2 | 29 | 58 | 87 | 118,8 | 146,3 | 175 | 205 | 230 | 255 | 280 | 310 |
| | 4 | 42,5 | 85 | 128,8 | 171,3 | 210 | 250 | 290 | 325 | 360 | 390 | 430 |
| | 6 | 49 | 99 | 146,3 | 195 | 235 | 280 | 325 | 360 | 400 | 430 | 470 |
| | 8 | 50 | 105 | 155 | 205 | 250 | 295 | 340 | 380 | 420 | 450 | 490 |
| | 10 | 54,2 | 110 | 160 | 212,5 | 265 | 310 | 351 | 395 | 427,5 | 460 | 495 |
| | 12 | 54,2 | 110 | 160 | 212,5 | 265 | 310 | 351 | 395 | 427,5 | 460 | 495 |
| | 14 | 54,2 | 110 | 160 | 212,5 | 265 | 310 | 351 | 395 | 427,5 | 460 | 495 |

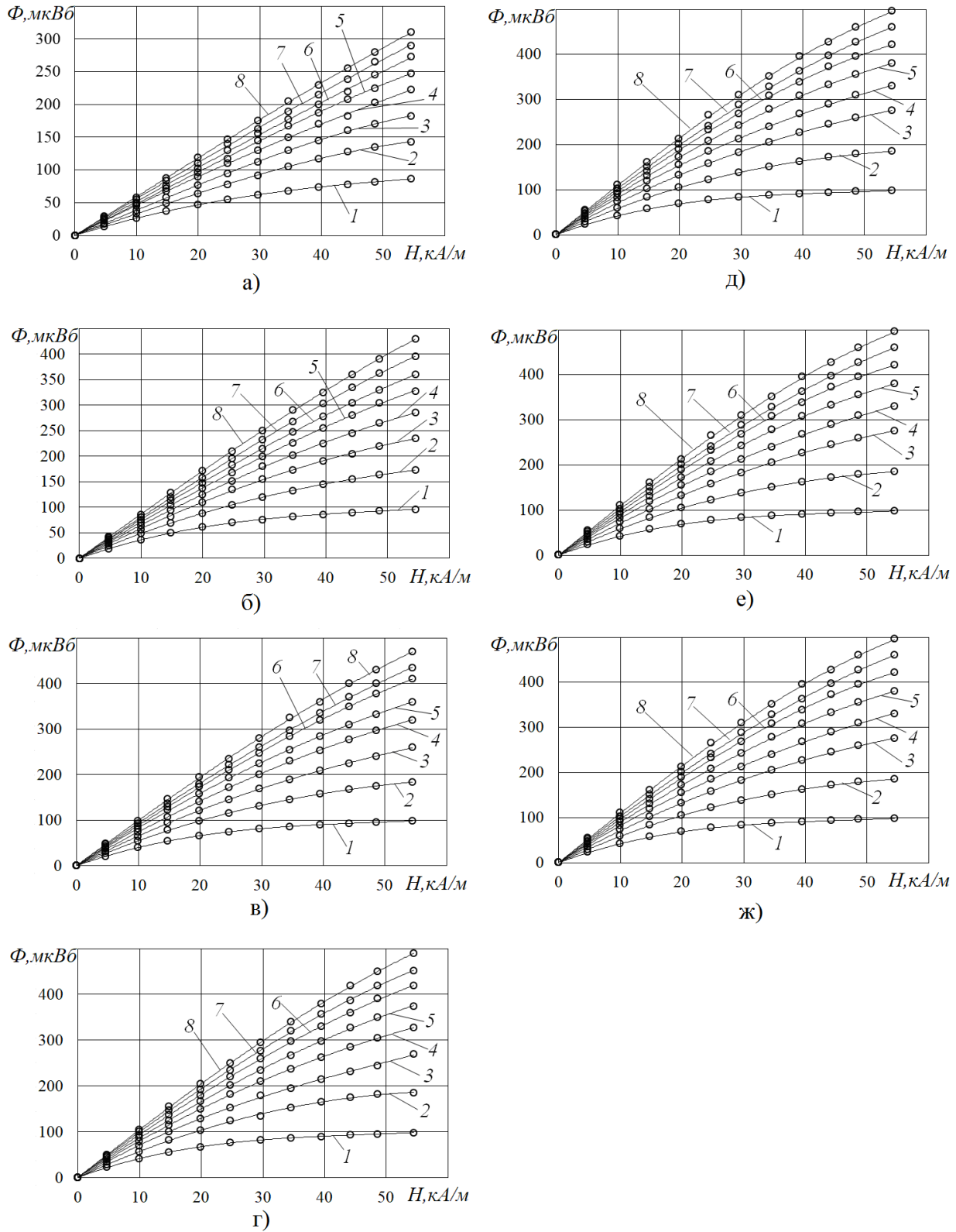


Рис. 7 – Полевые зависимости магнитного потока сквозь контуры-петли различного радиуса r , располагаемые в плоскости симметрии объема между шарами радиусом $R=20\text{мм}$, для различного числа шаров n в цепочке; а) $n=2$, б) $n=4$, в) $n=6$, г) $n=8$, д) $n=10$, е) $n=12$, ж) $n=14$; 1– $r/R=0,2$, 2– $r/R=0,3$, 3– $r/R=0,4$, 4– $r/R=0,5$, 5– $r/R=0,6$, 6– $r/R=0,7$, 7– $r/R=0,8$, 8– $r/R=0,9$

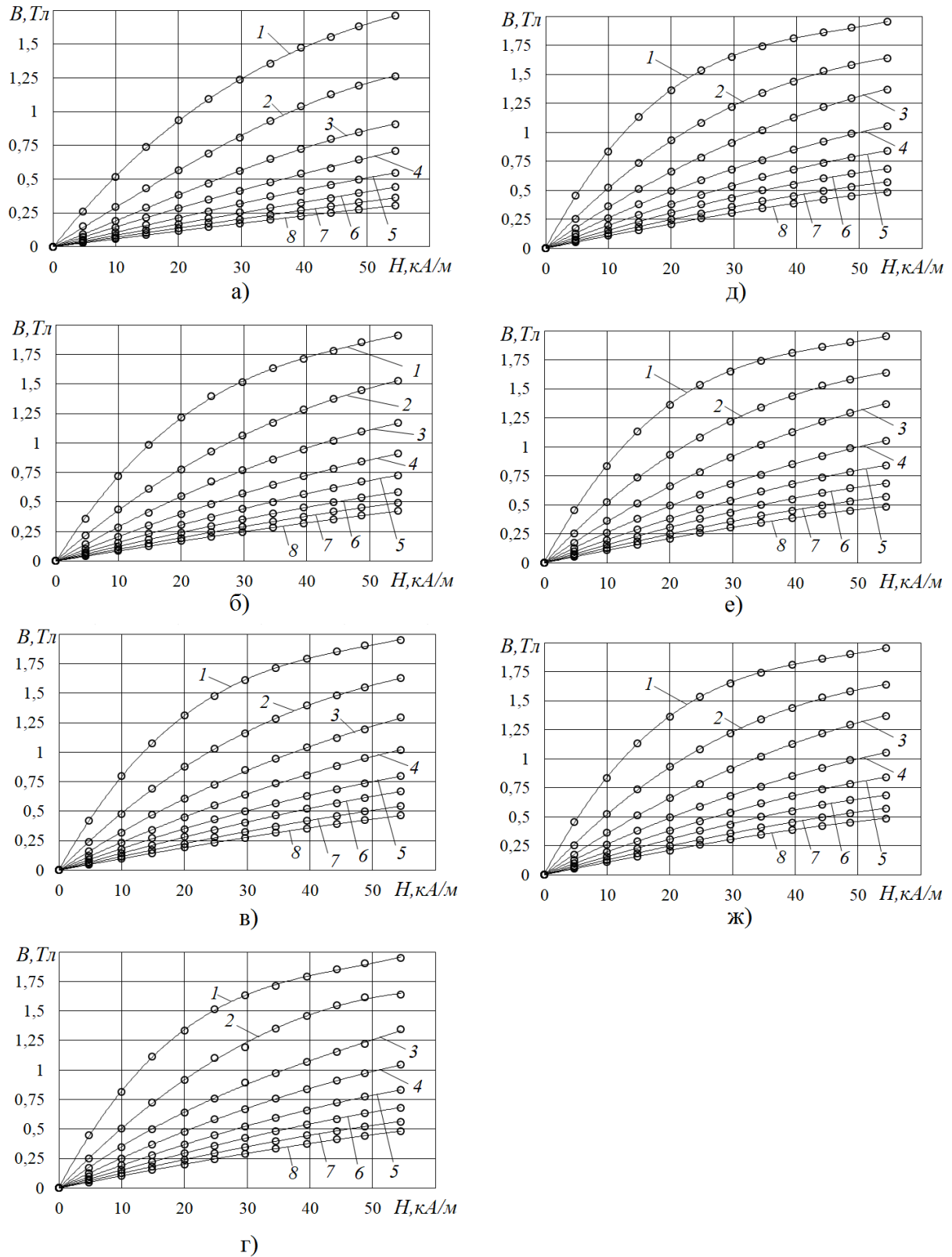


Рис. 8 – Полученные по данным рис.4 полевые зависимости индукции (кривые намагничивания) для сердцевин радиусом r , условно выделяемых в цепочке шаров ($R=20\text{мм}$); обозначения соответствуют обозначениям на рис.7

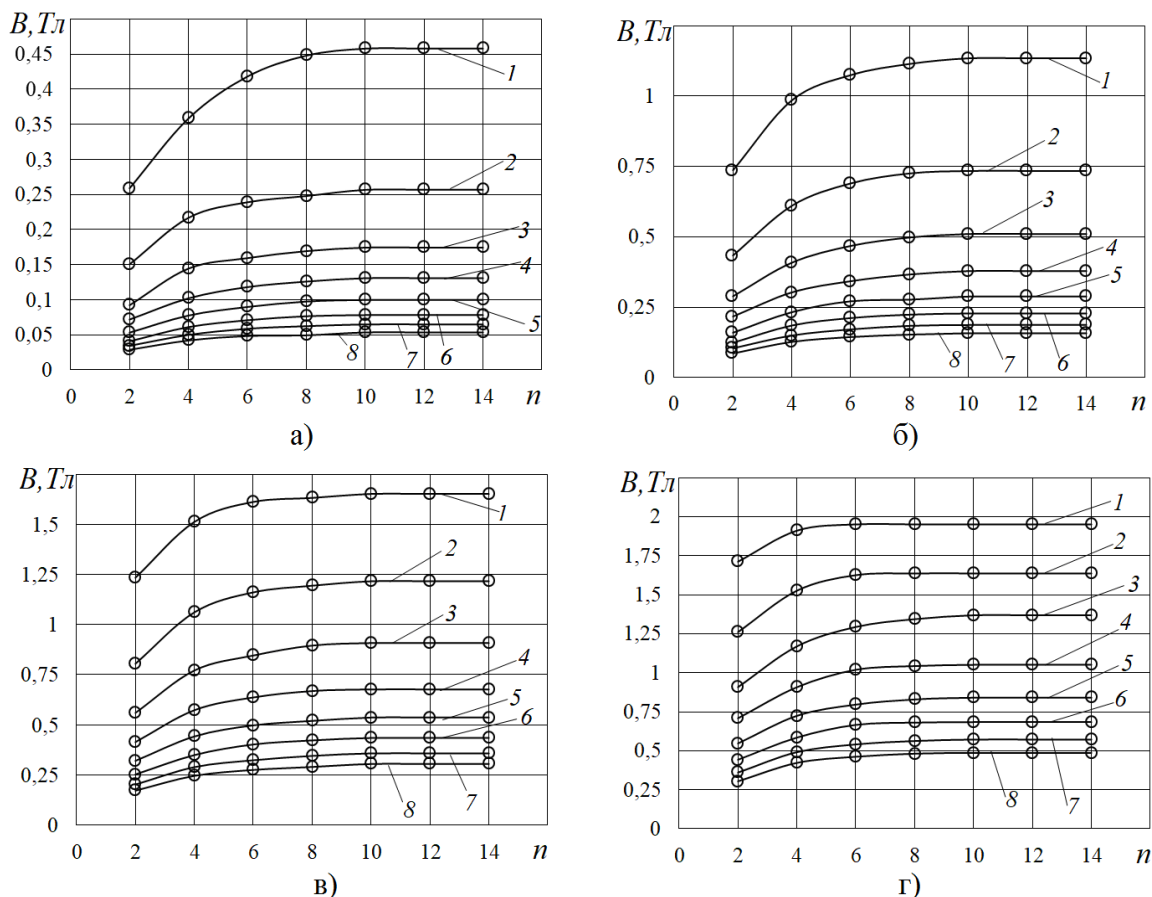


Рис. 9 – Зависимости индукции в сердцевине (радиусом r) цепочки шаров радиусом $R=20\text{мм}$ от числа шаров, при различной напряженности поля H ; а) $H=4,8\text{кА/м}$, б) $H=14,8\text{кА/м}$, в) $H=29,7\text{кА/м}$, г) $H=54,5\text{кА/м}$; 1– $r/R=0,2$, 2– $r/R=0,3$, 3– $r/R=0,4$, 4– $r/R=0,5$, 5– $r/R=0,6$, 6– $r/R=0,7$, 7– $r/R=0,8$, 8– $r/R=0,9$

Закключение

Аргументирована актуальность экспериментальной диагностики магнитных параметров в таких специфических микрообъемах как клинообразные зоны между контактирующими гранулами-шарами в намагничиваемой цепочке шаров, являющейся ключевым компонентом структур гранулированных сред, например, используемых в качестве фильтр-матриц магнитных сепараторов фильтрационного типа.

Описаны особенности этой диагностики, даны и реализованы рекомендации использования для этой цели (вместо трудоемких в изготовлении и неоперативных в позиционировании датчиков в виде системы концентрических петель из провода малого диаметра) датчиков в виде весьма тонких контуров (до 10мкм), специально выполненных на печатных платах, помещаемых в плоскости симметрии микрообъема между смежными шарами в средней части цепочки. Отмечена необходимость расширения круга задач экспериментальных исследований, в частности, за счет увеличения числа разных по радиусу датчиков такого рода, использования образцов-цепочек разной длины (разного числа в ней шаров) и разного диаметра (перехода от цепочек шаров определенного диаметра к цепочкам шаров иного диаметра).

Изложены результаты экспериментальных исследований цепочек шаров радиусом $R=15\text{мм}$ и дополнительно цепочек шаров радиусом $R=20\text{мм}$ в магнитном поле длинного соленоида – при различных значениях напряженности намагничивающего поля $H=4,8\text{–}54,5\text{кА/м}$ и числа шаров в цепочке $n=2\text{–}14$. В исследованиях с помощью упомянутых датчиков, подключаемых к микроверберметру, измерялся магнитный поток Φ сквозь их контуры-петли различного относительного радиуса $r/R=0,2\text{–}0,9$.

Получены семейства (по r/R и n) полевых зависимостей Φ , а на их основе – соответствующие семейства полевых зависимостей магнитной индукции B (в каждой по значению r/R условной сердцевине цепочки шаров). Установлен регрессирующий (но без признаков приближающего насыщения) рост полевых зависимостей B .

Показано, что при увеличении r/R , т.е. по мере «утолщения» условных сердцевин, несмотря на увеличение значений Φ , значения B снижаются – ввиду уменьшения объема металла в сердцевине цепочки.

Выявлено, что цепочки, характеризующиеся относительно малыми значениями n , по всем сердцевинным значения Φ и B уступают более длинным цепочкам: из-за большего проявления размагничивающего фактора «коротких» цепочек шаров; значения Φ и B стабилизируются (достигая области автомодельности) при $n=10\text{–}12$ (независимо от радиуса шаров).

На примере взаимного согласия кривых B от r/R и n для цепочек одинаковых шаров, но при использовании в них шаров сначала одного, а затем другого радиуса, показана возможность универсализации получаемых данных B (для других цепочек одинаковых шаров).

Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Госзадания в сфере науки - проект № 0706-2020-0024; гранта Президента РФ для господдержки молодых ученых – проект МК-807.2020.8.

Конфликт интересов

Не указан.

Funding

The research is conducted with financial support from Russian Federation Ministry of Education and Science within the frameworks of state assignment – project №0706-2020-0024; President' grant – project МК-807.2020.8.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Сандуляк А. В. Магнитно-фильтрационная очистка жидкостей и газов. / А. В. Сандуляк – М.: Химия, 1988. – 136 с. – URL: <https://dlib.rsl.ru/viewer/01001440011#?page=136>
2. Сандуляк А. В. Магнитные характеристики «короткого» пористого магнетика: на примере засыпки шаров / А. В. Сандуляк, Д. А. Сандуляк, В. А. Ершова, Р. Ю. Ткаченко, А. А. Сандуляк, М. Н. Полисмакова // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. – 2019. – № 3 (335). – С. 121–133.
3. Eskandarpour A. Superconducting magnetic filter: Performance, recovery, and design / A. Eskandarpour, K. Iwai, S. Asai // *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. – 2008. – V. 19 (2) – art. no.4799183. – P. 84–95.
4. Anhalt M. Systematic investigation of particle size dependence of magnetic properties in soft magnetic composites / M. Anhalt // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2008. – V. 320. – P. e366–e369.
5. Mattei J. L. Study of magnetic percolation in heterogeneous materials / J. L. Mattei, O. Minot, M. Le Floch // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 1995. – V. 140–144 (3). – P. 2189–2190.
6. Bjork R. The demagnetization factor for randomly packed spheroidal particles / R. Bjork, Z. Zhou // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2019. – V. 476. – P. 417–422.
7. Mishima F. Research and development of superconducting magnetic separation system for powdered products / F. Mishima, T. Terada, Y. Akiyama, Y. Izumi, H. Okazaki, S. Nishijima // *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. – 2008. – V. 18 (2) – art. no.4520245. – P. 824–827.
8. Diguët G. Shape effect in the magnetostriction of ferromagnetic composite / G. Diguët, E. Beaunon, J. Y. Cavaillé // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2010. – V. 322. – P. 3337–3341.
9. Сандуляк А. В. К вопросу о модели поканального намагничивания гранулированной среды (с радиальным профилем проницаемости квазисплошного канала) / А. В. Сандуляк, А. А. Сандуляк, В. А. Ершова // *Журнал технической физики*. – 2009. – Т. 79. – вып.5. – С. 140–142.
10. Sandulyak A. V. Magnetization curve of a granulated medium in terms of the channel-by-channel magnetization model (new approach) / A. V. Sandulyak, A. A. Sandulyak, V. A. Ershova // *Doklady Physics*. – 2007. – V. 52. – № 4. – P. 179–181.
11. Sandulyak A. A. Ferrous Material Fill: Magnetization Channels, Layer-by-Layer and Average Permeability, Element-to-Element Field / A. A. Sandulyak, D. A. Sandulyak, V. A. Ershova, A. V. Sandulyak // *Analysis and Modelling of Advanced Structures and Smart Systems*. – 2017. – V. 81. – P.191–210.
12. Кифер И. И. Испытания ферромагнитных материалов. / И. И. Кифер // М.: Энергия, 1969. – 360 с.
13. Chen D. X. Demagnetizing correction in fluxmetric measurements of magnetization curves and hysteresis loops of ferromagnetic cylinders / D. X. Chen, E. Pardo, Y.-H. Zhu, L.-X. Xiang, J.-Q. Ding // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2018. – V. 449. – P. 447–454.
14. Périgo E. A. Past, present, and future of soft magnetic composites / E. A. Périgo, B. Weidenfeller, P. Kollár, J. Füzer // *Applied Physics Reviews*. – 2018. – V. 5. – P. 031301.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Sandulyak A. V. Magnitno-fil'tracionnaya oshistka zhidkostey i gazov [Magnetic and filtration purification of liquids and gases] / Moscow. Chem. 136 (1988) pp. – URL: <https://dlib.rsl.ru/viewer/01001440011#?page=136> [in Russian]
2. Sandulyak A. V. Magnitnye harakteristiki «korotkogo» poristogo magnetika: na primere zasypki sharov [Magnetic characteristics of «short» porous magnetic: by the example of filling of spheres] / A. V. Sandulyak, D. A. Sandulyak, V. A. Ershova, R. Y. Tkachenko, A. A. Sandulyak, M. N. Polismakova // *Fundamental and Applied Problems of Technics and Technology*. – 2019. – № 3 (335). – P. 121–133. [in Russian]
3. Eskandarpour A. Superconducting magnetic filter: Performance, recovery, and design / A. Eskandarpour, K. Iwai, S. Asai // *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. – 2008. – V. 19 (2) – art. no.4799183. – P. 84–95.
4. Anhalt M. Systematic investigation of particle size dependence of magnetic properties in soft magnetic composites / M. Anhalt // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2008. – V. 320. – P. e366–e369.
5. Mattei J. L. Study of magnetic percolation in heterogeneous materials / J. L. Mattei, O. Minot, M. Le Floch // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 1995. – V. 140–144 (3). – P. 2189–2190.
6. Bjork R. The demagnetization factor for randomly packed spheroidal particles / R. Bjork, Z. Zhou // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2019. – V. 476. – P. 417–422.
7. Mishima F. Research and development of superconducting magnetic separation system for powdered products / F. Mishima, T. Terada, Y. Akiyama, Y. Izumi, H. Okazaki, S. Nishijima // *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. – 2008. – V. 18 (2) – art. no.4520245. – P. 824–827.
8. Diguët G. Shape effect in the magnetostriction of ferromagnetic composite / G. Diguët, E. Beaunon, J. Y. Cavaillé // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2010. – V. 322. – P. 3337–3341.
9. Sandulyak A. V. K voprosu o modeli pokanal'nogo namagnichivaniya granulirovannoj sredy (s radial'nym profilom pronicaemosti kvazisploshnogo kanala) [On the model of channel-by-channel magnetization of a granular medium (with a radial permeability profile of a quasi-continuous channel)] / A. V. Sandulyak, A. A. Sandulyak, V. A. Ershova // *Technical Physics*. – 2009. – V. 54. – N5. – P. 743–745. [in Russian]

10. Sandulyak A. V. Magnetization curve of a granulated medium in terms of the channel-by-channel magnetization model (new approach) / A. V. Sandulyak, A. A. Sandulyak, V. A. Ershova // *Doklady Physics*. – 2007. – V. 52. – № 4. – P. 179–181.
11. Sandulyak A. A. Ferrous Material Fill: Magnetization Channels, Layer-by-Layer and Average Permeability, Element-to-Element Field / A. A. Sandulyak, D. A. Sandulyak, V. A. Ershova, A. V. Sandulyak // *Analysis and Modelling of Advanced Structures and Smart Systems*. – 2017. – V. 81. – P.191–210.
12. Kifer I. I. Ispytaniya ferromagnitnyh materialov [Ispitaniya ferromagnitnyh materialov]. / I. I. Kifer // Moscow: Energy Publ., 1969. – 360 p. [in Russian]
13. Chen D. X. Demagnetizing correction in fluxmetric measurements of magnetization curves and hysteresis loops of ferromagnetic cylinders / D. X. Chen, E. Pardo, Y.-H. Zhu, L.-X. Xiang, J.-Q. Ding // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2018. – V. 449. – P. 447–454.
14. Périgo E. A. Past, present, and future of soft magnetic composites / E. A. Périgo, B. Weidenfeller, P. Kollár, J. Füzer // *Applied Physics Reviews*. – 2018. – V. 5. – P. 031301.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.018>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Научная статья

Прыткова Е.А.*

ORCID: 0000-0002-7968-2125,

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

* Корреспондирующий автор (aliss.prostomolotova[at]yandex.ru)

Аннотация

Для повышения конкурентоспособности строительных услуг и продукции особое значение сегодня приобретает повышение их качества. Именно поэтому тема совершенствования методов управления качеством в строительстве столь актуальна. На уровень качества оказывают влияние непосредственно методы управления качеством, которые входят в систему управления качеством. В данной статье автор анализирует существующие методы управления качеством в строительстве, определяет их основные недостатки и рассматривает основные пути их совершенствования.

Ключевые слова: качество, управление качеством, качество продукции стройиндустрии, методы управления качеством.

IMPROVEMENT OF QUALITY CONTROL METHODS IN CONSTRUCTION

Research Article

Prytkova E.A.*

ORCID: 0000-0002-7968-2125,

Pacific State University, Khabarovsk, Russia;

* Corresponding author (aliss.prostomolotova[at]yandex.ru)

Abstract. In order to increase the competitiveness of construction services and products, it is required to improve their quality. That is why the issue of improving quality control methods in construction is so relevant today. The quality level is directly affected by the quality management methods that are part of the quality management system. The author analyzes the existing methods of quality control in construction, identifies their main shortcomings, and considers the main ways to improve them in this paper.

Keywords: quality, quality control, quality of construction industry products, quality control methods.

Введение

Одно из наиболее значимых условий интенсивного развития строительной отрасли является на данный момент соблюдение всех условий качества. На данный момент научно-технический прогресс развивается все быстрее. С его помощью возможно сделать так, что показатели, характеризующие использование, как основных фондов, так и капитальных вложений также будут с каждым днем становиться все требовательнее. Для того, чтобы все это работало, как единая система необходимо внедрять систему качества.

Высококачественное осуществление работ и производство качественных строительных материалов является основным правилом конкурентной борьбы между субъектами хозяйствования в строительстве.

Однако достаточным условием конкурентоспособности не будет лишь обычное обеспечение качества, для этого следует совершенствовать всю систему управления качеством.

Совершенствование организационно-экономического механизма развития свойства стройпродукта – это то, что необходимо в ситуации, которая сложилась на данный момент.

Данная тема интересовала многих исследователей, в частности Н.И. Гуляева [2], Д.М. Дагирова [3], А.С. Зорина [4], Р.А. Климов [5], Ш.Х. Максудов [6], Е.А. Полехович [7], Ж.В. Селезнева [8], А.А. Сучков [9]. Однако большинство из них проводили анализ существующих методов управления качеством в строительстве, мало кто анализировал способы их совершенствования.

Все это и определяет актуальность темы исследования.

Цель статьи состоит в исследовании существующих методов управления качеством в строительстве и предложении их совершенствования.

Материалы и методы исследования

В статье используются общенаучные методы и методы статистического анализа, прежде подходы и методы системного анализа и общей теории систем, анализ и синтез, а также сравнения и обобщения. Использование представленных методов позволило провести анализ существующих методов управления качеством в строительстве, представить особенности их совершенствования.

Результаты

Качество представляет собою свойство, которое может определять уровень престижа фирмы. Именно с его помощью у предприятия появляется возможность роста выручки, имиджа. Деятельность всех сотрудников организации должна быть взаимосвязана с управлением качеством. Качество можно представить в виде пирамиды (рис.1).

С помощью соответствия нормативным актам технического регулирования проверяется качество строительных работ и товаров.



Рис. 1 – Пирамида качества

К ним относятся технические регламенты, стандарты, кодексы установившейся практики, классификаторы, технические условия, строительные нормы и правила, санитарные нормы и правила, стандарты, которые действуют еще с советских времен. Для проектных, строительных и монтажных предприятий соблюдение этих технических норм является обязательным [9, с. 361].

Комплекс способов управления качеством предполагает собой методический подход концепции управления качеством. Сложная концепция управления качеством строй продукта обязана выстраиваться в ключевых способах, показанных в рисунке 2.

Организации, которые имеют отношение к строительной сфере должны при использовании методов управления качеством обеспечивать и поддерживать его на должном уровне.

Сортировка процессов управления качеством на каждом из циклов, а не только на уровнях характерна при использовании методов системного подхода. Именно благодаря этому становится возможным охват всех функций [6, с. 689].

Подтверждение не только стандартами, но и прочей нормативно-технической документацией характерно для метода стандартизации качества.

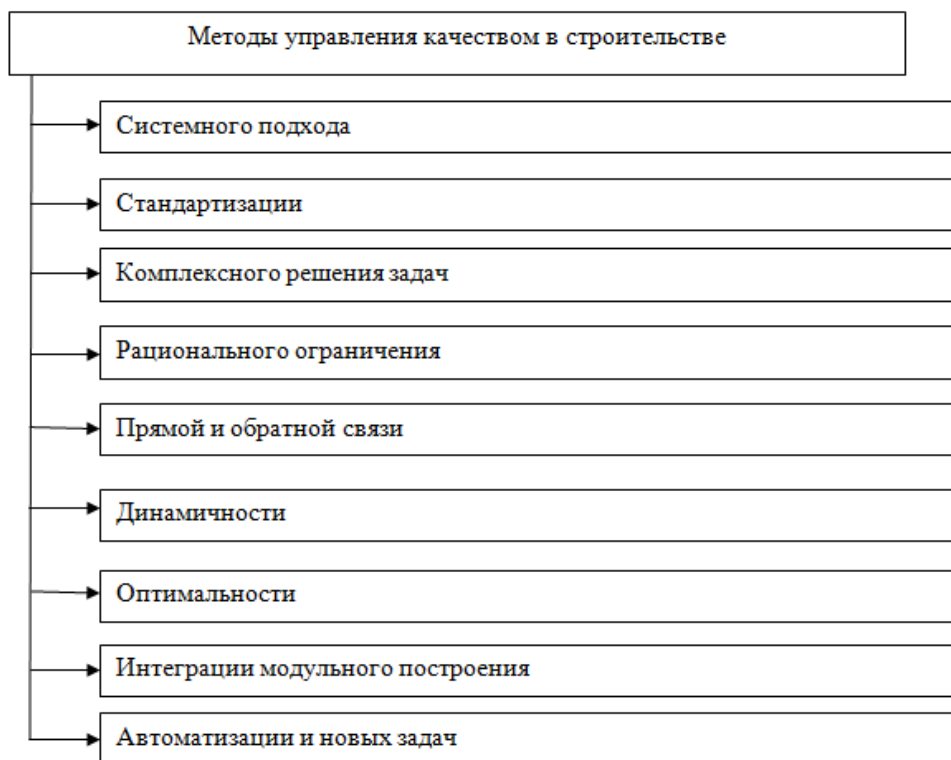


Рис. 2 – Основные принцип системы управления качеством в строительстве

Непрерывное осуществление эффекта обрабатывания данных происходит при использовании метода рационального ограничения. Эти данные используются для анализа различных условий, которые оказывают воздействия на свойства продукта.

Непрерывное взаимоотношение субъекта и объекта в системе управления происходит при методе прямой и обратной связи. Среди абсолютно всех компонентов единой теории управления качеством имеется связь [6, с. 690].

Также одним из основных является метод динамичности. Он предполагает непрерывный процесс формирования единой теории управления качеством и непосредственно ее взаимодействие с переменами в наружной среде, в частности развития НИОКР, изменение законодательства.

Для анализа свойств стройпродукции также существует специальная инструкция, в которой указан определенный порядок действий.

Анализируя методы качества, которые используются в стройиндустрии, обязательно следует обратить внимание на промышленный контроль. Он предполагает такой анализ всех свойств, который будет состоять, как из входного, операционного, так и приемочного контроля.

При этом все результаты надзора непременно фиксируются в специальных журналах.

Входной надзор используется в том случае, когда стройтовары поступают на стройку. Они обязательно должны соответствовать всем нормативным документам.

Как правило, его проведение возлагается на службу производственно-технической комплектации, на базу или же непосредственно на предприятие-производителя, где проводится комплектование. Проверка материалов, которые поступают на строительную площадку должна проводиться в том случае, если есть в этом необходимость. В первую очередь, проводится визуальный осмотр, который должен подтвердить, что товары и материалы соответствуют всем стандартам.

После того, как все производственные процедуры завершены, все дефекты вовремя выявлены и установлены предпосылки их появления, осуществляется операционный контроль. Он возлагается в основном на мастеров. В свою очередь, каждый исполнитель работ проводит собственный самоконтроль.

Строительные лаборатории и геодезические службы, как правило, привлекаются на данном этапе.

С целью контроля стройработ, которые были закончены обязательным является проведение приемочного контроля.

Следует также обратить внимание на то, что кроме рассмотренных нами выше видов контроля, также обязательно проводится надзор свойства муниципальными, а также специальными организациями контролирования.

Их действия основываются на специальных положениях.

Обсуждение

Первоочередным является выявление недостатков существующих методов оценки уровня качества в сфере строительства. Следовательно, одним из основных недостатков следует то, что практически все они основаны только на подходах, имеющих отношение к инженерии и понятии качества продукции. В комплексе это определяет годность стройтоваров.

Однако при проведении вычисления финансового эффекта, который будет получен после реализации событий, нацеленных на усовершенствование свойств, то появляются трудности.

Также немаловажным является и то, что для финансового стимулирования работников, которые работают в сфере строительства, отсутствует необходимая база.

Следовательно, приходим к выводу, что одним из основных направлений совершенствования методов управления качеством в сфере строительства, будет непосредственно реализация взаимодействия инженерного и экономического подходов.

Также следует рассмотреть такую рекомендацию, как создание службы контроля качества, на которую будут возложены такие функции как сбор и контроль информации для оценки качества. Как результат, появиться возможность в управлении процессом становления показателей качества и определять причину расхождений.

Организационные, технические, экономические меры – все это должно проводиться в рамках совершенствования методов управления качеством. Должны создаваться строительные лаборатории, геодезические службы, а также обязательно следует повышать квалификацию персонала.

В целях совершенствования также рекомендуется сделать обязательным инспекционный контроль, который должен проводиться после производственного.

Особое значение при рассмотрении способов совершенствования следует отвести методу автоматизации. На данный момент происходит постоянное совершенствование программного обеспечения, появляются новые информационные технологии, использование и внедрение в работу которых позволит повысить уровень качества и облегчит процесс оценки уровня качества в сфере строительства.

Вывод

Таким образом, были выделены такие основные методы управления качеством в строительстве как метод системного подхода, метод стандартизации качества, метод рационального ограничения, метод прямой и обратной связи, метод динамичности и пр.

Основные способы их совершенствования предполагают улучшение современных методов управления качеством, повышаются, если в них взаимодействуют одновременно инженерный и экономический подходы. В строй организациях обязаны разрабатываться координационные, промышленные, а также финансовые мероприятия, нацеленные в предоставление контролирования качества. Также было отмечено особое значение информационных технологий, которые также могут повышать эффективность методов управления качеством в строительстве.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы /References

1. Weckenmann, A. Quality management – history and trends / Weckenmann, A., Akkasoglu, G. and Werner, T. // The TQM Journal, Vol. 27 No. 3, pp. 281-293. <https://doi.org/10.1108/TQM-11-2013-0125>
2. Гуляева Н.И. Внедрение современных методов измерений и испытаний в строительстве как инструмент повышения эффективности управления качеством / Н.И. Гуляева, Э.Е. Смирнова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития отраслевой науки : Материалы Всероссийской конференции с международным участием. – 2017. – С. 318-321.
3. Дагирова Д.М. Методы оценки качества строительно-монтажных работ / Д.М. Дагирова // Механизм реализации стратегии социально-экономического развития государства Сборник материалов XI Международной научно-практической конференции. Под редакцией А.М. Эсетовой. – 2019. – С. 101-103.
4. Зорина А.С. Аспекты совершенствования методов управления контролем качества строительства на основе информационных технологий / А.С. Зорина // Экономика и предпринимательство. 2018. № 7 (96). С. 817-820.
5. Климов Р.А. Проблемы управления качеством строительства / Р.А. Климов // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство. – 2019. – С. 16-18.
6. Максудов Ш.Х. Современные методы управления качеством строительства / Ш.Х. Максудов // Социально-экономическое развитие городов и регионов: градостроительство, развитие бизнеса, жизнеобеспечение города материалы III Международной научно-практической конференции. Волгоградский государственный технический университет. – 2018. – С. 688-692.
7. Полехович Е.А. Современные методы и оценка управления качеством в строительстве / Е.А. Полехович, Н.Н. Иванова // Студенческий научный форум URL: <https://files.scienceforum.ru/pdf/2014/5141.pdf>
8. Селезнева Ж.В. Особенности применения статистических методов контроля качества в строительстве / Ж.В. Селезнева, Н.А. Солопова // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство сборник статей, Самара. – 2019. – С. 725-729.
9. Сучков А.А. Современные методы управления качеством в строительстве / А.А. Сучков // Аллея науки. 2018. Т. 7. № 5 (21). С. 361-365.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Weckenmann, A. Quality management – history and trends, / Weckenmann, A., Akkasoglu, G. and Werner, T. // The TQM Journal, Vol. 27 No. 3, pp. 281-293. <https://doi.org/10.1108/TQM-11-2013-0125>
2. Guljaeva N.I. Vnedrenie sovremennyh metodov izmerenij i ispytanj v stroitel'stve kak instrument povysheniya jeffektivnosti upravleniya kachestvom [Introduction of modern methods of measurement and testing in construction as a tool for improving the effectiveness of quality management] / N.I. Guljaeva Smirnova Je.E. // Sovremennoe sostojanie, problemy i perspektivy razvitiya otraslevoj nauki Materialy Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem [Current state, problems and prospects of development of branch science Materials of the all-Russian conference with international participation.] – 2017. – P. 318-321. [in Russian]
3. Dagirova D.M. Metody ocenki kachestva stroitel'no-montazhnyh rabot [Methods of assessing the quality of construction and installation works] / D.M. Dagirova // Mehanizm realizacii strategii social'no-jekonomicheskogo razvitiya gosudarstva Sbornik materialov XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Pod redakciej A.M. Jesetovoj [Mechanism for implementing the strategy of socio-economic development of the state Collection of materials of the XI International scientific and practical conference]. – 2019. – P. 101-103. [in Russian]
4. Zorina A.S. Aspekty sovershenstvovaniya metodov upravleniya kontrolem kachestva stroitel'stva na osnove informacionnyh tehnologij [Aspects of improving management methods for quality control of construction based on information technologies] / A.S. Zorina // Jekonomika i predprinimatel'stvo [Economy and entrepreneurship]. 2018. № 7 (96). P. 817-820. [in Russian]
5. Klimov R.A. Problemy upravleniya kachestvom stroitel'stva [Problems of construction quality management] / R.A. Klimov // Peredovye innovacionnye razrabotki. Perspektivy i opyt ispol'zovaniya, problemy vnedreniya v proizvodstvo [Advanced innovative developments. Prospects and experience of use, problems of introduction into production]. – 2019. – P. 16-18. [in Russian]
6. Maksudov Sh.H. Sovremennye metody upravleniya kachestvom stroitel'stva [Modern methods of construction quality management] / Sh.H. Maksudov // Social'no-jekonomicheskoe razvitie gorodov i regionov: gradostroitel'stvo, razvitie biznesa, zhizneobespechenie goroda materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Volgogradskij gosudarstvennyj tehnikeskij universitet [Socio-economic development of cities and regions: urban planning, business development, city life support materials of the III International scientific and practical conference. Volgograd state technical University]. – 2018. – P. 688-692. [in Russian]
7. Polehovich E.A. Sovremennye metody i ocenka upravleniya kachestvom v stroitel'stve / Ivanova N.N. // Studencheskij nauchnyj forum [Student scientific forum] URL: <https://files.scienceforum.ru/pdf/2014/5141.pdf> [in Russian]
8. Selezneva Zh.V. Osobennosti primeneniya statisticheskikh metodov kontrolja kachestva v stroitel'stve [Features of application of statistical methods of quality control in construction] / Zh.V. Selezneva ., Solopova N.A. // Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Stroitel'stvo sbornik statej, Samara [Traditions and innovations in construction and architecture. The construction of a collection of articles, Samara]. – 2019. – P. 725-729. [in Russian]
9. Suchkov A.A. Sovremennye metody upravleniya kachestvom v stroitel'stve [Modern methods of quality management in construction] / A.A. Suchkov // Alleja nauki [Alley of science]. 2018. Vol.. 7. № 5 (21). P. 361-365. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.019>**О РАЗРАБОТКЕ И ПРОДВИЖЕНИИ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ
ТОНКОСТЕННЫХ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ**

Научная статья

Латышенко Г. И.¹, Соколовская Д. Д.^{2*}^{1, 2} Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева,
Красноярск, Россия

* Корреспондирующий автор (dsokolovskaya98[at]gmail.com)

Аннотация

В статье представляется проект разработки автоматизированного комплекса электронно-лучевой аппаратуры и инновационной технологии сварки тонкостенных узлов и деталей для предприятий аэрокосмической и авиастроительной отраслей, а также рассматриваются инновационная и коммерческая составляющие проекта. Создаваемое оборудование предназначено для прецизионной сварки узлов и деталей в диапазоне толщин от 0,05 мм до 5 мм, в том числе с возможностью импульсного формирования сварного шва сканирующим электронным пучком. Приведены основные элементы стратегии продвижения ЭЛС на рынок наукоемких технологий.

Ключевые слова: электронно-лучевая сварка, тонкостенные узлы и детали, трансфер, коммерциализация.

**ON DEVELOPMENT AND PROMOTION OF ELECTRON BEAM WELDING TECHNOLOGY
OF THIN-WALLED NODES AND PARTS**

Research Article

Latyshenko G.I.¹, Sokolovskaya D.D.^{2*}^{1, 2} Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

* Corresponding author (dsokolovskaya98[at]gmail.com)

Abstract

The paper presents the project for the development of an automated complex of electron-beam equipment and innovative technology for welding of thin-walled nodes and parts for companies in the aerospace and aircraft industries, and also considers the innovative and commercial components of the project. The developed devices are intended for precision welding of units and parts in a thickness range from 0.05 mm to 5 mm, including the possibility of pulsed formation of a weld with a scanning electron beam. The main elements of the strategy of promoting ELS on the market of high technology are given.

Keywords: electron beam welding, thin-walled units, and parts, transfer, commercialization.

Одной из важнейших задач развития машиностроения является повышение качества, надежности и долговечности деталей, узлов и механизмов. Эта проблема может быть решена только на основе комплексного подхода, включающего создание нового технологического оборудования и разработку прогрессивных технологий. В первую очередь это относится к технологиям с применением электронного луча. Электронно-лучевая сварка (ЭЛС) относится к методам сварки высококонцентрированными источниками энергии и обладает широкими технологическими возможностями, позволяя соединять за один проход металлы и сплавы толщиной от 0,1 до 300 мм [10].

В России преимущественно используются электронно-лучевые пушки, разработанные в восьмидесятих годах прошлого столетия ИЭС им. Е.О. Патона с ускоряющим напряжением 60 КВ и током электронного пучка до 500 ма. Созданное на базе этих пушек электронно-лучевое оборудование позволяет сваривать материалы толщиной до 150 мм. Существующее электронно-лучевое оборудование не приспособлено для прецизионной сварки тонкостенных узлов и деталей по причине следующих особенностей.

Применяемые пушки генерируют электронный пучок с диаметром в диапазоне 0,3-0,6 мм, и уменьшить его не представляется возможным [6].

Во вторых при сварке малых толщин большой проблемой является формирование обратного валика и занижение шва. С целью уменьшения обратного валика следует уменьшать объем расплавленного металла, что достигается импульсным формированием шва со стабилизацией глубины проплавления, в том числе и сквозного. Существующее технологическое оборудование не приспособлено для импульсной прецизионной сварки малых толщин. Проблема не только в том, как сформировать импульсный режим пучка, а еще и в том, как его сформировать с высокой точностью и синхронизировать с достижением требуемой глубины проплавления. Поэтому существующее электронно-лучевое оборудование не приспособлено для формирования импульсных пучков с частотами десятки и сотни герц. Проблемой является также контроль и стабилизация глубины проплавления особенно в импульсных режимах [7, 8, 9]. Поэтому требуется создание прецизионной быстродействующей электронно-лучевой пушки и систем управления процессом ЭЛС узлов и деталей малых толщин.

Предлагаемый инновационный проект реализуется в рамках решения задачи развития опорного университета Красноярского края, связанной с повышением уровня фундаментальных и прикладных научных исследований, трансфера технологий и коммерциализации научных разработок [5]. Целью представляемого проекта, реализуемого учеными Сибирского государственного университета имени академика М.Ф. Решетнева, является разработка и изготовление опытного образца электронно-лучевого оборудования, а также базовых технологий прецизионной сварки тонкостенных узлов и деталей, обеспечивающих оптимальное качество сварных соединений [1].

Создаваемое автоматизированное оборудование и технология, предназначены для ЭЛС тонкостенных узлов и деталей повышенного качества различного назначения в диапазоне толщин 0,05 - 5 мм [3]. Разрабатываемая технология и оборудование ЭЛС тонкостенных узлов и деталей находят применение в авиационной, ракетно-космической, радиоэлектронной и атомной промышленности. Такие технологические процессы ранее не создавались и представляют

собой новые технологические возможности для сварки и расширения номенклатуры свариваемых изделий у нас в стране и за рубежом. В дальнейшем будет развернуто единичное (мелкосерийное) производство автоматизированных комплексов электронно-лучевой аппаратуры и технологий для сварки тонкостенных узлов и деталей по индивидуальным заказам других предприятий [4].

Инновационная составляющая проекта определяется комплексом планируемых к разработке и внедрению научно-технических решений по следующему перечню НИОКР:

- разрабатывается новая технология электронно-лучевой сварки тонкостенных узлов и деталей;
- предлагается новая конструкция электронно-лучевой пушки с безмаслянным подводом высоковольтных проводников и вмонтированных в конструктив блоков управления накала и управления тока пучка;
- разрабатывается новый высоковольтный источник ускоряющего напряжения 60 КВ с погрешностью стабилизации 0,1%, имеющий защиту от высоковольтных пробоев;
- разрабатывается новая структура электронно-лучевой аппаратуры высокого быстродействия, обеспечивающая прецизионную сварку изделий малых толщин, в том числе при импульсном формировании сварного шва со стабилизацией глубины проплавления;
- разрабатывается новый способ контроля глубины проплавления [2].

Приоритетным сегментом рынка для разрабатываемого комплекса являются предприятия ракетно-космической отрасли, производящие продукцию с высокими требованиями к надежности и безопасности работы свариваемых конструкций особо ответственных узлов и деталей, предназначенных для работы в условиях космоса при большой разнице температур и высоком радиационном излучении.

Несмотря на высокую стоимость данного оборудования, трудоемкость и длительность подготовительных операций к сварке, опыт эксплуатации сварочных установок различного типа показал, что срок их окупаемости обычно не превышает 2 лет. При этом установки для массового сварочного производства могут окупаться еще быстрее.

Применение комплекса на предприятиях различных отраслей промышленного производства обеспечит: высокое качество неразъемных соединений особо ответственных узлов и деталей; надежность и безопасность выпускаемой продукции; высокий уровень автоматизации производства сварочных работ; улучшение условий труда рабочих сварочного производства; устранение вредных факторов производства; обеспечение более низкого уровня цены по сравнению с иностранными аналогами; создание системы послепродажного обслуживания (оказание сервисных услуг в местах размещения оборудования, обучение персонала).

Стратегия продвижения автоматизированного комплекса электронно-лучевой аппаратуры будет строиться на позиционировании продукта как уникального, принципиально нового сварочного оборудования отечественного производства. Разрабатываемый комплекс продвижения продукта позволит осуществлять эффективное стимулирование сбыта путем использования средств рекламы, публик рилейшнз, персональных продаж и прямого маркетинга, построенных с учетом специфики организации маркетинговых коммуникаций при продаже промышленного оборудования, соответствующего высоким мировым стандартам. Кроме того, планируется подчеркнуть конкурентные преимущества предлагаемого оборудования и проинформировать потенциальных клиентов о последних тенденциях и новых разработках во всей отрасли в целом.

В связи с особой важностью развития ЭЛС и потребностью крупных капиталовложений для внедрения этого наукоемкого и высокотехнологичного процесса требуется серьезная государственная поддержка разработчиков оборудования и технологий, например, в рамках дорожных карт Национальной технологической инициативы, а также программ развития критических технологий.

В настоящее время ведутся работы по поиску инвесторов и партнеров для участия в создании предлагаемой инновационной технологии и аппаратуры ЭЛС тонкостенных соединений. СибГУ приглашает всех заинтересованных в реализации проекта физических и юридических лиц к сотрудничеству.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Латышенко Г. И. Разработка автоматизированного комплекса электронно-лучевой аппаратуры и технологий для сварки тонкостенных узлов и деталей. Наука сегодня: проблемы и пути решения: материалы международной научно-практической конференции, г. Вологда, 28 марта 2018 г.: в 3 частях. Часть 1. – Вологда: ООО «Маркер», 2018. – 152 с.
2. Латышенко Г. И. О научно-технической составляющей инновационного проекта в области электронно-лучевой сварки тонкостенных узлов и деталей: Научный диалог: Экономика и менеджмент. Сборник научных трудов, по материалам XIV международной научно-практической конференции, г. Санкт-Петербург, 8 апреля 2018 г. Изд. ЦНК МОАН, 2018. – 56с.
3. Позиционирование по стыку соединения при электронно-лучевой сварке в условиях действия магнитных помех: монография / А. А. Дружинина, В. Д. Лаптенко, А. В. Мурыгин, П. В. Лаптенко; СибГУ им. М.Ф. Решетнева. – Красноярск, 2017. 150 с.
4. Проект коммерциализации автоматизированного комплекса электронно-лучевой аппаратуры и технологий для сварки тонкостенных узлов и деталей /В. Д. Лаптенко, Г. И. Латышенко, Г.А. Карачёва, Е. М. Сычева, СибГУ, Красноярск, 2017. 55 с.
5. Программа развития (дорожная карта) Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева - опорного университета Красноярского края, Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2016. 70 с.
6. Дружинина, А.А. Компенсация влияния магнитных полей на положение электронного пучка в процессе электронно-лучевой сварки / А.А. Дружинина, В.Д. Лаптенко, А.В. Мурыгин, Ю.Н. Серегин // Технологии и

оборудование ЭЛС-2014: материалы III Санкт-Петербургской международной научно-технической конференции (24–26 июня 2014, г. Санкт-Петербург). С-Пб., 2014. С. 62–73.

7. Дружинина А.А. Автоматическая компенсация влияния магнитных полей на точность позиционирования по стыку соединения при электронно-лучевой сварке: дис. ...канд. техн. наук / Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М.Ф. Решетнева. Красноярск, 2015. 116 с.

8. Дружинина А.А. Автоматическое позиционирование по стыку соединения при электронно-лучевой сварке в условиях действия магнитных помех / А.А. Дружинина, В.Д. Лаптенко, П.В. Лаптенко, А.В. Мурыгин // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. 2016. Т. 17. № 2. С. 475–483.

9. Дружинина А. А. Анализ влияния магнитных полей на электронный луч в процессе электронно-лучевой сварки // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов; Красноярск: СибГАУ. 2011. С. 388–389.

10. Управление электронно-лучевой сваркой: монография / В.Д. Лаптенко, А.В. Мурыгин, Ю.Н. Серегин, В.Я. Браверман: Под ред. В.Д. Лаптенка. Красноярск: САА, 2000. 234 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Latyshenko G. I. Development of an automated complex of electron-beam equipment and technologies for welding thin-walled units and parts. Science today: problems and solutions : proceedings of the international scientific and practical conference, Vologda, March 28, 2018: in 3 parts. Part 1. - Vologda: Marker LLC, 2018. - 152 p. [in Russian]

2. Latyshenko G. I. on the scientific and technical component of an innovative project in the field of electron beam welding of thin-walled units and parts : Scientific dialogue: Economics and management. Collection of scientific papers, based on the materials of the XIV international scientific and practical conference, St. Petersburg, April 8, 2018, Ed. CSC MOAN, 2018. – 56 p. [in Russian]

3. Positioning at the junction of the joint in the case of electron beam welding under the action of magnetic interference: monograph [Text] / A. Druzhinina, V. Laptenok, A. Murugin, P. V. Laptenok; Sib. state aerospace. univ. – Krasnoyarsk, 2017. 150 p. [in Russian]

4. Project of commercialization of the automated complex of electron beam equipment and technologies for welding thin-walled parts and components / V. D. Laptenok, G. I., Latyshenko, G. A. Karacheva, E. M. Sycheva, SibSU, Krasnoyarsk, 2017. 55 p. [in Russian]

5. Development program (road map) of the Siberian state aerospace University named after academician M. Reshetnev - support University of Krasnoyarsk Region, Sib. state aerospace. univ.– Krasnoyarsk, 2016. 70 p. [in Russian]

6. Druzhinina, A. A. Compensation of the influence of magnetic fields on the position of the electron beam in the process of electron beam welding / A. A. Druzhinina, V. D. Laptenok, A.V. Murugin, Yu. N. Seregin // Technologies and equipment ELS-2014: materials of the III St. Petersburg international scientific and technical conference (June 24-26, 2014, Saint Petersburg). SPb., 2014. Pp. 62-73. [in Russian]

7. Druzhinina A. A. Automatic compensation of the influence of magnetic fields on the accuracy of positioning at the junction of the joint during electron-beam welding: dis. ... Cand. tech. science / Siberian state aerospace University. academician M. F. Reshetnev. Krasnoyarsk, 2015. 116 p. [in Russian]

8. Druzhinina A. A. Automatic positioning at the junction of the joint during electron-beam welding under conditions of magnetic interference / A. A. Druzhinina, V. D. Laptenok, P. V. Laptenok, A.V. Murugin // Bulletin of the Siberian state aerospace University. academician M. F. Reshetnev. 2016. Vol. 17, No. 2. Pp. 475-483. [in Russian]

9. Druzhinina A. A. Analysis of the influence of magnetic fields on the electron beam in the process of electron beam welding // Actual problems of aviation and cosmonautics: materials of the all-Russian scientific and practical conference of students, postgraduates and young specialists; Krasnoyarsk: SibGAU. 2011. Pp. 388-389. [in Russian]

10. Management of electron beam welding: monograph / V. D. Laptenok, A.V. Murugin, Yu. N. Seregin, V. Ya. Braverman: Under the editorship of V. D. lapdance. Krasnoyarsk: SAA, 2000. 234 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.020>

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ И ИХ ОЦЕНКА ПО КАЧЕСТВУ ЗЕРНА

Научная статья

Федотов В. А.*

ORCID: 0000-0002-3692-9722,

Оренбургский государственный университет

* Корреспондирующий автор (vital_asm[at]mail.ru)

Аннотация

В статье показано, что технологические, в частности хлебопекарные, свойства пшеницы тесно связаны со структурно-механическими характеристиками зерна (стекловидностью, твердозерностью зерна). Целью исследования стала сравнительная оценка этих структурно-механических характеристик вне зависимости от генотипических (сортовых) особенностей пшеницы. Показатель твердозерности, определяемый на основе фрактографического анализа муки выявил большую степень связи с важнейшими показателями качества пшеницы.

Ключевые слова: пшеница, зерно, хлебопекарные свойства, качество зерна, сорта пшеницы.

COMPARISON OF BAKING PROPERTIES OF VARIOUS WHEAT VARIETIES AND THEIR EVALUATION BY GRAIN QUALITY

Research Article

Fedotov V. A.*

ORCID: 0000-0002-3692-9722,

Orenburg State University

*Corresponding author (vital_asm[at]mail.ru)

Abstract

The paper shows that the technological, in particular baking, properties of wheat are closely related to the structural and mechanical features of grain (vitreous, grain hardness). The goal of this study is a comparative assessment of the structural and mechanical features, regardless of the genotypic (varietal) characteristics of wheat. The hardness index, determined based on fractographic analysis of flour, revealed a strong connection with the most important indicators of wheat quality.

Keywords: wheat, grain, baking properties, grain quality, wheat varieties.

Введение

За последние годы урожайность зерновых культур в нашей стране достигла величины более 140 млн тонн. Проектом «Долгосрочной стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации до 2025 года и на перспективу до 2035 года» предполагается повышение производства зерна до 150 млн тонн, отчасти путем повышения урожайности, отчасти - увеличения посевных площадей. [1] Проблема формирования качества хлебобулочных изделий тесно связана с низким качеством используемого зернового сырья. Технологические качества зерна и зерномучных товаров связаны с структурно-механическими свойствами зерна, описываемыми показателями прочности и твердости, или применительно к пшенице твердозерности. [2]

Многолетний опыт мукомольного, хлебопекарного, макаронного производства показывает, что важную роль в формировании физико-химических свойств зерна играют его структурно-механические характеристики. [3] Огромное воздействие на последние оказывают вид (твердая и мягкая), сорт, район и условия произрастания пшеницы. Неоднородность микроскопического строения и химического состава отдельных анатомических частей зерновки (прежде всего оболочек и эндосперма) обуславливает различия их физико-механических свойств пшеницы, что необходимо учитывать, как минимум, при подготовке ее к переработке. [4]

Методы и принципы исследования

Качество зерна определяет выход муки высших сортов, пищевые и вкусовые достоинства хлеба, свойства макарон и других хлебобулочных изделий. Пшеница - хлебная культура, имеющая наибольшую ценность. Большой интерес представляет изучение технологических свойств сортов твердых пшениц. [5]

Литературы, посвященной изучению хлебопекарных качеств твердой пшеницы, немного. Поэтому проведены исследования сортов твердых пшениц с целью установления их хлебопекарных свойств. [6]

Стекловидность зерна определяли визуально. Твердость зерна оценивалась микротвердомером ПМТ.

Объектами исследований служили образцы зерна твердой (Оренбургская 10, Безенчукская 200, Оренбургская 21, Безенчукская янтарь, Харьковская 3, Степь 3) и мягкой (Саратовская 42, Учитель, Оренбургская 13, Юго-восточная 3, Варяг, Прохоровка, Л-503) пшеницы различных районов Оренбургской области.

Основные результаты

Известно, что стекловидность отражает консистенцию пшеницы. Она формируется на последних стадиях созревания зерна в фазе восковой спелости. Стекловидное зерно по анатомо-морфологическим свойствам отличается от мучнистого более высокой твердостью и хрупкостью. [7]

Показатель стекловидности имеет важное значение при переработке мягкой и твердой пшеницы. В зависимости от него формируют помольные партии и определяют параметры технологического процесса подготовки и размола зерна. Чем выше его стекловидность, тем лучше технологические свойства. При первичном дроблении стекловидной пшеницы получается больше крупок и дунстов и меньше муки, чем при дроблении мучнистого зерна. Это служит основой высокого выхода муки в размольном процессе при окончательном измельчении обогащенных крупок и дунстов. От уровня стекловидности зависит не только выход, но и качество муки: крупность, зольность. [8]

Стекловидность помольных партий учитывают при расчете выходов муки и определении ее ассортимента. В связи с этим действующим стандартом на заготавливаемое зерно мягкой пшеницы 1 и 2 классов (сильной) установлена ограничительная норма по показателю общей стекловидности - не менее 60 %. Такая стекловидность гарантирует хорошие мукомольные свойства помольной партии при добавлении пшеницы-улучшителя и обеспечивает при размоле получение заданных выходов сортовой муки стандартного качества. Из такой муки вырабатывают хлеб и макаронные изделия, отвечающие по качеству требованиям стандарта на соответствующие виды продукции. [9]

Отсутствие единства в оценке свойств зерна пшеницы создает определенные трудности во внешней торговле. В американском и канадском стандартах пшеницы различают по показателю твердости зерна (твердозерности), поскольку твердозерные и мягкозерные пшеницы характеризуются существенными различиями технологических свойств. В российской зерноперерабатывающей промышленности, ввиду отсутствия инструментальной и методологической базы для экспрессного определения твердозерности, такого разделения не делают. Отчасти этот показатель заменяет широко используемый для классификации зерна и легко определяемый показатель стекловидности. Данный показатель характеризуется высокой лабильностью: при одинаковых значениях стекловидности разные сорта пшеницы характеризуются существенными различиями мукомольных, макаронных и хлебопекарных свойств. [10]

Обсуждение

Представляет интерес изучение количественной оценки показателя твердозерности пшеницы и в связи с этим ее хлебопекарных достоинств. Проводили лабораторный помол мельницей Labor muszeripari с выходом муки 70 %. Полученные образцы частиц зерна (муки) анализировали алгоритмами компьютерного зрения (библиотекой OpenCV). Производимый таким образом анализ в отличие от гранулометрического ведет учет не только размера частиц, но и их форм, и потому может называться фрактографическим. Современные интеллектуальные системы дают возможность описывать форму более совершенными способами.

В ходе анализа программно выделяли каждую частицу размолотого зерна, обрисовывая ее контуром и получая соответствующую фигуру. Затем, из центров масс фигур проводили отрезки к периметру, вычисляя средние значения (X , в микрометрах) этих отрезков и коэффициенты вариации их длин (K). Для оценки твердозерности (HD , в $\text{кг}/\text{мм}^2$) выведена следующая зависимость ($R^2 = 0,89$)

$$HD = 0,15 \cdot K + 0,28 \cdot X + 0,90 \quad (1)$$

Полученное регрессионное уравнение позволяет прогнозировать твердозерность зерна пшеницы, основываясь на геометрических параметрах частиц ее размолотого зерна. Погрешность предлагаемого фрактографического метода определения твердозерности составила не более 3,0 %.

Исследованиями выявлены высокие значения коэффициентов множественной корреляции между стекловидностью и технологическими свойствами твердой пшеницы (таблица 1). Похожие корреляции проявляет показатель твердозерности зерна с этими показателями качества пшеницы (таблица 2).

Таблица 1 – Сопряжение показателей качества со стекловидностью зерна

| Вариант | Сопряжение со стекловидностью показателей качества | Коэффициент множественной корреляции |
|---------|--|--------------------------------------|
| 1 | Клейковина зерна, выход крупки, прочность макаронных изделий | 0,586 |
| 2 | Белок в зерне, выход крупки, прочность макаронных изделий | 0,637 |
| 3 | Клейковина зерна, ИДК клейковины зерна, растяжимость клейковины зерна | 0,516 |
| 4 | Клейковина крупки, ИДК клейковины крупки, растяжимость клейковины крупки | 0,688 |
| 5 | Со всеми основными показателями качества | 0,713 |

Таблица 2 – Сопряжение показателей качества с твердозерностью зерна

| Вариант | Сопряжение с твердозерностью показателей качества | Коэффициент множественной корреляции |
|---------|--|--------------------------------------|
| 1 | Клейковина зерна, выход крупки, прочность макаронных изделий | 0,524 |
| 2 | Белок в зерне, выход крупки, прочность макаронных изделий | 0,682 |
| 3 | Клейковина зерна, ИДК клейковины зерна, растяжимость клейковины зерна | 0,551 |
| 4 | Клейковина крупки, ИДК клейковины крупки, растяжимость клейковины крупки | 0,672 |
| 5 | Со всеми основными показателями качества | 0,721 |

Заключение

Проведенный корреляционный анализ установил наличие тесных связей показателей структурно-механических свойств пшеницы с ее технологическими показателями качества. Стекловидность пшеницы позволяет прогнозировать технологические свойства зерна, непосредственно влияющие на качество производимых из него хлебобулочных и макаронных изделий. Показатель твердозерности, определяемый на основе фрактографического анализа муки выявил большую степень сопряжения с важнейшими показателями качества пшеницы.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Медведев, П. В. Комплексная оценка потребительских свойств зерна и продуктов его переработки / П. В. Медведев, В. А. Федотов, И. А. Бочкарева // Международный научно-исследовательский журнал. - 2015. - № 7-1 (38). - С. 77-80.
2. Шепелев, А. Ф. Товароведение и экспертиза электротоваров: учебное пособие для вузов / А. Ф. Шепелев, И. А. Печенежская. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 192 с.
3. Медведев, П.В. Управление качеством продуктов переработки зерна и зерномучных товаров / П. В. Медведев, В. А. Федотов, И. А. Бочкарева // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. - 2016. - № 1. - С. 61 – 69.
4. Потороко, И.Ю. Современное состояние и тенденции развития хлебопекарной отрасли / И.Ю. Потороко, Н.В. Андросова // Сборник материалов XII Международной научно-практической конференции «Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства» – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2014. – С. 168–170.
5. Федотов, В. А. Факторы формирования потребительских свойств зерномучных товаров / В. А. Федотов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – № 4. – С. 186-190.
6. Беркутова, Н. С. Микроструктура пшеницы / Н. С. Беркутова, И. А. Швецова. - М.: Колос, 1977. - 122 с.
7. Петров, Ю.А. Комплексная автоматизация управления предприятием: Информационные технологии - теория и практика / Ю.А. Петров, Е.Л. Шлимович, Ю.В. Ириупин. - М.: Финансы и статистика, 2001. - 160 с.
8. Магомедов, М.Д. Экономика пищевой промышленности / М.Д. Магомедов, А.В. Заздравных, Г.А. Афанасьева. – М.: Дашков и К, 2011. – 232 с.
9. Тарасенко, Ф. П. Прикладной системный анализ (наука и искусство решения проблем): учебник / Ф. П. Тарасенко. - Томск; Издательство Томского университета, 2004. – 128 с.
10. Хангильдин В. В. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы / В. В. Хангильдин, Н. А. Литвиненко // Науч.-техн. бюл. – 1981. – № 1. – С.8-14.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Medvedev, P. V. Kompleksnaya ocenka potrebitel'skikh svoystv zerna i produktov ego pererabotki [Comprehensive assessment of consumer properties of grain and its processed products] / P. V. Medvedev, V. A. Fedotov, I. A. Bochkareva // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International research journal]. - 2015. - № 7-1 (38). - P. 77-80. [in Russian]
2. Shepelev, A. F. Tovarovedenie i ekspertiza elektrotovarov: uchebnoe posobie dlia vuzov [Commodity science and expertise of electrical goods: textbook for universities] / A. F. Shepelev, I. A. Pechenezhskaia. - Rostov-na-Donu: Feniks, 2002. - 192 p. [in Russian]
3. Medvedev, P.V. Upravlenie kachestvom produktov pererabotki zerna i zernomuchnykh tovarov [Quality management of grain processing products and grain science products] / P. V. Medvedev, V. A. Fedotov, I. A. Bochkareva // Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Protessy i apparaty pishchevykh proizvodstv [Scientific journal of the ITMO research INSTITUTE. Series: processes and devices of food production]. - 2016. - № 1. - P. 61 – 69. [in Russian]
4. Potoroko, I.Iu. Sovremennoe sostoianie i tendentcii razvitiia khlebopekarnoi otasli [Current state and development trends of the baking industry] / I.Iu. Potoroko, N.V. Androsova // Sbornik materialov XII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Torgovo-e'konomicheskie problemy regional'nogo biznes-prostranstva» – Cheliabinsk: Izd-vo IUUrGU, 2014. – P. 168–170. [in Russian]
5. Fedotov, V. A. Faktory formirovaniia potrebitel'skikh svoystv zernomuchnykh tovarov [Factors of formation of consumer properties of grain products] / V. A. Fedotov // Vestnyk Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Orenburg state University]. – 2011. – № 4. – P. 186-190. [in Russian]
6. Berkutova, N. S. Mikrostruktura pshenitcy [The microstructure of wheat] / N. S. Berkutova, I. A. Shvetcova. - M.: Kolos, 1977. - 122 p. [in Russian]
7. Petrov, Iu.A. Kompleksnaya avtomatizatsiia upravleniia predpriatiem: Informatsionny'e tekhnologii - teoriia i praktika [Comprehensive automation of enterprise management: Information technologies-theory and practice] / Iu.A. Petrov, E.L. Shlimovich, Iu.V. Iriupin. - M.: Finansy i statistika, 2001. - 160 p. [in Russian]
8. Magomedov, M.D. E'konomika pishchevoi promyshlennosti [Economics of the food industry] / M.D. Magomedov, A.V. Zazdravnykh, G.A. Afanas'eva. – M.: Dashkov i K, 2011. – 232 p. [in Russian]
9. Tarasenko, F. P. Prikladnoi sistemnyy analiz (nauka i iskusstvo resheniia problem): Uchebnik [Applied system analysis (science and art of problem solving): textbook] / F. P. Tarasenko. - Tomsk; Izdatel'stvo Tomskogo universiteta, 2004. – 128 p. [in Russian]
10. Hangil'din V. V. Gomeostatichnost i adaptivnost sortov ozimoi pshenitcy [Homeostatic and adaptability of winter wheat varieties] / V. V. Hangil'din, N. A. Leetvinenko // Nauch.-tekhn. biul. – 1981. – № 1. – P.8-14. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.021>

БЕСПРОВОДНЫЕ ДАТЧИКИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Научная статья

Никонова Е.З.¹, Яковлева А.А.²

¹ORCID 0000-0003-4416-2629;

²ORCID 0000-0002-1106-2026;

^{1, 2} Нижневартковский государственный университет; Нижневартовск, Россия

* Корреспондирующий автор (nastyaya15[at]mail.ru)

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы организации беспроводных сенсорных сетей приборов в нефтегазовой отрасли, программное обеспечение, необходимое для их работы, доказываемся преимущество такой сети с точки зрения ее экономической сети, приводится пример практической реализации беспроводной технологии SmartWireless на месторождении Западной Сибири, а также анализируются преимущества и недостатки рассматриваемой технологии. Предлагается один из подходов отслеживания заряда аккумулятора беспроводных датчиков на базе стандарта Wireless HART с помощью мобильного приложения для оператора АСУ ТП.

Ключевые слова: системы сбора данных, мониторинг, беспроводные сети датчиков, программное обеспечение, стандарт Wireless HART.

WIRELESS SENSORS IN OIL AND GAS INDUSTRY

Research Article

Nikonova E.Z.¹, Yakovleva A.A.²

¹ORCID 0000-0003-4416-2629;

²ORCID 0000-0002-1106-2026;

^{1, 2} Nizhnevartovsk State University; Nizhnevartovsk, Russia

* Corresponding author (nastyaya15[at]mail.ru)

Abstract

The paper discusses the organization of wireless sensor device networks in the oil and gas industry, the software required for their operation, and proves the advantage of this network from the point of view of its economic network, provides an example of the practical implementation of SmartWireless technology in a field in Western Siberia and analyzes the advantages and disadvantages technology under consideration. The authors propose one of the approaches for tracking the battery charge of wireless sensors based on the Wireless HART standard using a mobile application for the operator of industrial control systems.

Keywords: data acquisition systems, monitoring, wireless sensor networks, software, Wireless HART standard.

Компании нефтяной отрасли стремятся применять новые технологии, которые направлены на повышение эффективности, снижение затрат и безопасность технологически процессов. Оборудование, использованное в данной отрасли, как и сами процессы, требует построения распределенных систем сбора данных и непрерывной регистрации данных. Элементами систем мониторинга выступают датчики – средства измерений, вырабатывающие сигналы измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, хранения и обработки, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем. При этом, передача этой информации осуществляется по кабельной эстакаде, на строительство которой требуются существенные материальные затраты, т.к. зачастую нефтегазовые объекты расположены в труднодоступной местности и распределены на обширной территории в несколько километров (см. рисунок 1) [3].



Рис. 1 – Распределенный нефтегазовый комплекс

Среди основных недостатков кабельной эстакады выделяются высокая материалоемкость, трудоемкость монтажа, использование резки и сварки несущих элементов эстакад, а так же их небольшая кабельная емкость, обусловленная ограниченностью ассортимента кабельных конструкций, монтируемых на горизонтальных прогонах кабельных эстакад (см. рисунок 2).



Рис. 2 – Кабельная эстакада

Одно из основных решений данной проблемы — применение беспроводных сенсорных сетей приборов (Wireless Sensor Networks, WSN), которые могут применяться на нефтехимических и нефтеперерабатывающих заводах, скважинах, пробуренных с берега, накопительных станциях, подводной разработки месторождений и на морских платформах нефтегазодобычи.

Технология беспроводных сенсорных сетей промышленной автоматизации построена на стандарте Wireless HART (IEC 62591). В основу работы стандарта Wireless HART положена технология самоорганизующихся ячеистых сетей (Mesh network). Последние образуются на основе множества соединений типа «точка–точка», находящихся в области радиопокрытия друг друга. Технология, построенная таким образом, позволяет беспроводным полевым приборам взаимодействовать друг с другом самостоятельно, что экономит время запуска системы [6], [8].

Ключевыми преимуществами стандарта Wireless HART являются:

- соединение между датчиками автоматическое и исключает необходимость настройки прибора и администрирования сети.
- способность любого датчика выполнять функции маршрутизатора для других рядом расположенных приборов, что обеспечивает высокую надежность сети благодаря наличию резервных маршрутов передачи данных: при выводе одного из датчиков из эксплуатации данные будут передаваться через другой – в обход по резервному пути [6], [9].

Измерительная информация, полученная беспроводным датчиком, передается в шлюз, который оснащен интегрированной или выносной антенной и может находиться в полевых условиях или операторной. Прямая видимость между беспроводным прибором и шлюзом не требуется. Шлюз представляет собой беспроводной вариант коммутационных панелей и распределительных коробок. Он подключается к контроллеру посредством стандартных промышленных протоколов, таких как Modbus и OPC (Open Platform Communications), через Ethernet-соединение, последовательную шину RS-485 или другую существующую сеть передачи данных (см. рисунок 3). Контроллер, в свою очередь, передает информацию в разные информационные системы: Web-браузер, архив данных, систему AMS Device Manager или систему управления [3].

Электрическое питание датчиков обеспечивается модулем питания с искробезопасным исполнением. Периодичность зарядки в среднем составляет до одного раза в год и напрямую зависит от частоты опроса датчика.



Рис. 3 – Структура беспроводной сети на основе стандарта Wireless HART

Главным недостатком беспроводных датчиков является срок службы модуля питания. Заявленный срок жизни такого модуля составляет до 10 лет по данным компании Emerson – главного производителя беспроводных приборов и создателя Wireless HART.

Второй недостаток – беспроводные приборы относятся к устройствам малого радиуса действия и способны передать информацию на расстояние до 300 м без использования ретрансляторов. На сегодняшний день беспроводные датчики набирают популярность, но в SCADA-системах отсутствует контроль срока службы модуля питания беспроводного датчика, который является необходимым параметром для обеспечения работы системы управления и своевременной регистрации измеряемой информации.

Срок эксплуатации модуля питания зависит от периодичности опроса датчика, которая составляет порядка одной секунды. Если датчик работает как ретранслятор, т.е. помимо собственных показаний принимает и передает показания соседнего прибора, то срок жизни батареи питания уменьшается. Помимо этого, эксплуатация беспроводного прибора в районах Крайнего Севера при температурах до минус 60 сокращает срок службы батареи до 4-6 лет.

Для запуска сети с беспроводными датчиками необходимо три различных программных сегмента. Первый программный сегмент – программное обеспечение для координации связи между датчиками. Данное программное обеспечение разрабатывает поставщик аппаратного обеспечения.

Второй сегмент содержит команды прикладного уровня и записывается в узле датчиков. Этот код обеспечивает регулирование приема аналоговых сигналов от различных датчиков и оцифровывает данные сигналы в цифровые сообщения, которые содержат информацию о параметрах контролируемой среды. Измерение параметров и передача сообщений в центральную станцию осуществляется с установленной периодичностью.

Третий программный сегмент, необходимый для работы беспроводной сети датчиков, представлен программой, выполняющейся на главном компьютере, принимающим все данные. Пункт сбора данных запрограммирован на выгрузку принимаемых сообщений в персональный компьютер, в котором они вносятся в текстовые файлы. Программа написана на главном компьютере и предназначена для обработки данных [10].

Программное обеспечение датчика разрабатывается и устанавливается заводом-изготовителем. В нем содержится рабочие параметры датчика, конфигурирование которых осуществляется с помощью портативного коммуникатора:

- вид физических единиц;
- значение времени демпфирования (от 0 до 25,6 с – по выбору пользователя);
- тэг: 8 алфавитно-цифровых знаков;
- сообщение: 32 алфавитно-цифровых знака;
- дескриптор: 16 алфавитно-цифровых знаков;
- дата и др. параметры [5].

Так же программное обеспечение содержит защищенную от перезаписи информацию: тип датчика, предельные значения измерения, минимальная шкала, заполняющая жидкость, изоляционные материалы, серийный номер модуля и номер версии программного обеспечения [10].

Беспроводные датчики предназначены для установки на промышленных предприятиях, где даже небольшие расстояния труднодоступны или затратны для покрытия классическими проводными сетями. Применение беспроводных датчиков дает компаниям ряд преимуществ:

- сокращение сроков запуска оборудования, потому что необходимость в прокладке кабельных трасс отсутствует;
- получение доступа к той информации, которую ранее было невозможно получить вообще, или для доступа к которой требовались большие вложения;
- возможность добавления новых точек измерения без значительных трудозатрат.

Расходы на стандартное проводное подключение типичного проекта автоматизации с учетом стоимости дополнительного оборудования и трудозатрат человека, повышают стоимость любого проекта автоматизации вне зависимости от его типа и размеров.

Рассчитаем смету минимальных затрат на материалы, необходимые для строительства ста метров кабельной эстакады для одного прибора.

Стойки проложим с шагом 0,7 м. На каждую стойку потребуется 2 полки и два ряда лотков, соответственно: одна для прокладки силового кабеля, вторая – для контрольного согласно ПУЭ [4]. Для расчета взята средняя стоимость материалов (см. таблицу 10) в ценах за 2020 год [2].

Таблица 1 – Расчет затрат на материалы

| Наименование материала | Требуемое количество | Единица измерения | Цена за единицу, руб. | Стоимость, руб. |
|---|----------------------|-------------------|-----------------------|-----------------|
| Опорная конструкция BTL-20 1700 мм | 59 | шт. | 4 586,83 | 270 622,97 |
| Стойка кабельная оцинкованная K1150 400 мм | 282 | шт. | 96,00 | 27 072,00 |
| Полка кабельная оцинкованная K1162 355 мм | 282 | шт. | 89,00 | 25 098,00 |
| Лоток перфорированный замковый 100×50×2500×0,7 мм | 80 | шт. | 233,00 | 18 640,00 |
| Кабель контрольный ГЕРДА-КВнг(A)-LS 4×1,5 | 100 | м | 289,32 | 28 932,00 |
| Кабель силовой ВВГ-П нг(A)-LS 2×2,5 | 100 | м | 31,34 | 3 134,00 |
| Провод заземления ПуГВ 1×4,0 | 10 | м | 23,34 | 233,40 |
| Металлорукав в ПВХ-изоляции Ду 25 мм | 10 | м | 114,70 | 1 147,00 |
| Итого, руб.: | 374 879,37 | | | |

Помимо затрат на материалы, требуются затраты на проектирование, строительство и техническое обслуживание.

Стоимость одного модуля питания составляет около 20000 руб. Следовательно, для эксплуатации беспроводного датчика со сроком службы десять лет в условиях Крайнего Севера с учетом замены модуля питания каждые четыре года потребуется закупить три модуля питания. Затраты составят 60000 руб.

На нефтегазовом месторождении в Западной Сибири специалистами предприятия были применены беспроводные датчики [7]. Перед компанией стояла задача оптимизации процесса нефтегазодобычи за счет управления продуктивностью добывающих скважин и создания условий для эффективной и своевременной регистрации возможных аварийных ситуаций и неполадок. Для этого необходимо было обеспечить мониторинг параметров скважин: линейного, затрубного и буферного давления фонтанной арматуры, и температуры за штуцером скважин.

При больших расстояниях, в условиях болотистой местности применение традиционных проводных датчиков было экономически невыгодным. Чтобы подключить и обслуживать в дальнейшем проводные контрольно-измерительные приборы, было бы необходимо построить кабельные эстакады и проложить кабельные трассы непосредственно до каждой скважины. Вероятность обрыва линий на этапе освоения месторождения была высокой. Другим немаловажным фактором являлись сроки реализации и ввода в эксплуатацию проекта как на стадии проектирования, так и в процессе монтажных работ. Оптимальным выбором стало применение беспроводного оборудования благодаря минимальной стоимости монтажа и обслуживания [3].

Датчики установили непосредственно на оборудовании устья скважин (см. рисунок 4). Для контроля линейного, затрубного и буферного давления скважин использовали беспроводные преобразователи давления Rosemount 3051S, для контроля температуры на линии – датчики температуры Rosemount 648.



Рис. 4 – Беспроводные датчики, установленные на устье скважины

Датчики оборудованы термочехлами без обогрева для обеспечения работоспособности при низких температурах в зимний период.

По беспроводному каналу информация с приборов передается на шлюз SmartWireless, который установлен в отопляемом блоке контроля и управления и подключен к шкафу телемеханики по протоколу Modbus RTU.

Беспроводные датчики эксплуатировались четыре года в условиях Крайнего Севера, работали исправно и не потребовали замены модулей питания. В дальнейшем предприятием было автоматизировано более пяти месторождений с использованием беспроводных датчиков, а общий парк беспроводных приборов составил порядка тысячи единиц [7].

Этот опыт еще раз доказал, что внедрение беспроводной технологии SmartWireless позволяет:

- сократить капитальные затраты как на этапах проектирования и ввода в эксплуатацию, так и на плановое обслуживание оборудования;
- повысить качество установки, исключив проблемы, характерные для проводных кабельных линий;
- провести монтаж беспроводного оборудования в минимальные сроки.

Таким образом, на сегодняшний день беспроводные датчики – это экономичный и разумный подход к автоматизации процессов, удовлетворяющий современным требованиям, установленным в промышленности. Эффективность их применения доказана на примере зарубежных и отечественных нефтегазодобывающих производств.

С каждым годом популярность беспроводных решений увеличивается. В будущем тенденция к распространению беспроводных технологий не только на отдельные объекты, но и на все производство сохранится и будет только усиливаться.

Несмотря на то, что технология беспроводных датчиков считается одной из самых передовых и интересных, существует еще множество нерешенных проблем. Как уже было отмечено, одним из недостатков беспроводных датчиков является срок службы модуля питания, который зависит от частоты опроса датчика. Кроме того, если датчик работает как ретранслятор, т.е. помимо собственных показаний принимает и передает показания соседнего прибора, то срок жизни батареи питания уменьшается. Возникает необходимость отслеживания и своевременной замены аккумуляторных батарей сети беспроводных датчиков.

Существуют алгоритмы расчета времени автономной работы беспроводного датчика, которые можно использовать для определения времени замены батареи датчика.

Поэтому одним из решений задачи отслеживания заряда аккумулятора для корректной работы АСУ технологического процесса в нефтегазовой отрасли с использованием беспроводных датчиков на базе стандарта Wireless HART может быть программа мобильного отслеживания заряда аккумулятора беспроводного датчика для АРМ-оператора АСУ ТП кустовой площадки.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Emerson [Электронный ресурс]. – URL: : <https://www.emerson.ru/ru-ru> (дата обращения 27.05.2020)
2. TDM Electromarket [Электронный ресурс]. – URL: : <http://tdmelectric.ru/> (дата обращения 27.05.2020)
3. Опыт применения беспроводных технологий в промышленности [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.emerson.ru/ru-ru> (дата обращения 27.05.2020)
4. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), седьмая редакция [Электронный ресурс]: утв. приказом Минэнерго России 08.07.2002 : введ. в действие с 01.01.2003.
5. US.C.30.059.A № 58222 Российская Федерация. Свидетельство об утверждении типа средства измерений / заявитель и обладатель Emerson. – № 14061-15; утвержден 27.03.2015. – 4 с.
6. Тагиров, Д.Н. WirelessHART – единственный беспроводной протокол связи, удовлетворяющий требованиям рынка АСУТП [Текст] / Д.Н. Тагиров // Автоматизация в промышленности. – 2013. – август (№8). – С. 56-58.
7. Тагиров, Д.Н. Беспроводные технологии в СНГ [Текст] / Д.Н. Тагиров // Информатизация и системы управления в промышленности. – 2015. – № 2(56). – С. 65-68.
8. Тхорук Д.К. Интеллектуальные беспроводные системы контроля технологических параметров по протоколу WIRELESSHART [Текст] / Д.К. Тхорук, В.Л. Иванов // Журнал Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т.3. – № 8-1 – С. 339-342.
9. Хамов А.А. Беспроводные решения SMART WIRELESS для мониторинга параметров технологических процессов / А.А. Хамов // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2009. – № 1. – С. 53-56.
10. Хэли, В.М. Опыт построения сети беспроводных датчиков для мониторинга систем ОВК зданий / В.М. Хэли // ASHRAE : пер. с англ. яз : Л.И. Баранова.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Emerson [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.emerson.ru/ru-ru> (accessed 27.05.2020) [In Russian]
2. TDM Electromarket [Electronic resource]. – Access mode: <http://tdmelectric.ru/> (accessed 27.05.2020) [In Russian]
3. Opyt primeneniya besprovodnykh tekhnologiy v promyshlennosti Experience in the use of wireless technology in industry [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.emerson.ru/ru-ru> (accessed 27.05.2020) [In Russian]
4. Pravila ustroystva elektroustanovok (PUE), sed'maya redaktsiya [Rules for the installation of electrical installations (PUE), 7th edition] [Electronic resource]: Approved by the order of the Ministry of Energy of Russia on 08.07.2002: putting into force on 01.01.2003. [In Russian]
5. US.C.30.059.A No. 58222 Russian Federation. Certificate of measuring device type approval / Applicant and Owner: Emerson. – No. 14061-15; approved on 03/27/2015. – 4 p. [In Russian]
6. Tagirov, D.N. WirelessHART – yedinstvennyy besprovodnoy protokol svyazi, udovletvoryayushchiy trebovaniyam rynka ASUTP [WirelessHART – the only wireless communication protocol that meets the requirements of the process control

market] [Text] / D.N. Tagirov // Avtomatizatsiya v promyshlennosti [Automation in industry]. – 2013. – August (No. 8). – P. 56-58. [In Russian]

7. Tagirov, D.N. Besprovodnyye tekhnologii v SNG [Wireless technologies in the CIS] [Text] / D.N. Tagirov // Informatizatsiya i sistemy upravleniya v prmyshlennosti [Informatization and control systems in the industry]. – 2015. – No. 2 (56). – P. 65-68. [In Russian]

8. Thoruk D.K. Intellektual'nyye besprovodnyye sistemy kontrolya tekhnologicheskikh parametrov po protokolu WIRELESSHART [Intelligent wireless systems for monitoring technological parameters according to the WIRELESSHART protocol] [Text] / D.K. Thoruk, V.L. Ivanov // Zhurnal Aktual'nyye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika [Journal Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice]. – 2015. – V.3. – No. 8-1 – P. 339-342. [In Russian]

9. Khamov A.A. Besprovodnyye resheniya SMART WIRELESS dlya monitoringa parametrov tekhnologicheskikh protsessov [Wireless solutions SMART WIRELESS for monitoring the parameters of technological processes] [Text] / A.A. Khamov // Oborudovaniye i tekhnologii dlya neftegazovogo kompleksa [Equipment and technologies for the oil and gas complex]. – 2009. – No. 1. – P. 53-56. [In Russian]

10. Heli, V.M. [Experience of constructing a network of wireless sensors for monitoring HVAC systems of constructions] [Text] / V.M. Heli // ASHRAE: Trans. from English by L.I. Baranova. [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.022>

ДИСКОВЫЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН ДОРОЖНОЙ МАШИНЫ

Научная статья

Ганжа В.А.^{1*}, Сатышев А.С.², Карелин Е.Н.³, Ганжа А.В.⁴^{1,2} Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа, Красноярск, Россия;³ Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железнодорожск, Россия;⁴ Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого Министерства здравоохранения Российской Федерации, Красноярск, Россия

* Корреспондирующий автор (vladimirganzha[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье приводится описание конструкции исполнительного органа дорожной машины, оснащенного дисковыми ножами, предназначенного для эффективного разрушения прочных снежно-ледяных отложений на дорожных покрытиях. Излагается порядок работы такого оборудования и описание полезного технического эффекта, ожидаемого от использования предложенных технических решений на практике.

Ключевые слова: снежно-ледяные отложения, дисковый нож, исполнительный орган, уборочные машины, дорожные покрытия.

DISK EXECUTIVE BODY OF ROAD MACHINE

Research Article

Ganzha V.A.^{1*}, Satyshev A.S.², Karelin E.N.³, Ganzha A.V.⁴^{1,2} Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas, Krasnoyarsk, Russia;² Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia, Zheleznogorsk, Russia;³ Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V.F. Voyno-Yasenetsky, Ministry of Health of the Russian Federation, Krasnoyarsk, Russia

*Corresponding author (vladimirganzha[at]yandex.ru)

Abstract

The paper describes the design of the executive body of a road machine, equipped with circular knives, intended for the effective destruction of durable snow-ice deposits on the road surfaces. The operating procedure of such equipment and the description of the beneficial technical effect expected from the use of the proposed technical solutions in practice are also described in detail in this work.

Keywords: snow-ice deposits, circular knife, executive body, sweepers, road surfaces.

Введение

Одним из способов повышения эффективности рабочих органов дорожных машин, их адаптации к различным условиям эксплуатации является групповое оснащение такого оборудования одиночным режущим инструментом в соответствии со схемами размещения, обеспечивающими разрушение разрабатываемой прочной среды с минимальной энергоемкостью процесса при высокой производительности рабочих органов [1].

Одиночный режущий инструмент, которым преимущественно оснащаются рабочие органы машин, взаимодействующих с различными средами при их механическом разрушении это зубья, резцы, дисковый инструмент различной геометрической формы [2], [3].

Главная идея комплекса работ, по модернизации существующего и разработке нового высокоэффективного оборудования для разрушения прочных снежно-ледяных отложений (СЛО) на дорожных покрытиях, в течение ряда лет проводимого авторами, заключается в групповом использовании в конструкциях такого оборудования дисковых ножей с односторонней заточкой [4], [5].

В работе [5] приводятся основные результаты, проведенных авторами, широкомасштабных лабораторных и теоретических исследований процесса взаимодействия дисковых ножей с прочными снежно-ледяными отложениями при их механическом разрушении. Цель исследований – обоснование рациональных, по условию минимума энергетических затрат, геометрических параметров режущих дисков. Основные условия экспериментальных исследований: плотность разрушаемых СЛО $\rho = 0,75 \text{ г/см}^3$; предел прочности разрушаемой среды на сжатие $\sigma_{сж} = 1,8 \div 2,3 \text{ МПа}$; глубина резания (из условия максимально допустимой толщины слоя разрабатываемой среды для автогрейдеров, оснащенных системами автоматического управления отвалом) $h = 60 \text{ мм}$; шаг резания (толщина срезаемой стружки материала) $t = 10; 20; 30; 40 \text{ мм}$; угол заострения режущих дисков $\delta = 15^\circ; 30^\circ; 45^\circ; 60^\circ$; скорость резания $V = 0,5 \text{ м/с}$.

Исследованиями установлено, что минимум силовых и энергетических затрат при изменяющихся условиях испытаний стабильно обеспечивается использованием дисковых ножей с углом заострения $\delta = 30^\circ$ диаметром $D = 0,2 \text{ м}$.

В этой же работе приведены результаты сравнительного расчета силы сопротивления СЛО резанию стандартным отвалом автогрейдера и отвальным рабочим органом, оснащенным дисковыми ножами, с учетом условий, описанных выше, при равной длине отвалов $L = 3,7 \text{ м}$ с углом установки отвалов в плане $\beta = 40^\circ$.

На основании результатов силового расчета произведен и расчет удельной энергоемкости процессов разрушения прочных СЛО сравниваемыми рабочими органами. Результаты расчетов свидетельствуют о существенном (в 2,3 раза) снижении энергоемкости процесса разрушения прочных СЛО рабочим органом предложенной конструкции по сравнению со стандартным отвалом автогрейдера.

Это свидетельствует о целесообразности и перспективности использования дискового режущего инструмента в рабочих органах машин для разрушения и удаления снежно-ледяных отложений с поверхности автомобильных дорог, а также об актуальности задач разработки и создания такого оборудования.

Цель работы

Целью данной работы является разработка схемы пространственного группового размещения дисковых ножей в конструкции нового рабочего органа, обеспечивающей механическое разрушение прочных снежно-ледяных образований с меньшей энергоемкостью процесса по сравнению, например, с основным отвалом автогрейдера.

Основная часть

Концептуальная схема пространственного группового размещения дисковых ножей в конструкции нового рабочего органа для разрушения снежно-ледяного наката на дорожных покрытиях представлена на рисунке 1.

Все элементы конструкции размещаются на раме 1. Каждый из дисковых ножей 10 установлен с возможностью свободного вращения вокруг собственной оси на нижнем конце качающегося рычага 7, верхний конец которого шарнирно прикреплен к раме 1.

Дисковые ножи 14 и 15 установлены на одном комбинированном переднем качающемся рычаге 16. Ход качающихся рычагов 7 и 16 ограничен гидроцилиндрами 8 со штоками 9.

Все дисковые ножи имеют форму усеченного конуса. Дисковые ножи 10 размещены на исполнительном органе большим основанием конуса наружу с углом α относительно главной оси конструкции. Дисковые ножи 14 и 15 по сравнению с дисковыми ножами 10 имеют меньший угол заострения. Большими основаниями эти ножи обращены друг к другу и размещены на исполнительном органе под углом β с минимальным расстоянием h между рабочими кромками.

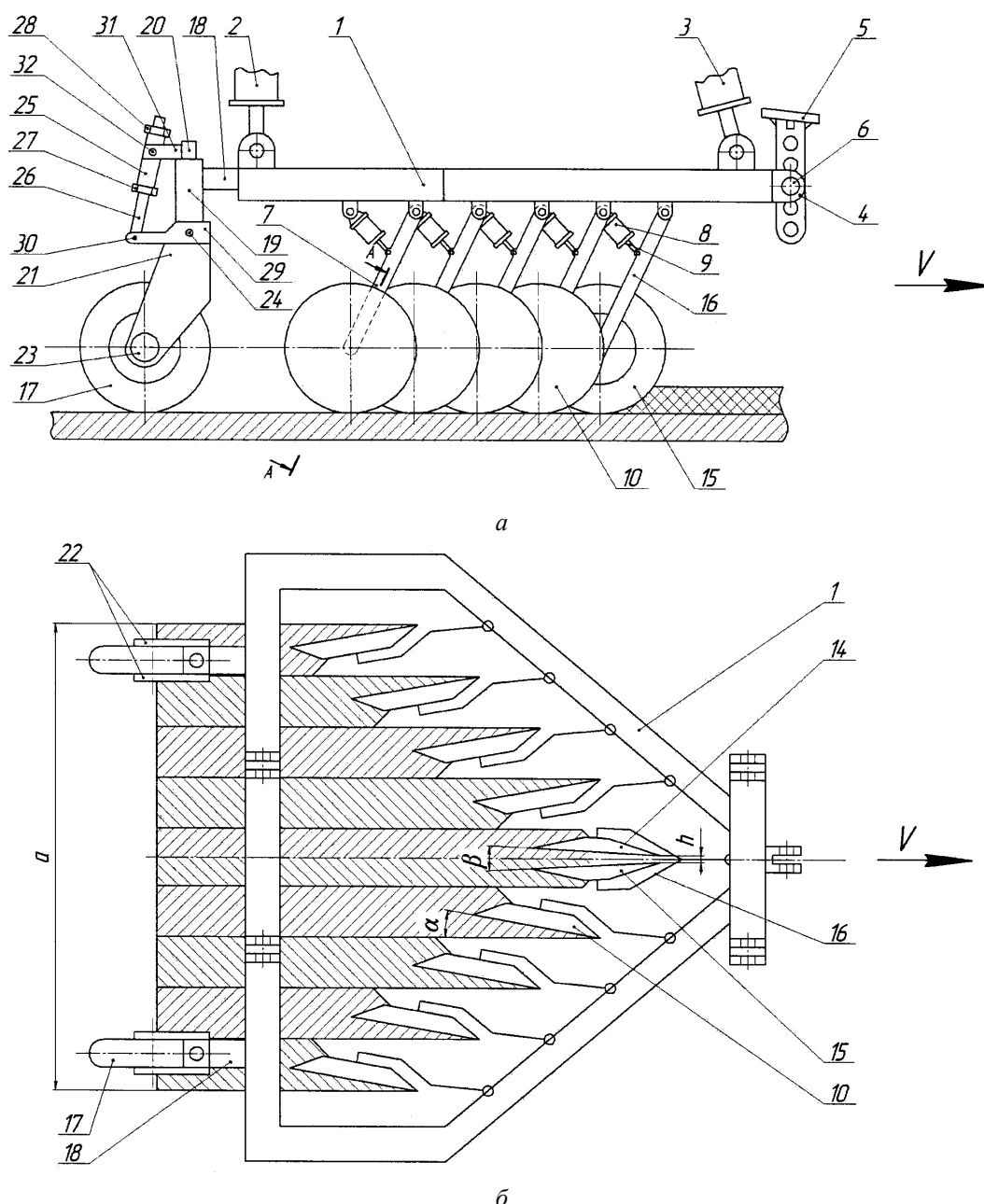


Рис. 1 – Дисковый исполнительный орган: а – вид сбоку; б – вид сверху, с изображением границ поля разрушенного снежно-ледяного массива

Пространственным размещением всех дисковых ножей образуется в плане клин, симметричный относительно главной оси конструкции. Два рояльных колеса 17 установлены на раме 1 сзади.

Установка исполнительного органа на базовую машину осуществляется посредством вертикального кронштейна 5, U – образного элемента 4, стопора 6, гидроцилиндров 2 (2 шт.) и 3 (2 шт.). Этими же гидроцилиндрами осуществляется перевод исполнительного органа в рабочее положение из транспортного положения, т.е. его установка на очищаемое покрытие.

Регулировка глубины резания обеспечивается за счет изменения положения рамы 1 относительно несущих элементов базовой машины – вверх или вниз. Применительно к передней части рамы 1 эта операция выполняется гидроцилиндрами 3 при предварительно извлеченном стопоре 6 из отверстий вертикального кронштейна 5 и U – образного элемента 4. Обратная установка стопора 6 на место осуществляется в положении, когда между рабочими кромками дисковых ножей 14 и 15 и очищаемым покрытием образуется определенный зазор, а отверстия в U – образном элементе 4 совмещаются с одним из ближайших отверстий в вертикальном кронштейне 5.

Перемещение задней части рамы 1 вверх или вниз для обеспечения зазора между рабочими кромками дисковых ножей 10 и очищаемым покрытием осуществляется регулировочными механизмами рояльных колес 17.

По завершении регулировки глубины резания базовая машина начинает движение вперед вдоль трассы очищаемой дороги. Все дисковые ножи погружаются в снежно-ледяной покров и разрушают его. Пара дисковых ножей 14 и 15 работает в заблокированном режиме и, врезаясь в сплошной массив, образует в нем борозду с фрагментами разрушения.

Установкой этих ножей с углом β обеспечивается уменьшение площади поверхностей больших оснований инструмента, контактирующих с разрушаемой средой и, как следствие снижение потерь энергии на трение. Это относится и к каждому из дисковых ножей 10, установленных под углом α к продольной оси исполнительного органа.

Следующей за ножами 14 и 15 первой симметричной относительно продольной оси исполнительного органа парой дисковых ножей 10, осуществляется резание уже частично разрушенного массива, сопровождающееся сдвигом продуктов разрушения в сторону сформированной ранее борозды. Таким образом, реализуется полублокированный режим резания, менее энергоемкий, нежели заблокированный. В полублокированном режиме работает и каждая последующая симметричная пара дисковых ножей, разрушающая массив, частично разрушенный предыдущей парой инструментов.

Количество симметричных пар дисковых ножей 10 может изменяться в зависимости от мощности и конструкции базовой машины, несущей исполнительный орган. При этом изменится и ширина его захвата.

Конструкцией предлагаемого исполнительного органа предусмотрена возможность копирования рабочим инструментом рельефа очищаемой поверхности. То есть, при встрече любого из дисковых ножей с препятствием, прочность которого выше предела прочности разрушаемого снежно-ледяного наката, ножи вместе с соответствующими качающимися рычагами 7 и (или) 16 поднимаются, преодолевая давление, создаваемое гидроаккумулятором гидравлической системы исполнительного органа [7], и перекатившись по поверхности препятствия, возвращаются в исходное положение. Этим предотвращается поломка инструмента.

Возможностью свободного вращения дисковых ножей на соответствующих осях обеспечивается разрушение прочного снежно-ледяного наката с меньшими затратами энергии при равномерном износе рабочих кромок инструмента.

Регулировкой глубины погружения дисковых ножей в разрабатываемый массив сводится к минимуму возможность контакта рабочей кромки инструмента с очищаемым покрытием и возможность его повреждения.

В авторской работе [6] приведены результаты сравнительного расчета силы сопротивления прочных СЛО резанию основным стандартным отвалом автогрейдера ГС-25 и силы сопротивления этой же среды резанию рабочим органом, оснащенным дисковыми ножами, размещенными в его конструкции в соответствии с предложенной схемой (см. рисунок 1). К расчету приняты те же основные условия, что и для отвального рабочего органа, оснащенного дисковыми ножами, описанные выше в разделе «Введение».

При данных условиях расчетная ширина захвата отвала составила $B = 2,378$ м, расчетное значение силы сопротивления разрушаемой среды резанию стандартным отвалом автогрейдера составило $W_I = 21,4$ кН.

При ширине рабочей зоны разрабатываемого оборудования (см. рисунок 1), равной указанному значению ширины захвата, необходимое количество дисковых резцов размещаемых на рабочем органе по предлагаемой схеме составило $n = 24$ шт. (12 пар). Суммарное расчетное значение силы сопротивления прочных СЛО резанию рабочим органом, оснащенным дисковыми ножами составило $W_I' = 9,19$ кН.

С учетом результатов силового расчета произведен расчет удельной энергоемкости процесса разрушения прочных СЛО сравниваемыми рабочими органами. Для стандартного отвала автогрейдера значение этого показателя составило $E_I = 0,041$ кВт ч/м³, для дискового исполнительного органа $E_I' = 0,017$ кВт ч/м³, т.е. ниже в 2,4 раза.

Таким образом, предлагаемое техническое решение позволяет повысить эффективность процесса механического разрушения прочных снежно-ледяных отложений на дорожных покрытиях за счет снижения удельной энергоемкости операций, выполняемых дисковым исполнительным органом по сравнению с удельной энергоемкостью этих же операций, выполняемых автогрейдером при использовании штатного основного отвала.

Конструкция данного рабочего органа для удаления снежно-ледяного наката с поверхности дорог и аэродромов, защищена патентом на изобретение № 2487970 [7].

Заключение

Использованием разработанной, в соответствии с целью работы, схемы пространственного группового размещения дисковых ножей в конструкции предлагаемого рабочего органа, обеспечивается механическое разрушение прочных снежно-ледяных отложений на дорожных покрытиях со значениями удельной энергоемкости процесса в 2,4 раза меньшими по сравнению со значениями этого параметра применительно к стандартному основному отвалу автогрейдера: от значения $E_I = 0,041$ кВт ч/м³ до $E_I' = 0,017$ кВт ч/м³.

Это способствует повышению эффективности процесса механического разрушения прочных снежно-ледяных отложений на очищаемых покрытиях, снижению расхода химически активных противогололедных материалов (ПГМ) при зимнем содержании автодорог, сокращению затрат на приобретение спецтехники для распределения ПГМ, строительство и содержание складских помещений для их хранения.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Баловнев В.И. Дорожно-строительные машины с рабочими органами интенсифицирующего действия / В.И. Баловнев. – М.: Машиностроение, 1981. – 223 с.
2. Союнов А. С. Обоснование параметров дисковых рабочих органов почвообрабатывающих орудий: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Омск, 2011. – 19 с.
3. Кузнецова В. Н. Разработка мерзлых грунтов землеройными машинами. / В. Н. Кузнецова, А.М. Завьялов. – Омск: Изд-во «Апельсин», 2011. – 224 с.
4. Патент 2396389 РФ. Рабочий орган для удаления снежно-ледяного наката с поверхности дорог и аэродромов / Р. Б. Желудкевич, В. А. Ганжа, Ю. Н. Безбородов. Оpubл. 10.08.2010. Бюл. № 22.
5. Ганжа В. А. Разрушение снежно-ледяных образований механическим способом : монография / В. А. Ганжа, В.И. Верещагин. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, изд. второе, испр. и доп., 2018. – 202 с.
6. Ганжа В.А. Система методов измерительного контроля силовых параметров снегоочистительного оборудования с дисковым инструментом : автореф. дис. ... д - ра техн. наук / В.А. Ганжа; Сиб. федер. ун-т. – Красноярск, 2019. – 44 с.
7. Патент 2487970 РФ. Рабочий орган для удаления снежно-ледяного наката с поверхности дорог и аэродромов / В.А. Ганжа, Ю.Н. Безбородов; Н.Н. Малышева, П.В. Ковалевич. Оpubл. 20.07.2013. Бюл. №1.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Balovnev V.I. Dorozhno-stroitel'nye mashiny s rabochimi organami intensivirujushhego dejstvija [Road-building machines with working bodies of intensifying action] / V.I. Balovnev. - M.: Mechanical Engineering, 1981. - 223 p.
2. Soyunov A. S. Obosnovanie parametrov diskovyh rabochih organov pochvoobrabatyvajushhih orudij: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk [Substantiation of parameters of disk working bodies of tillage tools: abstract of the dissertation of the candidate of technical sciences]. Omsk, 2011.19 p.
3. Kuznetsova V.N. Razrabotka merzlyh gruntov zemlerojnymi mashinami [Development of frozen soils by earth-moving machinery] / V.N. Kuznetsova, A.M. Zavyalov – Omsk: Publishing house "Orange", 2011. - 224 p.
4. Patent 2396389 RF. Rabochij organ dlja udalenija snezhno-ledjanogo nakata s poverhnosti dorog i ajerodromov [Patent 2396389 Russian Federation. The working body for removing snow-ice roll from the surface of roads and airfields] / R. B. Zhelukevich, V. A. Ganzha, Yu. N. Bezborodov. Published on August 10, 2010. Bulletin No. 22.
5. Ganzha, V. A. Razrushenie snezhno-ledjanyh obrazovanij mehanicheskim sposobom [The destruction of snow-ice formations by mechanical means: monograph] / V. A. Ganzha, V.I. Vereshchagin. - Krasnoyarsk: Sib. Feder. un-t, second edition, revised and supplemented, 2018. -- 202 p.
6. Ganzha V.A. Sistema metodov izmeritel'nogo kontrolja silovyh parametrov snegoochistitel'nogo oborudovanija s diskovym instrumentom : avtoref. dis. ... d - ra tehn. nauk [The system of methods for measuring control of power parameters of snow removal equipment with a disk tool: abstract of the dissertation of the doctor of technical sciences] / V.A. Ganzha Siberian Federal University. - Krasnoyarsk, 2019. - 44 p.
7. Patent 2487970 RF. Rabochij organ dlja udalenija snezhno-ledjanogo nakata s poverhnosti dorog i ajerodromov [Patent 2487970. Russian Federation. Working body for removing snow-ice roll from the surface of roads and airfields] / V.A. Ganzha, Yu.N. Bezborodov; N.N. Malysheva, P.V. Kovalevich. Published July 20, 2013. Bulletin No. 1.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.023>**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ОРГАНИЗАЦИЯХ**

Научная статья

Баранов А.С.*

ORCID: 0000-0003-0684-7731,

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

* Корреспондирующий автор (as_baranov[at]bk.ru)

Аннотация

Цель работы – исследовать варианты использования средств криптографической защиты информации в организациях. В данной статье рассматривается история появления шифрования, его использование во второй половине XX века в России, нормативные документы в сфере защиты информации. В статье затрагивается тема сертификации технических средств защиты информации. Автором предложены варианты применения криптографических средств, а также сделан вывод о месте криптосредств в комплексной защите информации. Сведения для статьи взяты из открытых источников, в соответствии с 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». Рекомендации, данные в статье, не распространяются на организации, в которых происходит обработка, передача, хранение сведений, содержащих государственную тайну.

Ключевые слова: информационная безопасность, средства криптографической защиты информации, электронная подпись, персональные данные.

USE OF TOOLS OF CRYPTOGRAPHIC PROTECTION OF INFORMATION IN ORGANIZATIONS

Research article

Baranov A.S.*

ORCID: 0000-0003-0684-7731,

Samara State Technical University, Samara, Russia

* Corresponding author (as_baranov[at]bk.ru)

Abstract

The purpose of the work is to explore the ways of using the tools of cryptographic information protection in organizations. This article discusses the history of encryption emergence, its use in the second half of the 20th century in Russia, as well as existing regulatory documents in the field of information protection. The article touches on the topic of certification of technical means of information protection. The author proposes options for the use of cryptographic tools and makes the conclusion about the place of crypto tools in the system of integrated protection of information. Information for the article was taken from open sources, in accordance with 149-FZ “On Information, Information Technologies and the Protection of Information.” Recommendations given in the article do not apply to organizations that process, transfer, or store National Security Information.

Keywords: information security, means of cryptographic protection of information, electronic signature, personal data.

Введение

Преступления в сфере информационных технологий происходят ежедневно. В 2019 году за первые 8 месяцев было совершено 180 153 (+66,8 % по сравнению с 2018 годом) [7]. Большая часть связана с кражами конфиденциальной информации как физических, так и юридических лиц. Информационный прогресс привел не только к большим достижениям, но и к возникновению новых видов злодеяний, поэтому организациям на сегодняшний день необходимо защищать разного рода информацию, и важное место в этой работе отводится средствам криптографической защиты информации (СКЗИ).

Первоначально письменность сама защищала себя, поскольку ей могли пользоваться немногие. С течением времени рукописные произведения получили распространение, появилась необходимость сохранения информации от, как сейчас говорят, несанкционированного доступа (НСД). Обеспечивать сохранность сведений начинают шифры – проводимые над текстом действия по искажению «исходного текста» и превращению информации в нечитательный вид. Появляются симметричные и асимметричные шифры. Примером симметричного является шифр Цезаря, он заключается в замене букв открытого сообщения на иные, отличающиеся от исходных на некоторое число (ключ). Асимметричные шифры являются сложными, поэтому получили большее распространение и используются в настоящее время [3].

Во второй половине XX века криптография в СССР находилась под грифом «секретно», её могли использовать только вооруженные силы и спецслужбы. Ситуация начала меняться в начале 90-х годов, когда был введен стандарт шифрования ГОСТ 28147-89, который стал публичным в 1994 [4]. Сегодня СКЗИ – это аппаратные, программные и аппаратно-программные средства, системы и комплексы, реализующие свои задачи. Под «своими задачами» понимаются индивидуальные действия по защите информации, в основном, шифрование, которое используется в организациях при защите персональных данных, сохранении конфиденциальной информации, корпоративной переписки, защите электронной подписи.

В XXI веке разработано множество продуктов, которыми могут пользоваться организации или физические лица без специального разрешения в рамках действующего законодательства Российской Федерации. Делая выбор в пользу тех или иных СКЗИ, следует обращать внимание на сертификацию продукции. Две организации в основном занимаются сертификацией – это Федеральная служба по техническому и экспортному контролю Российской Федерации (ФСТЭК России) и ФСБ России. ФСТЭК России специализируется в области технической защиты информации некриптографическими методами, а ФСБ России – в области криптографической защиты информации [1].

Информационная система любой организации содержит персональные данные (ПДн) о сотрудниках и клиентах, которые в соответствии с 152-ФЗ «О персональных данных» должны быть защищены. На основании данного закона принят ряд нормативных документов, регламентирующих требования по защите ПДн, например, Постановление Правительства РФ от 01.11.2012 №1119 [6]. Защита от утечек строится чаще всего с применением криптографии, необходимыми условиями внедрения и использования которой являются:

- корректное совмещение с другими техническими и программными средствами, которые могут повлиять на его работу;
- разработка модели нарушителя, на основании которой создается система защиты ПДн;
- верный выбор класса СКЗИ (из 6 возможных на сегодняшний день) на основе модели нарушителя;
- использование методических рекомендаций ФСТЭК России и ФСБ России [2].

Путем шифрования сегодня может происходить и защита конфиденциальной (коммерческая тайна, ноу-хау, интеллектуальная собственность и др.) информации фирмы. СКЗИ обеспечивают использование сотрудниками токенов, для хранения закрытых ключей; поддержку асимметричного шифрования; шифрование данных как на средствах вычислительной техники, так и за ее пределами, на серверах; разграничение прав доступа к корпоративной информации. Простой пример: сравним всю информацию с пазлом, у сотрудников должна быть только часть пазла, чтобы злоумышленнику нельзя было собрать картину.

События весны 2020 года, связанные с распространением по всему миру коронавирусной инфекции, заставили перейти большинство организаций на дистанционную работу. Заключать договоры на расстоянии, удостоверить электронные документы помогает электронная подпись (ЭП), используемая в электронном документообороте (ЭДО).

Согласно 63-ФЗ «Об электронной подписи» существует несколько видов ЭЦП:

- простая электронная подпись (ПЭП);
- усиленная электронная подпись:
 - неквалифицированная электронная подпись (НЭП);
 - квалифицированная электронная подпись (КЭП).

При выборе ЭП организациям следует учесть, что электронные подписи обладают различной юридической силой, и только использование КЭП придает юридическую силу документу без дополнительных условий. Так же следует учесть, что КЭП и НЭП сертифицированы ФСБ России и данные ЭП выдаются удостоверяющим центром [5].

Для безопасной работы с развитием ЭДО защита в организациях требуется и корпоративной почте. Существует множество почтовых клиентов, например, Outlook, Thinderebird и другие, которые позволяют осуществлять защищенный обмен почтовой переписки на основании открытого и закрытого ключа. На примере Thinderebird можно показать, насколько просто использовать подобные почтовые клиенты. Пользователи, которые собираются обмениваться информацией, создают пару ключей (открытый и закрытый), обмениваются открытыми ключами, устанавливают их и могут осуществлять зашифрованную переписку. Сами по себе почтовые клиенты не являются криптографическими средствами, однако они позволяют интегрироваться с СКЗИ.

Рассмотрим применение конкретных криптографических средств защиты информации на примере компании по разработке программного обеспечения «Самара Софт». Организация с клиентом должна заключить договор, который стороны могут подписывать дистанционно, используя КЭП (данной вид ЭП уже был описан выше), также электронная подпись понадобится при отправке финансовых документов, например, в Федеральную налоговую службу. Для использования КЭП в организации необходимо наличие токена, Рутокен ЭЦП 2.0, который выдается удостоверяющим центром, и криптодрайвер, КриптоПро CSP 5.0. Данные продукты являются отечественными, имеют сертификат соответствия ФСБ России [8,9]. Предотвращение внесения правок в документы фирмы, будь то договоры, заключаемые с клиентами или финансовые документы, поможет избежать организации убытков, например, изменение банковских реквизитов в счете на оплату, при котором фирма понесет финансовые потери. Также ЭП позволит передавать документы по открытым каналам связи, если в этом возникнет необходимость, например, по электронной почте, не боясь нарушения целостности документа.

Для защищенной переписки между сотрудниками фирмы можно использовать Microsoft Outlook. Настройка шифрования сводится к настройке программы почтового клиента. ЭП и шифрование почтовых сообщений осуществляется за счет сертификата, хранящегося на устройстве Рутокен. Данный вид использования СКЗИ позволяет обеспечивать конфиденциальность передаваемой информации, разглашение которой может нанести как материальный, так и репутационный ущерб.

Для защиты рабочих мест от внешних и внутренних сетевых атак предлагается использовать программный комплекс ViPNnet Client 4, который обеспечивает защищенную работу с корпоративными данными через зашифрованный канал, в том числе для удаленных пользователей. Данный продукт также является отечественным и имеет сертификат соответствия ФСБ России [10].

Из этого примера видно, что все СКЗИ являются продукцией отечественного производства, имеют действующий сертификат соответствия ФСБ России, шифрование данных производится в соответствии с ГОСТ в сфере защиты информации. Данные продукты не первый год используются в организациях России, позволяя обеспечивать защиту информации.

Заключение

Для обеспечения информационной безопасности организации необходимо использовать средства криптографической защиты информации, позволяющие защищать конфиденциальность, целостность, аутентификацию и авторство конфиденциальной информации организаций, что позволит фирмам избежать финансовых потерь.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Постановление Правительства РФ от 26.06.1995 № 608 (ред. от 21.04.2010) "О сертификации средств защиты информации" [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9028987> (дата обращения: 14.04.2020).
2. Приказ Федеральной службы безопасности Российской Федерации от 10 июля 2014 г. № 378 г. Москва "Об утверждении Состав и содержания организационных и технических мер по обеспечению безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных с использованием средств криптографической защиты информации, необходимых для выполнения установленных Правительством Российской Федерации требований к защите персональных данных для каждого из уровней защищенности". [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2014/09/17/zashita-dok.html> (дата обращения: 14.04.2020).
3. Бутакова Н.Г. Криптографические методы и средства защиты информации: учеб. пособие / Н.Г. Бутакова, Н.В. Федоров. — СПб.: ИЦ «Интермедия», 2019. — 384 с.
4. Вострецова, Е.В. Основы информационной безопасности: учебное пособие для студентов вузов / Е.В. Вострецова. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 204 с.
5. Миронов И.В. Правовое регулирование электронной подписи в России / И.В. Миронов // Вопросы науки и образования. — 2020. - №3(87). — С. 50-55.
6. Хачатурова С.С. Персональные данные под защиту! / С.С. Хачатурова// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016. № 5-4. С. 666-668.
7. Статистические данные о зарегистрированных преступлениях на территории Российской Федерации в январе - августе 2019 года. [Электронный ресурс]. URL: <https://genproc.gov.ru/smi/news/genproc/news-1703326/> (дата обращения: 14.04.2020).
8. КriptoPro CSP 5.0. Сертификаты [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cryptopro.ru/certificates?pid=1417> (дата обращения: 14.04.2020).
9. Rutoken ЭЦП 2.0. Сертификаты [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rutoken.ru/products/all/rutoken-ecp/#certify> (дата обращения: 14.04.2020).
10. ViPNnet Client 4. Сертификаты и патенты. [Электронный ресурс]. URL: <https://infotecs.ru/product/vipnet-client-.html#soft> (дата обращения: 14.04.2020).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Postanovleniye Pravitelstva RF ot 26.06.1995 № 608 (red. ot 21.04.2010) "O sertifikatsii sredstv zashchity informatsii" [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9028987> (accessed: 14.04.2020). [in Russian]
2. Prikaz Federalnoy sluzhby bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii ot 10 iyulya 2014 g. № 378 g. Moskva "Ob utverzhdenii Sostava i soderzhaniya organizatsionnykh i tekhnicheskikh mer po obespecheniyu bezopasnosti personalnykh dannykh pri ikh obrabotke v informatsionnykh sistemakh personalnykh dannykh s ispolzovaniyem sredstv kriptograficheskoy zashchity informatsii. neobkhodimyykh dlya vypolneniya ustanovlennyykh Pravitelstvom Rossiyskoy Federatsii trebovaniy k zashchite personalnykh dannykh dlya kazhdogo iz urovney zashchishchennosti". [On approval of the composition and content of organizational and technical measures to ensure the security of personal data when they are processed in personal data information systems using the cryptographic protection of information necessary to perform requirements established by the Government of the Russian Federation for the protection of personal data for each of the security levels] [Electronic resource]. URL: <https://rg.ru/2014/09/17/zashita-dok.html> (accessed: 14.04.2020). [in Russian]
3. Butakova N.G. Kriptograficheskiye metody i sredstva zashchity informatsii: ucheb. Posobiye [Cryptographic methods and means of information protection: textbook. allowance] / N.G. Butakova. N.V. Fedorov. - SPb.: ITs «Intermediya». 2019. — 384 p. [in Russian]
4. Vostretsova. E.V. Osnovy informatsionnoy bezopasnosti: uchebnoye posobiye dlya studentov vuzov [The basics of information security: a textbook for university students] / E.V. Vostretsova. — Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta. 2019. — 204 p. [in Russian]
5. Mironov I.V. Pravovoye regulirovaniye elektronnoy podpisi v Rossii [Legal regulation of electronic signatures in Russia] / I.V. Mironov // Voprosy nauki i obrazovaniya. — 2020. - №3(87). — S. 50-55. [in Russian]
6. Khachaturova S.S. Personalnyye dannyye pod zashchitu! [Personal data is protected!] / S.S. Khachaturova// Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy. 2016. № 5-4. P. 666-668. [in Russian]
7. Statisticheskiye dannyye o zaregistrirovannykh prestupleniyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii v yanvare - avguste 2019 goda. [Statistical data on registered crimes in the territory of the Russian Federation in January - August 2019.] [Electronic resource]. URL: <https://genproc.gov.ru/smi/news/genproc/news-1703326/> (accessed: 14.04.2020). [in Russian]
8. KriptoPro CSP 5.0. Sertifikaty [CryptoPro CSP 5.0. Certificates] [Electronic resource]. URL: <https://www.cryptopro.ru/certificates?pid=1417> (accessed: 14.04.2020). [in Russian]
9. Rutoken ETsP 2.0. Sertifikaty [Rutoken EDS 2.0. Certificates] [Electronic resource]. URL: <https://www.rutoken.ru/products/all/rutoken-ecp/#certify> (accessed: 14.04.2020). [in Russian]
10. ViPNnet Client 4. Sertifikaty i patenty. [ViPNnet Client 4. Certificates and patents] [Electronic resource]. URL: <https://infotecs.ru/product/vipnet-client-.html#soft> (accessed: 14.04.2020). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.024>**МЯСНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ БАРАНЧИКОВ КАТУМСКОЙ И ГОРЬКОВСКОЙ ПОРОД
В ВОЗРАСТЕ 6 МЕСЯЦЕВ**

Научная статья

Дмитриева Т.О.*

ORCID: 0000-0002-1445-3698,

ООО СХП «Катумы», Ленинградская область, Россия

* Корреспондирующий автор (taidmitrieva[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье подтверждается, что туши катумской породы более тяжелые по сравнению с тушами овец горьковской породы. Преимущество составляет в среднем 2,5 кг или 13,9% ($p > 0.99$). По показателям убойной массы данное преимущество составляет примерно 2,56 кг, что также составляет 14% ($p < 0.99$). Ценность туши во многом определяется содержанием в ней мякоти, соотношением мяса и жира. Доля ценных отрубов также выше у овец катумской породы по сравнению с овцами горьковской породы (2,09%). В статье показано, что горьковская порода овец может быть отнесена к мясо-шерстной породе, поскольку отличается довольно высокими показателями мяса и шерсти. При весе живой массы $40,02 \pm 2,85$ кг, убойный вес составляет $10,44 \pm 1,98$ кг (25%). Соответственно, теряется примерно 75% массы тела. Показатели веса овчины при этом составляют $4,5 \pm 0,14$ кг., что составляет 11,25%. При сравнении данных показателей с показателями овец катумской породы, нами было отмечено, что у овец катумской породы отмечается не более 1,7% овчины. Показатели мяса у баранчиков катумской породы составляют примерно 39,5%, что существенно превышает аналогичные показатели у баранчиков горьковской породы (25%).

Соответственно, по соотношению мяса и овчины, катумская порода может быть отнесена к породам мясного направления, тогда как горьковская порода может быть отнесена к породам мясо-шерстного направления. Показатели жира у овец катумской породы составляют $0,57 \pm 0,03$ кг., у овец горьковской породы - $0,43 \pm 0,06$ кг. Чем больше жира у животного, тем более калорийным и питательным является мясо. Соответственно, более питательным является мясо баранчиков катумской породы в возрасте 6 месяцев. Химический состав мякоти показал, что мясо катумских баранчиков в возрасте 6 месяцев более зрелое, так как отличается наибольшим содержанием сухих веществ. Мясо баранчиков горьковской породы по своей спелости было значительно менее зрелым. Большая зрелость мяса баранчиков катумской породы свидетельствует о их более высокой скороспелости.

Ключевые слова: баранчики, 6-ти месячные баранчики, катумская порода, горьковская порода, продуктивность овец, мясная продуктивность, живая масса, убойный вес, жир.

MEAT PRODUCTIVITY OF SIX MONTHS LAMBS OF KATUMA AND GORKY BREEDS

Research article

Dmitrieva T.O.*

ORCID: 0000-0002-1445-3698,

SHP Katumy LTD, Leningrad Region, Russia

* Corresponding author (taidmitrieva[at]yandex.ru)

Abstract

The results obtained in this work confirm that the carcasses of the Katuma breed sheep are heavier than the carcasses of Gorky breed sheep. On average, the advantage is of 2.5 kg or 13.9% ($p > 0.99$). In terms of slaughter weight, this advantage is approximately 2.56 kg, which is 14% ($p < 0.99$). The value of the carcass is primarily determined by the content of pulp in it, the meat and fat ratio. The share of valuable cuts in Katuma sheep is also higher compared to Gorky sheep (2.09%). The paper shows that the Gorky breed sheep can be classified as a meat-wool breed since it is characterized by rather high rates of meat and wool. With a live weight of 40.02 ± 2.85 kg, slaughter weight is 10.44 ± 1.98 kg (25%). Accordingly, approximately 75% of body weight is lost. Sheepskin weight indicators, in this case, are 4.5 ± 0.14 kg, which is 11.25%. When comparing these values with the features of sheep of Katuma breed, the author has noted that no more than 1.7% of the sheepskin is observed in sheep of the Katuma breed. The meat indices for Katuma sheep rams are approximately 39.5%, which significantly exceeds the similar indices for Gorky breed rams (25%).

Accordingly, according to the ratio of meat and sheepskin, the Katuma breed can be classified as a breed of the meat direction, while the Gorky breed can be attributed to the breeds of the meat-wool direction. Fat indicators in sheep of the Katuma breed are 0.57 ± 0.03 kg., As for sheep of the Gorky breed: 0.43 ± 0.06 kg. The more fat an animal has, the more nutritious its meat is. Therefore, the meat of Katuma breed sheep of the age of six months is more nutritious. The chemical composition of the pulp showed that the meat of the Katuma rams at the age of six months is more mature since it has the highest dry matter content. The meat of the rams of the Gorky breed was much less mature in maturity. The high maturity of the Katuma sheep meat indicates their higher precocity.

Keywords: rams, 6-month-old rams, Katuma breed, Gorky breed, sheep productivity, meat productivity, live weight, slaughter weight, fat

Введение

Овцеводство исторически всегда было неотъемлемой частью народного хозяйства России, обеспечивая потребность в специфических видах сырья и продуктах питания, производство которых обусловлено суровыми природно-климатическими условиями, а также социально-экономическими и национальными особенностями страны [1]; [3]; [13].

Данная отрасль сельского хозяйства представляет собой сложную производственно-экономическую систему, нацеленную на удовлетворение потребностей населения в продуктах питания и промышленности в сельскохозяйственном сырье [2]; [7].

В сложившейся ситуации возрождение овцеводства является важной народнохозяйственной задачей. Исследование и научное обоснование подходов к решению этой проблемы, разработка конкретных мероприятий по выходу отрасли из катастрофической ситуации весьма актуальны [3]; [4]; [7]. Опыт развития мирового овцеводства показывает, что во всех овцеводческих странах мира повышение эффективности и конкурентоспособности овцеводства связано с более полным использованием мясной продуктивности овец [17]; [18]; [19].

Анализ литературных источников [5]; [9]; [13] показал, что в настоящее время недостаточно исследований, посвященных анализу показателей мясной продуктивности овец (баранчиков) катумской породы. Также не выявлено ни одного исследования, в котором проводился бы сравнительный анализ показателей мясной продуктивности баранчиков различных пород. Это и определило тему нашего исследования. Целью исследования было провести сравнительный анализ показателей контрольного убоя баранчиков катумской и горьковской пород в возрасте 6 месяцев.

Методы исследования

Живая масса определялась при отборе и после голодной выдержки с точностью до 0,1 кг у баранчиков катумской и горьковской пород в возрасте 6 месяцев. Для изучения мясной продуктивности, развития внутренних органов и тканей проводили контрольный убой по 10 голов в каждой опытной группе в возрасте 6 месяцев с разделкой туш по сортам и их обвалкой согласно методики ВИЖ. [12] Для статистической обработки данных использовали пакет SPSS Statistics анализ первичной статистики. Вычисляли средние значения (М) величины каждого параметра и стандартную ошибку среднего (m). Исходя из особенностей выборки достоверность полученных результатов оценивали с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни для независимых выборок.

Результаты и обсуждения

Проведен сравнительный анализ результатов контрольного убоя баранчиков катумской и горьковской пород в возрасте 6 месяцев. Результаты проведенных ранее исследований указывают на то, что существуют выраженные отличия между основными показателями мясной продуктивности данных пород в трехмесячном возрасте. В дальнейшем различия только нарастают. Так, в литературных источниках сообщается о том, что туши катумской породы более тяжелые по сравнению с тушами овец горьковской породы. Преимущество составляет в среднем 2,5 кг или 13,9% ($p > 0,99$). По показателям убойной массы данное преимущество составляет примерно 2,56 кг, что также составляет 14% ($p < 0,99$). При этом указывается, что ценность туши во многом определяется содержанием в ней мякоти, соотношением мяса и жира. Определенную значимость составляет коэффициент мясности, представляющий собой соотношение мякоти и костей. Так, у овец катумской породы этот коэффициент примерно на 16,6% выше, чем у горьковской породы. Доля ценных отрубов также выше у овец катумской породы по сравнению с овцами горьковской породы (2,09%) [10]; [11]; [14].

Для дальнейшего подтверждения выявленной тенденции были проведены сравнительные исследования. Основные показатели мясной продуктивности баранчиков катумской породы в возрасте 6 месяцев представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели мясной продуктивности баранчиков катумской породы в возрасте 6 месяцев

| | Ед. изм. | Среднее значение по выборке (n=10) |
|---|----------|------------------------------------|
| Живая масса при отборе | кг | 45,10±2,23 |
| Живая масса после голодной выдержки | кг | 43,49±2,56 |
| Вес парной туши | кг | 16,57±0,82 |
| Вес убойной туши | кг | 17,14±0,85 |
| Голова не обработанная | кг | 2,27±0,12 |
| Вес необработанных ног | кг | 0,84±0,04* |
| Жир всего (внутренний, почечный, брызжеечный) | кг | 0,57±0,03* |
| $p < 0,05$ ($p^* < 0,01$) | | |

Как видно из представленных данных, живая масса при отборе составляет в среднем 45,10±2,23 кг. После голодной выдержки живая масса существенным образом не изменяется и составляет в среднем 43,49±2,56 кг. Потеря массы при голодной выдержке составляет примерно 2 кг, что составляет не более 1-1,5%. При этом вес убойной туши составляет в среднем 17,14±0,85. То есть, в среднем, не значимое с производственной точки зрения сырье составляет 26±1,5 кг., то есть, не менее 50%. При этом на жир приходится 0,57±0,03 кг. Все это позволяет сделать вывод о том, что у баранчиков катумской породы с возрастом происходит увеличение массы тела. Масса тела баранчиков в возрасте 6 месяцев возрастает примерно в 2 раза по сравнению с аналогичными показателями баранчиков в возрасте 3 месяцев [6]; [8].

При этом в возрасте 6 месяцев несколько возрастает количество неиспользуемого в производстве сырья. Если в возрасте 3 месяца неиспользуемое сырье не превышало 50%, тогда как в возрасте 6 месяцев этот показатель превышает 55%. Также существенно возрастает процент жира и крови. Далее нами были детально проанализированы показатели веса отдельных органов баранчиков в возрасте 6 месяцев (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели веса отдельных органов баранчиков катумской породы в возрасте 6 месяцев

| | Ед. изм. | Среднее значение по выборке (n=10) |
|------------------------------|----------|------------------------------------|
| Вес убойный | кг | 17,14±0,85* |
| Вес крови | кг | 1,91±0,11* |
| Голова обработанная | кг | 2,16±0,12* |
| Диафрагма | кг | 0,12±0,02 |
| Почки | кг | 0,12±0,02 |
| Печень | кг | 0,58±0,03* |
| Сердце | кг | 0,21±0,01 |
| Легкие с трахеей | кг | 0,73±0,04* |
| Селезенка | кг | 0,10±0,01 |
| Язык | кг | 0,10±0,01 |
| Семенники | кг | 0,37±0,02 |
| Вес желудков без содержимого | кг | 1,42±0,07* |
| Длина толстого кишечника | дм | 8,58±0,42* |
| Длина тонкого кишечника | дм | 31,31±1,55* |
| p<0,05 (p*<0,01) | | |

Как видим из представленных данных, убойный вес по результатам контрольного убоя баранчиков катумской породы в возрасте 6 месяцев составляет в среднем 17,14±0,85кг. При этом вес крови составляет в среднем 1,91±0,11кг. Масса необработанной головы составляла в среднем 2,27±0,12 кг, тогда как масса обработанной головы составляет 2,16±0,12 кг. Минимальные показатели отмечены для массы селезенки и языка (0,10±0,01 кг). Максимальные показатели массы были зарегистрированы для обработанной головы (2,16±0,12 кг). Существенно увеличивается длина толстого и тонкого кишечника по сравнению с 3-мя месяцами (8,58±0,42 и 31,31±1,55 соответственно; от 6,00±0,61 и 28,25±2,87 в 3-х месячном возрасте).

Показатели жира являются показателем калорийности. Чем больше содержание жира, тем более питательным и калорийным будет мясо. Далее нами был проведен детальный анализ массы жира у баранчиков катумской породы в возрасте 6 месяца.

Таблица 3 – Показатели жира баранчиков катумской породы в возрасте 6 месяцев

| | Ед. изм. | Среднее значение по выборке (n=10) |
|-------------------------------------|----------|------------------------------------|
| Живая масса при отборе | кг | 45,10±2,23 |
| Живая масса после голодной выдержки | кг | 43,49±2,56 |
| Вес парной туши | кг | 16,57±0,82 |
| Вес убойный | кг | 17,14±0,85 |
| Жир внутренний | кг | 0,16±0,02* |
| Жир почечный | кг | 0,15±0,01* |
| Жир брызжеечный | кг | 0,26±0,01* |
| Жир всего | кг | 0,57±0,03* |
| p<0,05 (p*<0,01) | | |

Как видим из представленных данных, живая масса при отборе составляет в среднем 45,10±2,23. При этом убойный вес составляет 17,14±0,85, что в 2,5 раза ниже чем при отборе. На жир приходится в среднем 0,57±0,03 кг. Стоит отметить, что меньше всего у баранчиков брызжеечного жира (0,26±0,01 кг), больше всего – почечного жира (0,15±0,01 кг).

Далее нами были проанализированы баранчики катумской породы с учетом веса живой массы и характеристик овчины (табл. 4).

Таблица 4 – Показатели контрольного убоя баранчиков катумской породы в возрасте 6 месяцев с учетом характеристик овчины

| | Ед. изм. | Среднее значение по выборке (n=10) |
|-------------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| Живая масса при отборе | кг | 45,10±2,23 |
| Живая масса после голодной выдержки | кг | 43,49±2,56 |
| Вес парной туши | кг | 16,57±0,82 |
| Вес убойный | кг | 17,14±0,85 |
| Вес овчины | кг | 3,25±0,16 |
| Длина овчины | дм | 12,06±0,60* |
| Ширина овчины | дм | 8,50±0,42* |
| Площадь овчины | дм ² | 102,70±10,38* |
| p<0,05 (p*<0,01) | | |

Как видим из представленных данных, вес овчины составляет 3,25±0,16 кг. При этом живая масса при отборе составляет 45,10±2,23 кг. Таким образом, вес овчины составляет 1,7%, остальное приходится преимущественно на мясную продукцию. Относительно небольшой процент веса овчины говорит о том, что катумская порода относится к

породам мясного направления. Стоит отметить, что длина овчины составляет в среднем $12,06 \pm 0,60$ дм., ширина овчины не превышает $8,50 \pm 0,42$ дм, площадь овчины составляет $102,70 \pm 10,38$ дм².

Таким образом, полученные данные позволяют нам заключить, что баранчики катумской породы относятся к перспективным породам мясного направления. Далее нами был проведен сравнительный анализ показателей мясной продуктивности баранчиков катумской породы и баранчиков горьковской породы в возрасте 6 месяцев.

Основные показатели мясной продуктивности баранчиков горьковской породы в возрасте 6 месяцев представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Показатели мясной продуктивности баранчиков горьковской породы в возрасте 6 месяцев

| | Ед. изм. | Среднее значение по выборке (n=10) |
|---|-----------------|------------------------------------|
| Живая масса при отборе | кг | $40,02 \pm 2,85$ |
| Живая масса после голодной выдержки | кг | $39,04 \pm 2,45$ |
| Вес парной туши | кг | $8,71 \pm 1,45$ |
| Вес убойной туши | кг | $10,44 \pm 1,98$ |
| Голова не обработанная | кг | $1,09 \pm 0,03$ |
| Вес необработанных ног | кг | $0,40 \pm 0,03^*$ |
| Жир всего (внутренний, почечный, брызжеечный) | кг | $0,43 \pm 0,06^*$ |
| Жир внутренний | кг | $0,20 \pm 0,06^*$ |
| Жир почечный | кг | $0,21 \pm 0,01^*$ |
| Жир брызжеечный | кг | $0,15 \pm 0,01^*$ |
| Вес крови | кг | $1,28 \pm 0,06^*$ |
| Голова обработанная | кг | $1,33 \pm 0,08^*$ |
| Диафрагма | кг | $0,04 \pm 0,02$ |
| Почки | кг | $0,10 \pm 0,01$ |
| Печень | кг | $0,37 \pm 0,05^*$ |
| Сердце | кг | $0,09 \pm 0,01$ |
| Легкие с трахеей | кг | $0,35 \pm 0,05^*$ |
| Селезенка | кг | $0,05 \pm 0,004$ |
| Язык | кг | $0,05 \pm 0,002$ |
| Семенники | кг | $0,09 \pm 0,01$ |
| Вес желудков без содержимого | кг | $0,81 \pm 0,07^*$ |
| Длина толстого кишечника | дм | $6,05 \pm 0,51^*$ |
| Длина тонкого кишечника | дм | $27,05 \pm 2,89^*$ |
| Вес овчины | кг | $4,5 \pm 0,14$ |
| Длина овчины | дм | $12,06 \pm 0,54^*$ |
| Ширина овчины | дм | $7,52 \pm 0,39^*$ |
| Площадь овчины | дм ² | $105,05 \pm 9,23^*$ |
| $p < 0,05$ ($p^* < 0,01$) | | |

Как видим из представленных данных, горьковская порода овец может быть отнесена к мясо-шерстной породе, поскольку отличается довольно высокими показателями мяса и шерсти. При весе живой массы $40,02 \pm 2,85$ кг, убойный вес составляет $10,44 \pm 1,98$ кг (25%). Соответственно, теряется примерно 75% массы тела. Показатели веса овчины при этом составляют $4,5 \pm 0,14$ кг., что составляет 11,25%. При сравнении данных показателей с показателями овец катумской породы, нами было отмечено, что у овец катумской породы отмечается не более 1,7% овчины. Также нами было отмечено, что показатели мяса у баранчиков катумской породы составляют примерно 39,5%, что существенно превышает аналогичные показатели у баранчиков горьковской породы (25%). Соответственно, по соотношению мяса и овчины, катумская порода может быть отнесена к породам мясного направления, тогда как горьковская порода может быть отнесена к породам мясо-шерстного направления. Показатели жира у овец катумской породы составляют $0,57 \pm 0,03$ кг., у овец горьковской породы - $0,43 \pm 0,06$ кг. Чем больше жира у животного, тем более калорийным и питательным является мясо. Соответственно, более питательным является мясо баранчиков катумской породы в возрасте 6 месяцев.

Заключение

Нами был проведен сравнительный анализ показателей мясной продуктивности баранчиков горьковской и катумской породы. Установлено, что катумские баранчики в возрасте 6 месяцев характеризуются довольно высокими показателями мясной продуктивности. Так, показатели мяса у баранчиков катумской породы составляют примерно 39,5%, что существенно превышает аналогичные показатели у баранчиков горьковской породы (25%). Проведенная работа позволяет сделать вывод о том, что в мясном овцеводстве большими перспективами пользуется катумская порода овец.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Абонеев, В.В. Откормочные и мясные качества полутонкорунного молодняка в зависимости от возраста и отъёма от маток / В.В. Абонеев, А.А. Омаров, Л.Н. Скорых, Е.В. Никитенко // Зоотехния. – 2014. – №1. – С. 29-31.
2. Абонеев, В.В. Приёмы и методы повышения конкурентоспособности товарного овцеводства: монография / В.В. Абонеев, Л.Н. Скорых. – Ставрополь: ГНУСНИИЖК, – 2011. – 337 с.
3. Галиева, З.А. Особенности формирования мясной продуктивности молодняка овец разных сроков рождения / З.А. Галиева, Ю.А. Юлдашбаев, Т.С. Кутатбеков // Известия Оренбургского ГАУ. – 2016. - № 1 (57). – С. 107–109.
4. Григорян, Л.Н. Племенная база овцеводства России / Л.Н. Григорян, С.А. Хататаев // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2016. – № 1. – С. 2–4.
5. Двалишвили, В.Г. Мясная продуктивность молодняка мясо-шерстных овец разного происхождения / В.Г. Двалишвили, Ч.М. Опакай // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2018. – №4. – С. 21–22.
6. Дмитриева, Т.О. Динамика живой массы молодняка катумской породы овец / Т.О. Дмитриева // Advances in Science and Technology. Сборник статей XVI международной научно-практической конференции. – 2018 - С. 7-8.
7. Дмитриева, Т.О. Научно-практические аспекты процесса селекции овец катумской породы / Т.О. Дмитриева // Научный журнал "Globus". – 2020. – 1 (47). – С. 45-48.
8. Дмитриева, Т.О. Современное состояние и тенденции развития мирового овцеводства / Т.О. Дмитриева // Colloquium-journal. – 2020. - №3 (55). – С. 9-12.
9. Ерохин А.И. Интенсификация производства и повышение качества мяса овец: монография / А.И. Ерохин, Е.А. Карасев, С.А. Ерохин / Под ред. проф. А.И. Ерохина. – М.: МЭСХ, 2015. – 304 с.
10. Косилов В.И. Рациональное использование генетического потенциала отечественных пород овец для увеличения производства продукции овцеводства / В.И. Косилов, П.Н. Шкилев, Е.А. Никонова – Оренбург: ИПГ «Гозпромпечат», 2019. - 264 с.
11. Лушников В.П. Эффективность использования интенсивной технологии производства баранины в условиях Саратовского Заволжья / В.П. Лушников, С.В. Комаров. // Вестник Саратовского университета. - 2009 – № 6. - С. 16-17.
12. Методические рекомендации по изучению мясной продуктивности овец. – М., 1978. – 45 с.
13. Селянин, Г.И. Формирование мясной продуктивности валушков / Г.И. Селянин // Уральские Нивы. – 2015. – №7. – С. 37.
14. Скорых, Л.Н. Морфологический состав крови молодняка овец разного происхождения в возрастной динамике / Л.Н. Скорых // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2010. – №1. – С. 79-82.
15. Третьякова, Е.В. Морфологический состав туш и химический состав мяса баранчиков разного происхождения / Е.В. Третьякова // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2013. – №4. – С. 28-29.
16. Ульянов, А.Н. Особенности племенной работы в генофондных и малочисленных стадах овец / А.Н. Ульянов, А.Я. Куликова // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2015. – №2. – С. 2-7.
17. Филатов, А.С. Мясная продуктивность и химический состав мяса молодняка овец и коз / А.С. Филатов, М.В. Забелина, М.В. Белова, В.Н. Кочтыгов // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2011. – №3. – С. 67-69.
18. Beerman, D.H. Impact of composition manipulation on lamb production in the United States / D.H. Beerman, T.F. Hogio // J. Anim Sci. – 2019. – №73. – P. 2493-2502.
19. Benett, G.L. Genetik and enviropmental effects on crcasscharacterics of Soutdown Romney lambs: I. Growts rate, sex and rearing effects / G.L. Bennet // J. Anim. Sci. – 1991 – №69. – P. 1856-1863. 222. Blaxter, K.L. Net utilization of food by sheep and cattle / K.L. Blaxter // J. Agric – 2017. – Vol. 57. № 3. P. 419-425.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Aboneev, V.V. Otkormochnyye i myasnyye kachestva polutonkorunnogo molodnyaka v zavisimosti ot vozrasta i ot'yoma ot matok [Feeding and meat qualities of semi-fine-crowned young stocks depending on age and weaning from queens] / V.V. Aboneev, A.A. Omarov, L.N. Skorykh, E.V. Nikitenko // Zootekhnika [Zootechnics]. – 2014. – No. 1. – P. 29-31. [In Russian]
2. Aboneev, V.V. Priyomy i metody povysheniya konkurentosposobnosti tovarnogo ovtsevodstva: monografiya [Techniques and methods for increasing competitiveness of commodity sheep breeding: monograph] / V.V. Aboneev, L.N. See you soon. – Stavropol: GNUSNIIZHK, – 2011. – 337 p. [In Russian]
3. Galieva, Z.A. Osobennosti formirovaniya myasnoy produktivnosti molodnyaka ovets raznykh srokov rozhdeniya [Features of meat productivity formation of young sheep of different birth dates] / Z.A. Galieva, Yu.A. Yuldashbaev, T.S. Kutatbekov // Izvestiya Orenburgskogo GAU [Bulletin of the Orenburg State Agrarian University]. – 2016. – No. 1 (57). – P. 107–109. [In Russian]
4. Grigoryan, L.N. Plemennaya baza ovtsevodstva Rossii [Breeding base of sheep breeding in Russia] / L.N. Grigoryan, S.A. Khatataev // Ovttsy, kozy, sherstyanoye delo [sheep, goats, woolen work]. – 2016. – No. 1. – P. 2-4. [In Russian]
5. Dvalishvili, V.G. Myasnaya produktivnost' molodnyaka myaso-sherstnykh ovets raznogo proiskhozhdeniya [Meat productivity of young meat and wool sheep of different origin] / V.G. Dvalishvili, Ch. M. Opakay // Ovttsy, kozy, sherstyanoye delo [Sheep, goats, woolen work]. – 2018. – No. 4. – P. 21–22. [In Russian]
6. Dmitrieva, T.O. Dinamika zhivoy massy molodnyaka katumskoy porody ovets [Dynamics of live weight of young cattle sheep] / T.O. Dmitrieva // Advances in Science and Technology. Collection of articles of the XVI international scientific-practical conference. – 2018 – P. 7-8. [In Russian]
7. Dmitrieva, T.O. Nauchno-prakticheskiye aspekty protsesssa selektsii ovets katumskoy porody [Scientific and practical aspects of the selection process of the Katumsky sheep] / T.O. Dmitrieva // Nauchnyy zhurnal "Globus" [Globus Scientific journal]. – 2020. – 1 (47). – P. 45-48. [In Russian]
8. Dmitrieva, T.O. Sovremennoye sostoyaniye i tendentsii razvitiya mirovogo ovtsevodstva [Current state and development trends of world sheep farming] / T.O. Dmitrieva // Solloquium-journal [Colloquium-journal]. – 2020. – No. 3 (55). – P. 9-12. [In Russian]

9. Erokhin A.I. Intensifikatsiya proizvodstva i povysheniye kachestva myasa ovets: monografiya [Intensification of production and improving quality of sheep meat: monograph] / Erokhin A.I., Karasev E.A., Erokhin S.A. Ed. by prof. A.I. Erokhin. – M.: MESH, 2015. – 304 p.
10. Kosilov V.I. Ratsional'noye ispol'zovaniye geneticheskogo potentsiala otechestvennykh porod ovets dlya uvelicheniya proizvodstva produktsii ovsevodstva [Rational use of genetic potential of domestic sheep breeds to increase production of sheep products] / Kosilov V.I., Shkilev P.N. Nikonova E.A.. – Orenburg: IPG Gozprompechat, 2019. – 264 p. [In Russian]
11. Lushnikov V.P. Effektivnost' ispol'zovaniya intensivnoy tekhnologii proizvodstva baraniny v usloviyakh Saratovskogo Zavolzh'ya [Efficiency of using intensive mutton production technology in the conditions of the Saratov Trans-Volga region] / Lushnikov V.P., Komarov S.V. // Vestnik Saratovskogo universiteta [Bulletin of the Saratov University]. – 2009 – No. 6. – P. 16-17. [In Russian]
12. Metodicheskiye rekomendatsii po izucheniyu myasnoy produktivnosti ovets [Guidelines for study of meat productivity of sheep]. – M., 1978. – 45 p. [In Russian]
13. Selyanin, G.I. Formirovaniye myasnoy produktivnosti valushkov [Formation of meat productivity of rolls] / G.I. Peasant // Ural Niva. – 2015. – No. 7. – P. 37. [In Russian]
14. Skorykh, L.N. Morfologicheskii sostav krovi molodnyaka ovets raznogo proiskhozhdeniya v vozrastnoy dinamike [Morphological composition of blood of young sheep of different origin in age dynamics] / L.N. Soon // Ovtsy, kozy, sherstyanoye delo [Sheep, goats, woolen work]. – 2010. – No. 1. – P. 79-82. [In Russian]
15. Tretyakova, E.V. Morfologicheskii sostav tush i khimicheskii sostav myasa baranchikov raznogo proiskhozhdeniya [Morphological composition of carcasses and chemical composition of ram meat of different origin] / E.V. Tretyakova // Ovtsy, kozy, sherstyanoye delo [sheep, goats, woolen work]. – 2013. – No. 4. – P. 28-29. [In Russian]
16. Ulyanov, A.N. Osobennosti plemennoy raboty v genofondnykh i malochislennykh stadakh ovets [Features of breeding in gene pool and small herds of sheep] / A.N. Ulyanov, A.Ya. Kulikova // Ovtsy, kozy, sherstyanoye delo [Sheep, goats, woolen work]. – 2015. – No. 2. – P. 2-7. [In Russian]
17. Filatov, A.S. Myasnaya produktivnost' i khimicheskii sostav myasa molodnyaka ovets i koz [Meat productivity and chemical composition of meat of young sheep and goats] / A.S. Filatov, M.V. Zabelina, M.V. Belova, V.N. Kochtygov // Ovtsy, kozy, sherstyanoye delo [sheep, goats, woolen work]. – 2011. – No. 3. – P. 67-69. [In Russian]
18. Beerman, D.H. Impact of composition manipulation on lamb production in the United States / D.H. Beerman, T.F. Hogio // J. Anim Sci. – 2019. – No.73. – P. 2493-2502.
19. Benett, G.L. Genetik and enviropmental effects on crcasscharacterics of Soutdown Romney lambs: I. Growts rate, sex and rearing effects / G.L. Bennet // J.Anim. Sci. – 1991 – №69. – P. 1856-1863. 222. Blaxter, K.L. Net utilization of food by sheep and cattle / K.L. Blaxter // J. Agric – 2017. – Vol. 57. № 3. P. 419-425.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.025>**ФОРМИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩЕГО МЕЛИОРАТИВНОГО РЕЖИМА
НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ**

Научная статья

Кирейчева Л.В.^{1*}, Яшин В.М.²¹ ORCID: 0000-0002-7114-2706,^{1,2} Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова,
Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (kireychevalw[at]mail.ru)

Аннотация

Для оценки взаимодействия гидромелиоративных систем с компонентами природной среды на мелиорируемых землях используется понятие «мелиоративный режим». Критерием благоприятности мелиоративного режима, формирующегося на орошаемых землях, является приращение энергии в агроэкосистеме и ее поддержание в процессе функционирования мелиоративных систем. На основе энергетического подхода предложена классификация мелиоративных режимов, включающая эволюционирующий, компенсационный и критический типы. Рассмотрены мелиоративные и агротехнические мероприятия по формированию эволюционирующего мелиоративного режима на орошаемых землях, реализация которых позволяет регулировать на нормативном уровне водно-воздушный, солевой, питательный и другие режимы в мелиорируемой почве для функционирования процессов роста и развития сельскохозяйственных растений.

Ключевые слова: мелиоративный режим, орошение, почва, водный режим, мелиоративные мероприятия, солевой режим

FORMATION OF EVOLVING LAND-RECLAMATION REGIME ON IRRIGATED LANDS

Research article

Kireicheva L.V.^{1*}, Yashin V.M.²¹ ORCID: 0000-0002-7114-2706,^{1,2}All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakov,
Moscow, Russia

* Corresponding author (kireychevalw[at]mail.ru)

Abstract

The concept of the “reclamation regime” is used to assess the interaction of irrigation and drainage systems with environmental components on reclaimed lands. The increment of energy in the agro-ecosystem and its maintenance in the process of reclamation systems is the criterion for a more favorable reclamation regime forming on irrigated lands. Based on the energy approach, classification of reclamation regimes is proposed, including the evolving, compensatory, and critical types. Reclamation and agro-technical measures for the formation of an evolving reclamation regime on irrigated lands are considered, the implementation of which allows regulating water-air, salt, nutrient and other regimes on reclaimed soil at the normative level for the functioning of growth and development processes of agricultural plants.

Keywords: land-reclamation regime, irrigation, soil, water regime, reclamation measures, salt regime.

Введение

В результате взаимодействия компонентов природной среды и функционирования гидромелиоративных систем на орошаемых землях происходит трансформация природно-мелиоративных процессов, развитие которых нередко приводит к неблагоприятным последствиям. Для установления закономерностей и основываясь на опыте эксплуатации крупных орошаемых массивов при возделывании хлопчатника в Средней Азии Н.М. Решеткиной было предложено понятие о мелиоративных режимах. Определение мелиоративного режима содержит требования к регулируемым факторам почвообразования (в первую очередь к водному) с использованием классификации процессов почвообразования. В качестве основного фактора выделения типов мелиоративного режима (автоморфный, гидроморфный и промежуточные типы) была положена степень участия грунтовых вод в формировании водно-солевого режима орошаемых почв [1]. Аналогичный подход был использован для анализа формирования природно-мелиоративных процессов в период развития орошения в Поволжье и других регионах СССР [2],[3]. Мелиоративный режим «как совокупность требований к регулируемым факторам почвообразования, обеспечивающим коренного улучшение и дальнейшее повышение плодородия почв и получения заданного урожая определенных сельскохозяйственных культур» рассмотрен в работе [4].

Цель исследований – разработка состава мелиоративных и агро-мелиоративных мероприятий, обеспечивающих формирование эволюционирующего мелиоративного режима на орошаемых землях.

Объект и методика исследований

В качестве объекта исследований рассматривается понятие «мелиоративный режим», его типы и комплексы мероприятий по формированию эволюционирующего мелиоративного режима на орошаемых землях. На основе анализа формирования потоков энергии в агроэкосистеме предложено следующее определение: **мелиоративный режим** – это закономерное изменение во времени и в пространстве состояния агроэкосистемы, обусловленное регуляцией потока энергии, определяемого балансом входящей и исходящей энергии в рассматриваемом объекте. Критерием благоприятности мелиоративного режима является приращение энергии в агроэкосистеме, представляющее собой необходимое количество энергоресурсов для обеспечения расширенного воспроизводства почвенного плодородия [5]. При управлении мелиоративным режимом обязательным условием является внесение дополнительной энергии. Интенсивность и направленность потоков энергии в мелиорируемом агроландшафте обеспечивают

мелиоративные системы, реализующие гидромелиоративные технологии на мелиорируемых землях. Исходя из анализа развития процессов почвообразования, формирования энергетических потоков в агроэкосистеме и энергетического баланса в мелиорируемой почве выделены следующие типы мелиоративных режимов орошаемых земель:

- эволюционирующий, характеризующийся положительным энергетическим балансом, обеспечивающим расширенное воспроизводства почвенного плодородия;
- компенсационный, характеризующийся нулевым энергетическим балансом мелиорируемых почв в многолетнем плане;
- критический, при котором наблюдается устойчивая убыль энергетического потенциала почв, приводящая к их истощению.

Под управлением мелиоративными режимами мелиорируемых земель понимается целенаправленное изменение факторов его формирования для достижения нормативного функционирования продукционных процессов.

Методическая основа исследований включала анализ и обобщение опубликованных научных и практических результатов, анализ влияния оросительных систем на состояние природной среды и изучение проблем управления эксплуатацией мелиоративных систем с учетом закономерностей вещественно-энергетической трансформации мелиорируемых агроландшафтов.

Результаты и обсуждение

Эксплуатация мелиоративных систем для поддержания эволюционирующего мелиоративного режима включает директивную необходимость обеспечения развития природно-мелиоративных процессов на мелиорируемых землях, направленных на расширенное воспроизводство почвенного плодородия, путем реализации мелиоративных мероприятий или их комплексов, учитывающих согласование динамики развития природно-мелиоративных процессов с требованиями сельскохозяйственных культур.

В соответствии с разрабатываемой методологией при функционировании мелиоративных систем, обеспечивающих эволюционирующий режим, выполняются мелиоративные мероприятия по поддержанию положительного энергетического баланса почв при эксплуатации систем. Задача управления заключается в определении и реализации управляющих воздействий, которые формировали бы требуемое состояние почвы, обеспечивающее постоянную поддержку ее энергетического состояния и расширенное воспроизводство почвенного плодородия [5]. Схематически модель управления мелиоративным режимом и назначения мелиоративных мероприятий показана на рисунке 1.

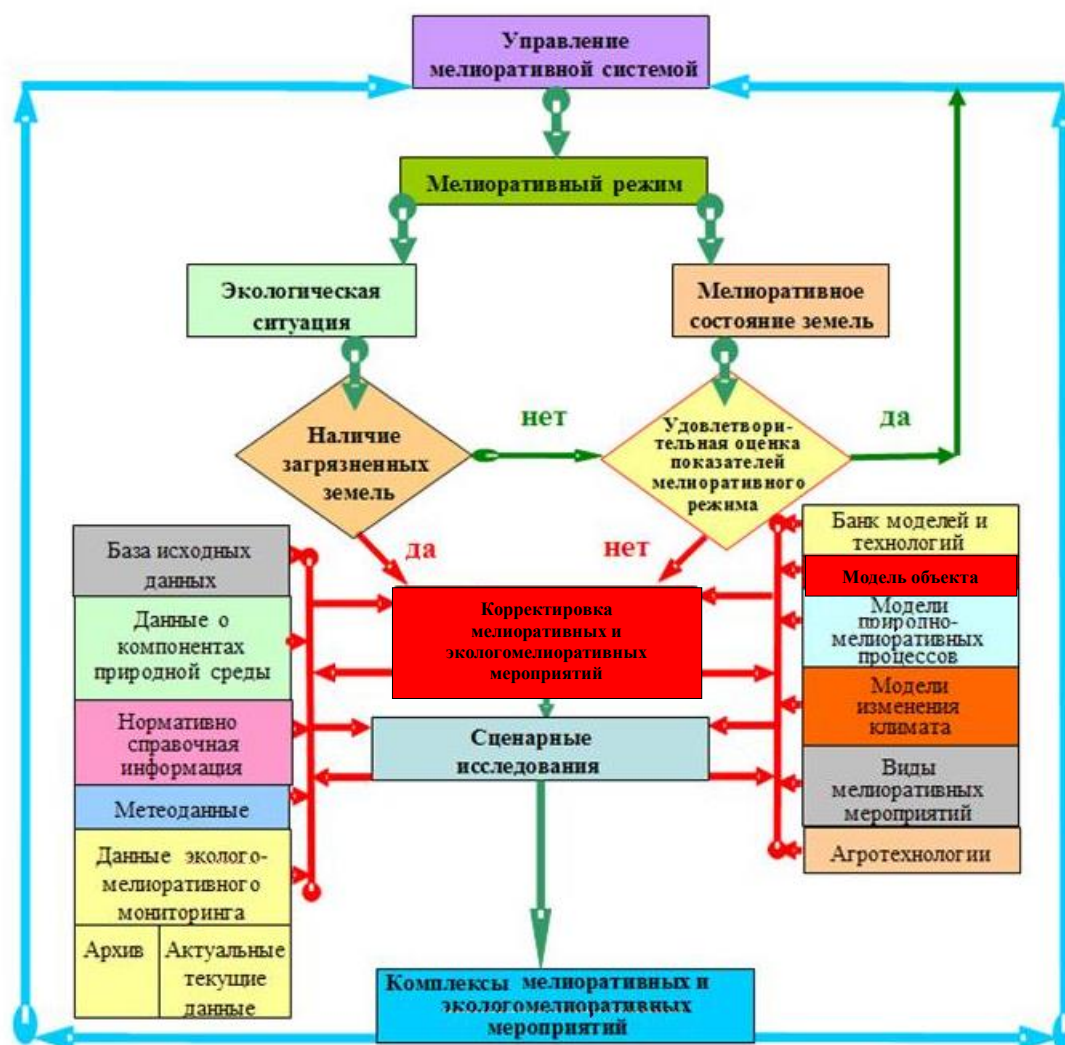


Рис. 1 – Обобщенная схема управления мелиоративными режимами на орошаемых землях

Алгоритм управления мелиоративными режимами предусматривает следующие этапы: анализ и оценка актуального мелиоративного состояния мелиорируемых земель; прогнозные расчеты (при необходимости) и оценка

мелиоративного режима с использованием моделей развития природно-мелиоративных процессов; назначение мелиоративных мероприятий.

Управление мелиоративной системой необходимо осуществлять таким образом, чтобы динамика почвенных характеристик укладывалась в интервал от уровней «не деградированных» до «слабо деградированных почв».

На мелиорируемых землях возможно управлять следующими режимами, обеспечивающими комфортность развития сельскохозяйственных растений – водным, солевым, питательным, кислотнo-щелочным, тепловым. Анализ формирования факторов мелиоративного режима позволил выделить два уровня их изменчивости во времени, соответственно, и два уровня их управления – оперативный (сезонный) и многолетний. Оперативный уровень предполагает возможность внутрисезонного регулирования показателей почвенного плодородия. К этому классу относятся следующие показатели мелиоративного режима: водный режим почв; питательный режим; солевой режим почв в условиях вторичного засоления и осолонцевания почв; уровень грунтовых вод при гидроморфном режиме; качество оросительной воды.

В других случаях управление мелиоративным режимом предполагает регулирование факторов повышения плодородия в многолетнем разрезе (выполняются «капитальные» мелиоративные мероприятия – промывки, химические мелиорации, внесение высоких доз органических удобрений, ликвидация загрязнения почвы, планировка и др.)

Ниже рассматриваются мелиоративные мероприятия по регулированию показателей почвенного плодородия для формирования эволюционирующего мелиоративного режима.

На основе анализа режима грунтовых вод устанавливается тип почвообразовательного процесса по гидроморфизму – гидроморфный, полугидроморфный, автоморфный. В условиях гидроморфного и полугидроморфного режимов последовательно выполняется анализ водного режима почвы, режима грунтовых вод и солевого режима. При автоморфном режиме (глубина грунтовых вод более 3,0 – 4,0 м) режим влажности почв формируется за счет орошения и естественных осадков.

Фактическая величина влажности почвы (W_{ϕ}) должна находиться в интервале от минимального (W_{\min}) до максимального (W_{\max}) значения. Пределы влажности устанавливаются в составе проектов для конкретных сельскохозяйственных культур. Ориентировочно актуальная величина влажности изменяется в пределах от 0,6 до единицы наименьшей влагоемкости почвы [4].

Режим грунтовых вод становится ведущим фактором мелиоративного режима при их участии в подпитывании почвы. Подъем грунтовых вод на орошаемых землях выше допустимых глубин является наиболее распространенной причиной формирования критического мелиоративного режима, приводящего к переувлажнению и/или к вторичному засолению земель. Он обусловлен повышением инфильтрационного питания за счет подачи воды на орошение. Для уменьшения ирригационного питания грунтовых вод и понижения их уровня используются следующие мероприятия: корректировка режимов орошения с целью снижения водоподачи; применение водосберегающих технологий орошения; противофильтрационные мероприятия на оросительной сети; планировка орошаемых земель; введение севооборотов с включением влаголюбивых культур; строительство искусственного дренажа.

Мелиоративные мероприятия по поддержанию эволюционирующего мелиоративного режима по состоянию засоленности почв назначаются по результатам сравнения фактических значений с допустимыми, которые в первом приближении принимаются в соответствии с рекомендациями СНиП 2.06.03-85 [6]. При наличии слабозасоленных почв или опасности развития процессов вторичного засоления для их нейтрализации используется одно мероприятие или комбинация из рекомендуемых эксплуатационных мероприятий: эксплуатационные промывки в межвегетационный период; предпосевные поливы; промывной режим орошения с увеличением оросительных норм на 10-20%; регулирование качества оросительной воды; возделывание солеустойчивых культур; фитомелиоративные севообороты и понижение уровня грунтовых вод повышенной минерализации.

Осолонцованность почв определяется концентрацией ионов натрия и магния в почвенно-поглощающем комплексе (ППК), который характеризуется емкостью катионного обмена, и повышенным значением величины pH. Оценивается по содержанию ионов обменного натрия (%) в ППК [7], [9]. Для нейтрализации процессов осолонцевания используют следующие приемы: химические мелиорации путем внесения кальций содержащих мелиорантов (гипс, фосфогипс и др.); эксплуатационные промывки; промывной режим орошения; мелиоративное рыхление солонцовых почв; регулирование поверхностного стока в условиях микрорельефа (лункование, прерывистые борозды, щелевание и др.); применение фитомелиоративных севооборотов; возделывание содоустойчивых культур; кондиционирование качества оросительной воды.

На почвах с низкой величиной pH (повышенная кислотность) применяются методы химической мелиорации с внесением извести и других кальций содержащих мелиорантов.

Основным фактором почвенного плодородия и энергетического состояния почв является содержание гумуса – важнейшего источника энергии почвы. Для обеспечения эволюционирующего мелиоративного режима требуется создание его бездефицитного баланса. Наилучшими органическим удобрением является навоз крупного рогатого скота. В агротехнологиях также используются торф, сапропели, вермикомпост, осадки сточных вод, различные компосты и удобрительно-мелиорирующие смеси. Перспективность применения последних заключается в комплексности их воздействия на показатели почвенного плодородия – содержание гумуса, структуру почвы, ППК и микробиологическую активность. Использование удобрительно-мелиорирующих смесей на основе сапропеля и торфа, торфа и отходов сахарного производства для повышения плодородия почв выработанных торфяников позволило улучшить энергетическое состояние почвы и получать устойчивые повышенные урожаи в течение 5 лет и более [10], [11].

Для обеспечения эволюционирующего мелиоративного режима на фоне регулирования водного режима орошаемых почв рекомендуется проведение следующих мелиоративных и агро-мелиоративных мероприятий:

– регулярное внесение в почву свежего органического вещества в виде навоза, различных компостов, зеленого удобрения, соломы и др. для создания положительного баланса органического вещества;

- внесение органоминеральных и минеральных веществ для улучшения структурного состояния почвы, повышения емкости катионного обмена и буферной способности почвы;
- введение в севообороты бобовых культур и многолетних трав;
- внесение микробных препаратов для повышения биологической активности почвы и стимулирования гумусообразовательных процессов;
- внесение нетрадиционных органических удобрений с применением местных ресурсов (торф, различные компосты, осадки сточных вод, лигнин, сапрпель, кора, опилки, переработанные отходы сахарного производства и др.) с учетом экологических ограничений на их качество.

Гранулометрический состав, плотность почв и удельная поверхность формируют структуру порового пространства и энергетические характеристики почвенной влаги. Плотность определяет условия развития корневой системы растений и сопротивляемость почвы её механической обработке.

Переуплотнение почв ликвидируется путем рыхления пахотного и подпахотного горизонтов. Для предупреждения уплотнения почв реализуются специальные севообороты, внесение органических удобрений и структурообразователей, почвосберегающие системы обработки почвы.

Заключение

Предложено новое определение мелиоративного режима при функционировании мелиоративных систем на основе формирования энергетических потоков в агроэкосистеме и классификация их типов – эволюционирующий, компенсационный, критический. Для формирования эволюционирующего мелиоративного режима при эксплуатации мелиоративных систем рекомендованы мелиоративные и агро-мелиоративные мероприятия по поддержанию природно-мелиоративных процессов на нормативном уровне.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Решеткина Н.М. О проектировании мелиоративных режимов на орошаемых землях // Борьба с засолением орошаемых земель: научн. труды ВАСХНИЛ. - М. : Колос, 1967. - С. 31-36.
2. Бобченко В.И. Технология регулирования мелиоративных режимов при орошении на высоких Сыртах / В.И. Бобченко., В.А. Браун, В.С. Макарова, Н.М. Решеткина // Вопросы обоснования мелиорации и охраны природы: сб. научн. трудов ВНИИГиМ. М., 1983. - С. 87-95
3. Соيفер С.Я. Формирование рационального мелиоративного режима в различных природных зонах // Тезисы докл. V Всероссийского совещания по мелиоративной гидрогеологии, инженерной геологии и мелиоративному почвоведению (г. Новая Каховка). - Ч. II. М., 1984. - С. 152-154.
4. Айдаров И.П. Мелиоративный режим орошаемых земель и пути его улучшения / И.П. Айдаров, А.И. Голованов // Гидротехника и мелиорация. - 1986. - № 8. - С.44-47.
5. Кирейчева Л.В. Модели и информационные технологии управления водопользованием на мелиоративных системах, обеспечивающие благоприятный мелиоративный режим / Кирейчева Л.В., Юрченко И.Ф., Яшин В.М. // Мелиорация и водное хозяйство. - 2014. - № 5-6. - С. 50-55
6. СНИП 2. 06.03-85 Мелиоративные системы и сооружения / Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 60 с.
7. Зимовец Б.А. Экологические требования к орошению почв России / Б.А. Зимовец, Н.Б. Хитров // М.: Почв. инст. им. В.В. Докучаева, 1996. - 72 с.
8. Сизоненко А.П. Руководство по мелиорации солонцов и засоленных солонцовых земель при орошении в Волгоградской области / А.П. Сизоненко., В.П. Баякина, С.И. Мясичев, Е.Н. Лиманский // М., 1988. - 31 с.
9. Система адаптивно-ландшафтного земледелия Волгоградской области на период до 2015 года / Иванов А.Л. [и др.]. Волгоград: ИПК Волгоградской ГСХА «Нива», 2009. - 304 с.
10. Кирейчева Л.В. Энергетическая оценка мелиоративных мероприятий для повышения плодородия почв / Л.В. Кирейчева, И.В. Белова, С.В. Перегудов, В.М. Яшин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2009. - № 4. - С. 32-43
11. Яшин В.М. Повышение плодородия деградированных и малопродуктивных почв путем использования удобрительно-мелиорирующих смесей / В.М. Яшин, Л.В. Кирейчева, С.В. Перегудов, К.Н. Евсенкин, Е.Ю. Шилова // Мелиорация и водное хозяйство. - 2014. - № 5-6. - С. 26-31

Список литературы на английском языке / References in English

1. Reshetkina N.M. O proektirovanii meliorativnyh rezhimov na oroshaemyh zemljah [On the design of reclamation regimes on irrigated lands] // Bor'ba s zasoleniem oroshaemyh zemel': nauchn. trudy VASHNIL [Fight against salinization of irrigated lands: scientific. Proceedings of the OASCHNIL]. - M.: Kolos, 1967. -- P. 31-36. [in Russian]
2. Bobchenko V.I. Tehnologija regulirovaniya meliorativnyh rezhimov pri oroshenii na vysokih Syrtah [Technology of regulation of reclamation regimes during irrigation at high Syrtas] / V.I. Bobchenko., V.A. Brown, V.S. Makarova, N.M. Reshetkina // Voprosy obosnovaniya melioratsii i ohrany prirody: sb. nauchn. trudov VNIIGiM [Issues of substantiation of land reclamation and nature conservation: collection. scientific Proceedings of VNIIGiM]. M., 1983. - P. 87-95 [in Russian]
3. Soifer S.Ya. Formirovanie racional'nogo meliorativnogo rezhima v razlichnyh prirodnyh zonah [The formation of a rational reclamation regime in various natural zones] // Abstracts dokl. V All-Russian meeting on reclamation hydrogeology, engineering geology and reclamation soil science (Novaya Kakhovka). - Part II. M., 1984. - P. 152-154. [in Russian]
4. Aidarov I.P. Meliorativnyj rezhim oroshaemyh zemel' i puti ego uluchsheniya [Reclamation regime of irrigated lands and ways to improve it] / I.P. Aidarov, A.I. Golovanov // Hydrotechnics and land reclamation. - 1986. - No. 8. - P.44-47. [in Russian]
5. Kireicheva L.V. Modeli i informacionnye tehnologii upravleniya vodopol'zovaniem na meliorativnyh sistemah,

obespechivajushhie blagoprijatnyj meliorativnyj rezhim [Models and information technologies for water use management on reclamation systems providing a favorable reclamation regime] / Kireicheva L.V., Yurchenko I.F., Yashin V.M. // Land reclamation and water management. - 2014. - No. 5-6. - P. 50-55 [in Russian]

6. SNIP 2. 06.03-85 Meliorativnye sistemy i sooruzhenija [SNIP 2. 06.03-85 Reclamation systems and structures] / Gosstroy of the USSR. M.: TsITP Gosstroy USSR, 1986. -- 60 p. [in Russian]

7. Zimovets B.A. Jekologicheskie trebovanija k orosheniju pochv Rossii [Ecological requirements for irrigation of soil in Russia] / B.A. Zimovets, N.B. Khitrov // M.: Soil. inst. them. V.V. Dokuchaev, 1996. -- 72 p. [in Russian]

8. Sizonenko A.P. Rukovodstvo po melioracii soloncov i zasolennyh soloncovyh zemel' pri oroshenii v Volgogradskoj oblasti [Guidance on the reclamation of solonchets and saline solonchetic lands during irrigation in the Volgograd region] / A.P. Sizonenko., V.P. Bayakina, S.I. Myasishchev, E.N. Limansky // M., 1988. -- 31 p. [in Russian]

9. Sistema adaptivno-landshaftnogo zemledelija Volgogradskoj oblasti na period do 2015 goda [The system of adaptive landscape agriculture of the Volgograd region for the period up to 2015] / A. Ivanov. [and etc.]. Volgograd: IPC of the Volgograd State Agricultural Academy "Niva", 2009. - 304 p. [in Russian]

10. Kireicheva L.V. Jenergeticheskaja ocenka meliorativnyh meroprijatij dlja povyshenija plodorodija pochv [Energy assessment of land reclamation measures to improve soil fertility] / L.V. Kireicheva, I.V. Belova, S.V. Peregudov, V.M. Yashin // Bulletin of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. - 2009. - No. 4. - P. 32-43 [in Russian]

11. Yashin V.M. Povyshenie plodorodija degradirovannyh i maloproduktivnyh pochv putem ispol'zovaniya udobritel'no-meliorirujushhih smesej [Increasing the fertility of degraded and unproductive soils through the use of fertilizer-reclamation mixtures] / V.M. Yashin, L.V. Kireicheva, S.V. Peregudov, K.N. Evsenkin, E.Yu. Shilova // Land reclamation and water management. - 2014. - No. 5-6. - P. 26-31 [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.026>**ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У СОРТОВ
LINUM USSITATISSIMUM L. В УСЛОВИЯХ СОЛЕВОГО СТРЕССА**

Научная статья

Королев К.П.^{1*}, Боме Н.А.²¹ ORCID: 0000-0001-9595-3493;² ORCID: 0000-0002-5467-6538;^{1, 2} Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

* Корреспондирующий автор (corolev.konstantin2016[at]yandex.ru)

Аннотация

Представлены результаты лабораторных исследований по тестированию шести сортов льна масличного в условиях солевого стресса. Для получения более объективных данных, нами проведено изучение сортов в чашках Петри и вегетационных сосудах. На основании ранней диагностики сортов выявлена их изменчивость отношению к стресс – фактору по морфометрическим параметрам проростков и вегетирующих растений. Установлены сорта, имеющие высокую степень устойчивости при относительно низких и средних концентрациях хлоридного засоления, которые можно использовать в качестве источников в селекции льна масличного на солеустойчивость.

Ключевые слова: лен масличный, хлоридное засоление, проростки, индекс роста, биомасса, хлорофилл, SPAD-502 Plus, коэффициент устойчивости

**FEATURES OF QUANTITATIVE SIGN MANIFESTATION IN *LINUM USSITATISSIMUM L.* VARIETIES
UNDER SALT STRESS CONDITIONS**

Research article

Korolev K.P.^{1*}, Bome N.A.²¹ORCID: 0000-0001-9595-3493;²ORCID: 0000-0002-5467-6538;

Tyumen State University, Tyumen, Russia

*Corresponding author (corolev.konstantin2016[at]yandex.ru)

Abstract

The authors present the results of laboratory studies on the testing of six varieties of oil flax under salt stress conditions. In order to obtain more objective data, we studied varieties in Petri dishes and vegetation vessels. Based on the early diagnosis of varieties, their variability with respect to the stress factor was revealed by the morphometric parameters of seedlings and vegetative plants. The authors established the varieties with a high degree of resistance at relatively low and medium concentrations of chloride salinity, which can be used as sources in the selection of oil flax for salt tolerance.

Keywords: oil flax, chloride salinity, seedlings, growth index, biomass, chlorophyll, SPAD-502 Plus, resistance coefficient

Введение

Адаптация растений к новым условиям среды достигается за счет модификационной и генотипической изменчивости, то есть путем перестройки комплекса физиолого-биохимических, морфологических и анатомических признаков самого растения в онтогенезе и образования новых норм реакций в филогенезе [2, С.767], [3, С.3-29]. Засоление является ограничивающим фактором для получения высокой продуктивности растений [10, С.1222-1223]; [13, С.601-605]; [14, С.503-527]. Увеличение степени засоления приводит к нарушению гомеостатического водного баланса. Реакция клеток растений на засоление заключается в накоплении высоких концентраций Na⁺ и Cl⁻ в их вакуолях или в распределении этих ионов по разным частям растения для активации метаболических функций [11, С.344-351]. Засоление влияет на уровень транскрипции примерно 8% всех генов. Эти гены активируются в зависимости от типа ткани, фазы развития, а также скорости наступления и продолжительности стресса [4, С. 1-638]. На территории Тюменской области засоленные почвы составляют 1,6% почвенного покрова и сосредоточены в южной части области [7, С.1-854].

Цель исследования – установить влияние различной степени хлоридного засоления на проростки и вегетирующие растения и выявить устойчивые сорта льна масличного.

Материалы и методы исследований

Изучение ответных реакций сортов льна масличного на действие стресс-фактора проводили в 2017-2018 гг. на базе лаборатории биотехнологических и микробиологических исследований Института биологии Тюменского государственного университета. Объекты исследования – шесть сортов льна масличного, из них три сорта из России (Северный, Флиз, Легур), два из Франции (Antares, Krokus) и один из Казахстана (Кустанайский янтарь). Исследования включали в себя два этапа: проращивание семян в чашках Петри и культивирование растений в вегетационных сосудах.

Проращивание семян льна масличного проводили в предварительно простерилизованных чашках Петри. На два слоя фильтровальной бумаги раскладывали по 20 семян каждого сорта льна масличного, затем добавляли дистиллированную воду (контроль) или раствор хлорида натрия в трех концентрациях (0,5 Мпа (0,7%); 1 МПа (1,4%); 1,5 МПа (2,1%)), и помещали в термостат (ТСО-1/80 СПУ) при температуре 22°C. Повторность опыта – 4-х кратная. На третьи сутки определяли энергию прорастания (%), на седьмые сутки – лабораторную всхожесть семян (%), а также измеряли длину корня и побега (см), сырую массу (мг). Сухую массу проростков (мг) устанавливали путем высушивания проростков в алюминиевых боксах в сушильном шкафу при 105°C в течение 4 часов.

Выращивание растений проводили на вегетационных стеллажах, в сосудах из инертного материала, заполненных почвой по 280 г в каждом. Объемом почвы в каждом – 280 г. Грунт – универсальный с содержанием по 1,0% N, P, K.

Объем выборки составлял 20 шт. семян каждого сорта в четырехкратной повторности. После закладки семян почву увлажняли дистиллированной водой (80 мл/сосуд), накрывали стеклом (для снижения испарения влаги) и помещали на стеллажи. Культивирование растений выполняли в условиях: освещенность – 5000 лк, фотопериод – 16 ч., температура – 24°C, относительная влажность воздуха – 60,0%. При появлении всходов создавали провокационный фон на засоление путем полива опытных вариантов растворами хлорида натрия требуемой концентрации, контрольных – дистиллированной водой.

В течение проведения эксперимента выполняли учеты высоты растений (см), площади (см²) и количества листьев (шт.). Измерение содержания хлорофилла в листьях растений проводили с помощью оптического счетчика SPAD 502 Plus (Minolta Camera Co, Ltd, Япония). Продолжительность – 21 сут. В конце опыта растения извлекали из сосудов, очищали от остатков почвы, взвешивали отдельно корни и побеги, измельчали и помещали в сушильный шкаф. Для выявления степени реакции генотипов на стресс нами были рассчитаны показатели: ИДК – индекс длины корня (соотношение длины корня в опыте и контроле, %), ИДП – индекс длины побега (соотношение длины побега в опыте и контроле, %).

Статистическую обработку данных проводили по методике Г.Ф. Лакина [5]. Достоверность различий (при $p < 0,05$) контрольных и опытных вариантов исследования выполняли с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение.

Критическим параметром успешного создания устойчивых к стрессовым факторам сортов является изначальное генетическое разнообразие исходного материала [6, С.497-505]. В ходе проведения исследований выявлена неравномерность прорастания семян льна в контрольных и опытных вариантах (рисунок 1). Первые визуальные признаки прорастания семян льна масличного в контрольных вариантах проявились на вторые сутки (сорта Северный, Легур), на третьи – четвертые сутки (Antares, Кустанайский янтарь, Флиз, Krokus). В среднем, в контрольных вариантах энергия прорастания была на уровне 80,0%, что указывает на хорошие посевные свойства семян.

В условиях низкой степени засоления (0,7%) сорта Кустанайский янтарь и Северный имели преимущество по энергии прорастания, которая она составила 73,7% и 61,2% соответственно при среднем популяционном значении 52,1%. Высокие концентрации NaCl (1,4 и 2,1% существенно замедляли ростовые процессы в семени, и только у одного сорта Antares на третьи сутки эксперимента отмечено 7,5% проросших семян (концентрация 1,4%).

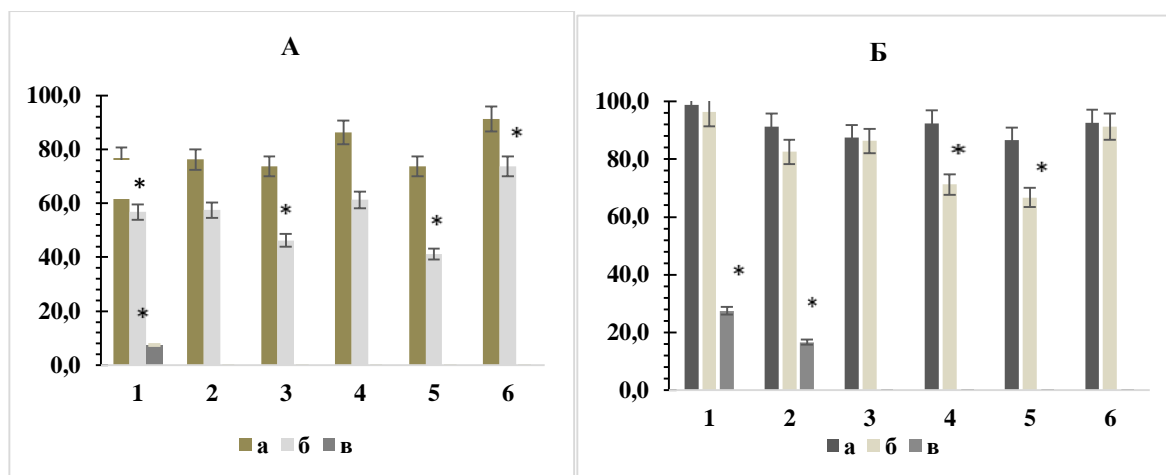


Рис. 1 – Влияние хлоридного засоления на энергию прорастания (А) и лабораторную всхожесть (Б), чашки Петри, среднее, 2017-2018 гг. Примечание: различия между контрольными и опытными вариантами достоверны при $p < 0,05$. Варианты опыта: контроль (а), 0,7% NaCl (б), 1,4% NaCl (в), 2,1% (г). Сорта льна масличного: Antares (1), Krokus (2), Легур (3), Северный (4), Флиз (5), Кустанайский янтарь (6).

Дальнейшее изучение устойчивости сортов, позволило установить, что сорта на седьмые сутки имели высокую лабораторную всхожесть при отсутствии стресс-фактора ($x_{\text{ср.}} = 91,5\%$). При этом, следует отметить, что выявленная зависимость количества проросших семян от величины солевого стресса осталась неизменной. К наиболее устойчивым сортам по изучаемому критерию при 0,7% NaCl можно отнести Antares (96,3%), Кустанайский янтарь (91,4%), Легур (86,3%). В условиях 1,4% воздействия сохранилось лишь два сорта Antares (27,5%), Krokus (16,7%); при 2,1% отмечено полное отсутствие прорастания.

Согласно многочисленным исследованиям, выявлено негативное влияние стресс-фактора на рост и развитие растений, активность их метаболических процессов, состояние клеток [8, С.5-21]; [9, С. 1-196]; [12, С.239-250]; [15, С.366-381]. Скрининг параметров проростков, позволил выявить их угнетение в зависимости от концентрации стрессора (рисунок 2).

При хлоридном засолении 0,5 Мпа, высокая степень развития корней отмечена у сортов Antares и Кустанайский янтарь, с ИДК равным 79,8% и 78,1%; средняя – у сортов Северный (51,7%) и Легур (42,9%). При 1 Мпа засолении развитие корней было угнетено стрессом, индекс отмечали лишь у двух сортов Antares (22,9%) и Krokus (26,9%).

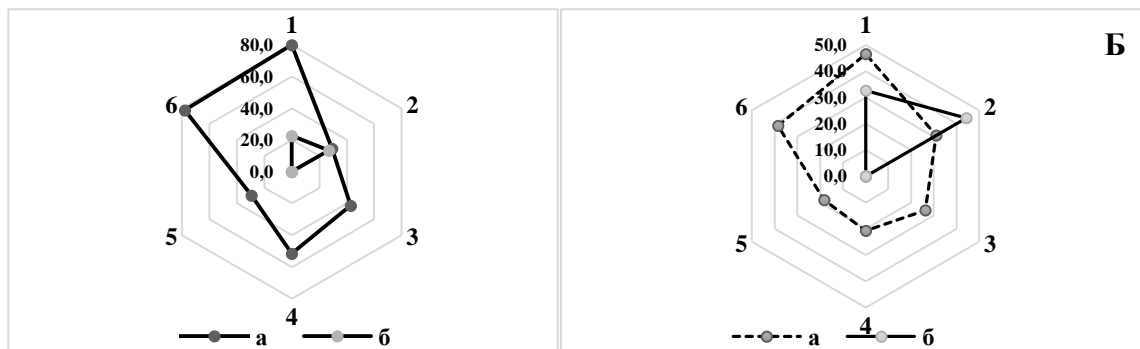


Рис. 2 – Индекс длины корня (А) и побега (Б) у сортов льна масличного при 0,7% (а), 1,4% (б) концентрации, %, 2017-2018 гг. Сорта: Antares (1), Krokus (2), Легур (3), Северный (4), Флиз (5), Кустанайский янтарь (6).

Действие стресс-фактора оказало негативное влияние и на формирование побегов. В группу с высоким значением ИДП, вошли сорта Antares (46,5%) и Кустанайский янтарь (38,4%), Krokus (31,4%) при 0,7% NaCl и один сорт Krokus (44,3%) при 1,4% концентрации.

Наряду с морфометрическими параметрами проростков, большое значение при скрининге стрессоустойчивости сортов, имеет накопление сырой и сухой биомассы. У сортов Antares, Северный, Кустанайский янтарь нами отмечено увеличение доли корней в общей сырой и сухой массе растений. Сорта Легур, Флиз также реагировали на степень засоления увеличением доли корней в сырой массе без изменения в сухой. Сорт Krokus снижал долю корней обратно пропорционально концентрации солевого агента, при неизменной массе корней в сухой массе. Исходя из расчета коэффициента устойчивости (КУ, %), представляющего собой соотношение массы проростков в опытных и контрольных вариантах, сорт Antares являлся высокоустойчивым при 0,7% NaCl; сортов устойчивых к 1,4% не выявлено. К числу слабоустойчивых сорта Северный и Флиз.

Для выявления особенностей раннего онтогенеза у сортов льна масличного на обычном и провокационном фонах, нами проведены дополнительные исследования в вегетационных сосудах. Средняя (1,4%) и высокая (2,1%) концентрация стрессора оказывала негативное влияние на рост растений. Сорта Antares, Северный, Флиз, Кустанайский янтарь можно отнести в группу с низкой интенсивностью в условиях стресс – фактора. У сортов Krokus, Легур нами отмечена более высокая скорость роста, однако к концу эксперимента происходило замедление. Относительно высокорослыми при слабом засолении являются сорта Krokus (10,05 см) и Флиз (10,47 см), при среднем: Krokus (8,45 см), Северный (8,34 см), Флиз (7,43 см); при сильном засолении эта группа сортов также имела преимущество.

Число листьев и их размеры различались по сортам льна масличного. В меньшей степени негативный эффект установлен при слабом и среднем засолении. К устойчивым генотипам по числу листьев можно отнести Krokus Легур, Флиз с отклонением от контроля при 0,5 Мпа и 1,5 Мпа соответственно. По морфометрическим параметрам листовых пластинок был рассчитан листовой индекс, представляющий собой отношение длины листа к ширине. Выявлен ингибирующий эффект всех опытных вариантов. При 1,4% NaCl более толерантным сортом являлся Krokus (0,36) при 2,1% сорта Легур (0,38) и Кустанайский янтарь (0,52).

В связи с тем, что адаптивные возможности растений напрямую связаны с эффективностью работы внутренних механизмов регуляции, изучение фотосинтетической реакции растений является актуальным для разработки и внедрения в практику селекции физиологических методов оценки разных сортов на устойчивость к абиотическим стрессам [1, С. 78-84]. Реакция сортов на хлоридное засоление проявлялась в снижении содержания хлорофилла в листьях в зависимости от силы влияния стресс – фактора. Слабое засоление оказывало отрицательный эффект на сорта (82,7% – 95,3% к контролю). При средней степени NaCl у трех сортов устойчивость была значительной (90,4 – 92,5%), при сильной (71,2 – 82,5%). В устойчивую группу вошли сорта Krokus, Флиз, Легур, Кустанайский янтарь.

Нами также установлены различия между сортами по накоплению сырой и сухой биомассы при стрессовом влиянии. По сырой массе стебля сорта проявили высокую устойчивость, за исключением сортов: Флиз, при 0,7%; Северный при 1,4% и 2,1%; Antares при 2,1% концентрации. По сухой массе стебля следует отметить сорт Флиз при слабом засолении, остальные сорта вошли в группу неустойчивых во всех опытных вариантах.

Соотношения в структуре биомассы корней и побегов, позволило выявить следующие особенности, характерные и для опыта в чашках Петри. Для сортов Antares, Северный, Кустанайский янтарь характерно увеличение доли корней в общей сырой и сухой массе растений пропорционально степени засоления. У сортов Легур, Флиз, также отмечена вышеназванная тенденция, однако при этом, процентное отношение корня в сухой массе не изменяется. Сорт Krokus снижал доленое участие корней в общей структуре обратно степени засоления, при неизменности корней в сухой массе.

Заключение

Таким образом, тестирование растений на провокационном фоне, позволили выявить степень ответных реакций генотипов льна масличного. Установлено, что хлоридное засоление оказывало отрицательное влияние на прорастание семян, сырую и сухую биомассу проростков и вегетирующих растений, высоту растений, ассимиляционный аппарат растений льна масличного. Впервые на льне масличном, определена возможность использования оптического счетчика хлорофилла Spad-502 Plus при оценке стрессоустойчивости. Согласно оценки в чашках Петри и вегетационных сосудах к относительно устойчивым сортам можно отнести Antares, Кустанайский янтарь, Krokus, Легур, которые можно рекомендовать для селекционно-генетических исследований.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

«None declared»

Список литературы / References

1. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений / А.А. Жученко. Кишинёв: Штиинца. – 1988. – С. 767.
2. Жученко А. А. Эколого-генетические основы адаптивной системы селекции растений / А.А. Жученко // Сельскохозяйственная биология. – 2000. – №3. – С. 3-29.
3. Frommer W.B. Taking transgenic plants with a pinch of salt / W.B. Frommer, U. Ludewig, D. Rentsch // Science. – 1999. – 285. – P. 1222-1223.
4. Taniyama T. Salt injuries and morphogenesis / T. Taniyama // Sci. Rice Plant. Tokyo. – 1993. – V. 1. – P. 601- 605.
5. Tester M., Davenport R. Na+Tolerance and Na+Transport in Higher Plants/ M. Tester, R. Davenport // Annals of Botany. 2003. – 91. – P. 503-527.
6. Koca H., Bor M., Özdemir F. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes, and proline content of sesame cultivars / H. Koca, M. Bor, F. Özdemir// Environ Exp. Bot. –2007. – 60. – P. 344-351.
7. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур / Е.И. Кошкин // М.: Дрофа, 2010. –638 с.
8. Панкова Е.И. Засоленные почвы России / Е.И. Панкова [и др.] – М.: Академкнига, 2006. – 854 с
9. Лакин Г.Ф. Биометрия /Г.Ф. Лакин. М.: Высшая школа, 1980. – 295 с.
10. Лисицын Е.М., Амунова О.С. Генетическое разнообразие сортов яровой мягкой пшеницы по алюмоустойчивости / Е.М. Лисицын, О.С. Амунова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – Т. 18. – № 3. – С. 497-505.
11. Удовенко Г.В. Физиологические механизмы адаптации растений к различным экстремальным условиям / Г.В. Удовенко // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1979. – Т. 64. – Вып. 3. – С. 5-21.
12. Craig J.R., Vaughan D.J., Skinner B.J. Resources of the Earth: origin, use, and environmental impact / J.R. Craig, D.J. Vaughan, B.J. Skinner // Prentice Hall, New Jersey. – 1996. – 196 p.
13. Munns R. Comparative physiology of salt and water stress / R. Munns // Plant Cell Environ. – 2002. – 25. – P. 239 - 250.
14. Wungrampha S. Photosynthesis and salinity: are these mutually exclusive? / S. Wungrampha, R. Joshi, S.L Singla-Pareek, A. Pareek // Photosynthetica. – 2018. – Vol. 56. – № 1. – P. 366-381.
15. Аканов Э.Н. Особенности фотосинтетической реакции сортов ярового ячменя как показатель их адаптивных возможностей / Э.Н. Аканов, В.В. Пыльнев, Салама Хасан // Известия ТСХА, 2000. – Вып. 3. С. 78-84.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zhuchenko A.A. Ecological genetics of cultivated plants / A.A. Zhuchenko. Chisinau: Stiinza. – 1988. – 767 p. [in Russian].
2. Zhuchenko A.A. Ecological and genetic foundations of the adaptive system of plant breeding / A.A. Zhuchenko // Agricultural biology. – 2000. – No. 3. –P. 3-29. [in Russian].
3. Frommer V. B. reception of transgenic plants with a pinch of salt / V. B. Frommer, U. Ludwig, D. Rent // Nauka. – 1999. – 285. – P. 1222-1223.
4. Taniyama T. Salt injuries and morphogenesis / T. Taniyama // Sci. Rice Plant. Tokyo. – 1993. – V. 1. – P. 601- 605.
5. Tester M., Davenport R. Na+Tolerance and Na+Transport in Higher Plants / M. Tester, R. Davenport // Annals of Botany. – 2003. – 91. – P. 503-527.
6. Koca H., Bor M., Özdemir F. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes, and proline content of sesame cultivars / H. Koca, M. Bor, F. Özdemir // Environ Exp. Bot. – 2007. – 60. – P. 344-351.
7. Koshkin E. I. Physiology of stability of agricultural crops / E. I. Koshkin Moscow: Drofa. – 2010. – 638 p. [in Russian].
8. Pankova E. I. Saline soils of Russia / E. I. Pankova [et al.] – Moscow: Akademkniga, 2006. – 854 p
9. Lakin G. F. Biometrics /G. F. Lakin. M.: Higher school, 1980. – 295 p. [in Russian].
10. Lisitsyn E.M., Akhmanova O.S. Genetic diversity of spring soft wheat varieties by aluminum stability / E.M. Lisitsyn, O.S. Akhmanova // Vavilov journal of genetics and plant breeding. – 2014. - Vol. 18. – No. 3. – P. 497-505. [in Russian].
11. Udovenko G.V. Physiological mechanisms of plant adaptation to various extreme conditions / G.V. Udovenko // Works on applied botany, genetics and breeding. –1979. –Т. 64. – Issue 3. – P. 5-21. [in Russian].
12. Craig J. R.. Earth resources: origin, use, and environmental impact / J. R. Craig, D. J. Vaughan, B. J. Skinner // Prentice Hall, New Jersey. – 1996. – 196 p. [in Russian].
13. Manns R. Comparative physiology of salt and water stress / R. Manns // Environment of Plant Cells. – 2002. –25. – P. 239-250.
14. Wungrampha S. Photosynthesis and salinity: are these mutually exclusive? / S. Wungrampha, R. Joshi, S.L Singla-Pareek, A. Pareek // Photosynthetica. – 2018. – Vol. 56. – № 1. – P. 366-381.
15. Akanov E.N. Features of the photosynthetic reaction of spring barley varieties as an indicator of their adaptive capabilities / E.N. Akanov, V.V. Pylnev, Salama Hassan // Proceedings of the TSHA. – 2000. – Issue. 3. – P. 78-84. [in Russian].

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.027>

ОСОБЕННОСТИ ОТРАСЛЕВОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ЮЖНОЙ ЗОНЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Научная статья

Косенко Т.Г.*

ORCID: 0000-0003-3978-3025,

Донской ГАУ, Ростовская обл., п. Персиановский

* Корреспондирующий автор (markos59[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье дана характеристика использования природно-ресурсного потенциала Ростовской области. Рассмотрены особенности производства сельскохозяйственной продукции в ФГУП «Маньчское». Определены зональные почвозащитные мероприятия. Проведена агрономическая и энергетическая оценка продуктивности севооборотов с целью выявления необходимости полного использования природных и техногенных ресурсов. Набор сельскохозяйственных культур зависит от специализации предприятия. Большое значение имеет наличие животноводческих отраслей и обеспеченность их высокопродуктивными кормами. Дана характеристика полевого кормопроизводства, особенностей выращивания многолетних и однолетних трав.

Ключевые слова: интенсификация, продуктивность, эффективность, урожайность, структура, факторы.

FEATURES OF INDUSTRIAL NATURAL USE IN THE SOUTHERN ZONE OF THE ROSTOV REGION

Research article

Kosenko T.G.*

ORCID: 0000-0003-3978-3025,

Don SAU, Rostov region, October district, vil. Persianovsky

* Corresponding author (markos59[at]yandex.ru)

Abstract

The paper describes the use of the natural resource potential of the Rostov region. The author considered features of agricultural production in the FSUE "Manychskoye," they have identified zonal soil protection measures. The agronomic and energy assessment of crop rotation productivity was carried out to identify the need for full use of natural and human-made resources. The set of crops depends on the specialization of a company. The presence of livestock industries and the availability of their highly productive feed are of great importance. The author also presents the features of field feed production, the characteristics of the cultivation of perennial and annual grasses.

Keywords: intensification, productivity, efficiency, productivity, structure, factors.

Введение

Ростовская область располагает богатым природно-ресурсным потенциалом для развития разнообразных отраслей. Для экологически безопасного аграрного производства необходимо использование адаптивного ландшафтного природопользования в зависимости от разновидности территории.

Земельные ресурсы региона находятся в сухостепной и степной зонах умеренного пояса [1]. Современные рыночные условия требуют разработки эффективных технологий [2].

Сельскохозяйственное производство, являясь одним из наиболее энергоёмких секторов экономики, в отличие от других её отраслей, само является производителем энергии. Органическое вещество сельскохозяйственных растений – потенциальная энергия является основой для жизнедеятельности человека и животных, источником производства продуктов питания.

При производстве продукции большое влияние на количество расходуемой на эти цели энергии оказывают используемые машины, удобрения, средства защиты растений, а также видовой состав культур и их соотношение в структуре посевных площадей [3].

Зерновое производство в нашей стране является сезонным, поэтому необходимо правильное хранение запасов зерновых культур для их последующего использования в течение года и более длительного времени на различные нужды [4].

Современный уровень кормопроизводства осуществляется главным образом за счет интенсивности управления агроэкосистемами, порождающими экологические проблемы. Следствием этого является ухудшение качества природной среды в агросфере.

Важными источниками рационального хозяйствования является совершенствование управления производством, повышение факторов производства [5].

Объекты и методы исследований

Проведена оценка ведения отраслевого природопользования в условиях ФГУП «Маньчское» Зерноградского района Ростовской области в 2017-2019 годах.

Производство – это процесс взаимодействия факторов и условий деятельности, который может привести к определенным результатам.

Выявление условий, влияющих на результаты природопользования возможно с помощью факторного анализа [6].

Для оценки эффективности производства зернофуражных и кормовых культур применяется индексный метод, основанный на определении индексов продуктивности, затрат и комплексной эффективности. Определение индексов

связано с расчетом данных базисной культуры. В условиях Ростовской области к такой культуре относят овес или ячмень.

Результаты исследования

Эффективное ведение сельскохозяйственного производства зависит от всевозрастающего количества разнообразных видов производственных ресурсов. Одним из принципов рациональной организации производства на сельскохозяйственных предприятиях является углубление специализации и рациональное сочетание отраслей.

Системы земледелия на ландшафтной основе в условиях Ростовской области имеют явно выраженную почвозащитную направленность. Ландшафтная система земледелия предполагает на эрозионно-опасных склонах полосное размещение культур и агрофонов.

На каждом предприятии очень важно определить наиболее эффективный набор и размер сельскохозяйственных отраслей [7].

ФГУП «Маньчское» зерноградского района Ростовской области имеет производственное направление зерновое. Предприятие расположено в южной зоне региона.

В структуре посевных площадей наибольший удельный вес (77,55%) занимают зерновые культуры. Площадь под озимой пшеницей 39,12%, яровым ячменем 21,61%, под подсолнечником 16,29% посевов. Многолетние травы возделываются на сено и зеленый корм, их доля в площади посевов 4,65%, под однолетними травами 1,9%.

Интегральным показателем, который отражает условия возделывания, в том числе и питание растений, служит урожайность [8].

Уровень развития кормопроизводства на современном этапе недостаточно высок. Наблюдается тенденция к сокращению производства кормов и снижению урожайности кормовых культур.

Кроме влияния на продуктивность животных, объем кормов и их стоимость оказывают большое влияние на экономическую эффективность производства животноводческой продукции, в частности, на ее себестоимость [9]. Удельный вес затрат на корма в себестоимости продукции скотоводства 54%.

В зависимости от исходного материала и целей можно применять различные способы оценки растений [10]. Большое значение имеет выбор оптимальной структуры посевов кормовых культур.

Данные об эффективности производства кормовых культур представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Экономическая эффективность производства кормовых культур в среднем за 2017-2019гг.

| Культуры | Выход продукции с 1га,т | | | | Себестоимость 1т, руб. | | | Затраты труда на 1т, ч/ч | | | |
|--|----------------------------|------|------|------|------------------------|---------|---------|-----------------------------|------|------|------|
| | физ. масс ы | к.е. | п.п. | кпе | физ. массы | к.е. | кпе | физ. массы | 1га | к.е. | кпе |
| Ячмень- зерно | 3,73 | 4,40 | 0,30 | 3,71 | 4330,01 | 3669,00 | 4365,11 | 4,10 | 15,3 | 0,30 | 4,10 |
| Кукуруза- зерно | 4,36 | 7,15 | 0,31 | 5,12 | 5767,00 | 4304,10 | 3665,01 | 0,81 | 3,49 | 0,50 | 7,11 |
| Кукуруза на силос | 16,20 | 3,08 | 0,23 | 2,69 | 968,02 | 5095,00 | 5829,10 | 0,41 | 6,48 | 2,11 | 2,40 |
| Люцерна на сено | 3,43 | 1,58 | 0,81 | 1,69 | 2399,01 | 5215,11 | 4869,00 | 2,50 | 8,57 | 5,41 | 5,10 |
| Суданская трава на зеленый корм | 9,49 | 1,61 | 0,39 | 2,76 | 953,10 | 5606,02 | 3277,12 | 0,41 | 3,61 | 2,21 | 1,30 |

В 2019 году выход молока на 1 ц к. е. по предприятию составил 0,31ц, мяса КРС – 0,11ц, сумма валовой продукции животноводства в расчете на суммарную стоимость производства кормов была равна 1,82 руб.

Дальнейший рост поголовья всех видов скота не имеет смысла без его улучшения продуктивных качеств. Одной из основных проблем при выращивании молодняка сельскохозяйственных животных является иммунный дефицит.

Переход к адаптивной интенсификации производства обеспечивает полное вовлечение ресурсов окружающей природной среды на основе биологизации и экологизации процессов интенсификации. Это дает возможность снижать антропогенное воздействие на окружающую среду, сочетая эффективное и экологически целесообразное использование природно-ресурсного потенциала предприятия.

Применение всех видов удобрений должно осуществляться с учетом биологических особенностей культурных растений, климатических условий, плодородия почвы и других мероприятий. Основой ландшафтной системы земледелия являются севообороты адаптивные к типам ландшафтов, почве и климату. Проведена оценка разного соотношения культур с 20% и 40% многолетних трав. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Эколого-энергетическая эффективность севооборотов в среднем за 2017-2019 гг., гДж/га

| Показатель | Доля многолетних трав | |
|--|-----------------------|------|
| | 20% | 40% |
| 1. Энергосодержание полученной энергии | 70,3 | 66,0 |
| 2. Энергозатраты на производство | 16,0 | 14,9 |
| 3. Энергетический эквивалент недополученного урожая | 12,5 | 12,0 |
| 4. Затраты энергии на восстановление плодородия почвы | 5,7 | 4,4 |
| 5. Эколого-энергетический эффект производства | 38,1 | 37,1 |
| 6. Общая эколого-энергетическая эффективность производства | 2,5 | 2,5 |

Сумма затрат на восстановление почвенного плодородия для севооборота с долей многолетних трав 20% в севообороте составляет 35,62%, с долей 40% - 29,53%.

В полевых севооборотах Ростовской области среди зернобобовых культур основной является горох [11]. Наибольшее распространение получили зерно паропропашные севообороты.

Одна из главных причин недостаточного кормления и перерасхода по этой причине кормов на производство животноводческой продукции – недостаток белка в рационах.

Важным источником пополнения белка в кормах является рапс. Семена рапса содержат 18-22% белка, 40-44% масла. Эта культура может использоваться в виде зеленой массы, силоса, гранул, шрота и жмыха.

Площадь озимого рапса 107 га, урожайность культуры 17,6 ц/га. В структуре затрат доля на минеральные удобрения составляет 36,35%. Трудоемкость производства 4.40 ч/ч на 1 га, материалоемкость 0,80, окупаемость затрат 124,6%.

Заключение

Анализ структуры кормов показывает, что качественным недостатком концентрированной группы кормов является все еще низкая доля в их составе комбикормов. Удельный вес комбикормов (по питательности) в составе концентрированных кормов колеблется в пределах 4-6%. Следствием этого является то, что 94-96% зернофуража скармливается в натуральном виде, что зоотехнически необоснованно, а экономически не выгодно.

В удешевлении кормов, снижении себестоимости кормовой единицы значима механизация кормопроизводства и кормоиспользования. При интенсивном ведении земледелия важно повышение биологической продуктивности земельных угодий. Важное значение имеет оптимальная структура посевных площадей, рациональное соотношение почвоулучшающих культур в севооборотах.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Елисеев В.В. Мониторинг почв Ростовской области / В.В. Елисеев, Н.А. Рябцева // В сборнике: Проблемы рационального природопользования и пути их решения: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 45-летию ФГБОУ ВО «ДГТУ». 2018. С. 118-120.
2. Финенко В.В. Эффективное ведение производства в новых условиях хозяйствования / В.В. Финенко, Т.Г. Косенко // Молодежная наука 2014: технологии, инновации: материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. С. 374 -375.
3. Пимонов, К.И. Вайда красивая: монография / К.И. Пимонов, С.П. Токарева; Донской ГАУ. Персиановский: Донской ГАУ, 2018. 216 с.
4. Определение потребности в семенах и размещение семян на длительное хранение Петрова А.М., Пойда В.Б. В сборнике: Актуальные проблемы науки и техники. Инноватика// Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. 2020. С. 105-108.
5. Косенко М.А. Оценка приемов производства редьки европейской. В сборнике: Современные экономические системы в условиях глобализации: состояние и перспективы развития / Косенко М.А. Материалы международной научно-практической конференции. 2017. С. 183-187.
6. Агафонов Е. В. Особенности системы земледелия и баланс НРК в Ростовской области / Е. В. Агафонов, В. В. Турчин, А. А. Громаков, Р. А. Каменев // Плодородие. 2015. №5. С. 35-36.
7. Нестеров Д.Н., Соловьёва Е.М. Влияние органоминеральных удобрений и регуляторов роста на продуктивность ярового ячменя Современные научные исследования и инновации. 2016. № 3 (59). С. 257-260.
8. Сопельченко, О.А. Экономическая оценка применения компоста из куриного помета под кукурузу на черноземе южном Ростовской области / О.А. Сопельченко, Р.А. Каменев, В.В. Турчин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2018. - № 2. С. 98-103.
9. Косенко Т.Г. Особенности регионального природо-пользования В сборнике: Прогнозирование инновационного развития национальной экономики в рамках рационального природопользования Материалы V Международной научно-практической конференции: в 3-х частях. 2016. с. 180-192.
10. Косенко М.А. Селекция корнеплодов семейства капустные / Косенко М.А. // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2018. № 4-1 (30). С. 39-44.
11. Ситало Г.М. Экономическая и биоэнергетическая эффективность применения биопрепаратов при возделывании гороха Зерновое хозяйство России. 2018. № 2 (56). С. 54-57.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Eliseev V. V., Ryabtseva N. A. Monitoring of soils of the Rostov region // In the collection: Problems of rational nature management and ways to solve them: collection of materials of the all-Russian scientific and practical conference dedicated to the 45th anniversary OF DSTU. 2018. Pp. 118-120.
2. Finenko V. V., Kosenko T. G. Effective production management in new economic conditions // Youth science 2014: technologies, innovations: materials of the all-Russian scientific and practical conference of young scientists, postgraduates and students. Perm, 2014. Pp. 374 -375.
3. Pimonov, K. I. Vayda krasilnaya: monograph [Text] / K. I. Pimonov, S. p. Tokareva; Donskoy GAU. - Persianovsky: Donskoy GAU, 2018. 216 p.
4. Determination of the need for seeds and placement of seeds for long-term storage Petrov a.m., poida V. B. in the collection: Actual problems of science and technology. Innovation// Collection of articles based on the materials of the international scientific and practical conference. 2020. Pp. 105-108.
5. Kosenko M. A. Evaluation of European radish production techniques. In the collection: Modern economic systems in the context of globalization: state and prospects of development / Kosenko M. A. Materials of the international scientific and practical conference. 2017. Pp. 183-187.
6. Agafonov E. V., Turchin V. V., Gromakov A. A., Kamenev R. A. Features of the farming system and the NPK balance in the Rostov region // Fertility. 2015. No. 5. P. 35-36.
7. Nesterov D. N., Solovieva E. M. Influence of organomineral fertilizers and growth regulators on the productivity of spring barley Modern scientific research and innovation. 2016. no. 3 (59). Pp. 257-260.
8. Sopolchenko, O. A. Economic assessment of the use of compost from chicken droppings for corn on the southern Chernozem of the Rostov region / O. A. Sopolchenko, R. A. Kamenev, V. V. Turchin // Bulletin of Michurinsky state agrarian University. 2018. - № 2. Pp. 98-103.
9. Kosenko T. G. Features of regional nature use in the collection: Forecasting of innovative development of the national economy within the framework of rational nature management Materials of the V International scientific and practical conference: in 3 parts. 2016. pp. 180-192.
10. Kosenko M. A. Selection of root crops of the cabbage family / Kosenko M. A. // Bulletin of the don state agrarian University. 2018. № 4-1 (30). Pp. 39-44.
11. Sitalo G. M. Economic and bioenergetic efficiency of the use of biologics in the cultivation of peas Grain economy of Russia. 2018. no. 2 (56). Pp. 54-57.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.028>**СЕЛЕКЦИЯ ЗЕРНОВОГО, САХАРНОГО СОРГО И СУДАНСКОЙ ТРАВЫ НА КРУПНОЗЕРНОСТЬ**

Научная статья

Костылев П.И.^{1*}, Костылева Л.М.²¹ORCID: 0000-0002-4371-6848;² ORCID: 0000-0003-3078-2296;^{1,2}Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ

г. Зерноград, Россия

* Корреспондирующий автор (p-kostylev [at] mail.ru)

Аннотация

В статье представлены результаты изучения наследования ряда признаков у гибридов первого и второго поколения от скрещивания крупнозерного образца IS-12198 с зерновым сорго Солнечное 85, сахарным – Зерноградский янтарь и суданской травой Д-1-90-12. Исследования были проведены в Малом государственном унитарном научно-производственном предприятии «Сорс» в 1993-1994 гг. Метеорологические условия были благоприятными для роста и развития растений сорго, хотя и различались по годам.

Анализ F₁ показал промежуточное наследование по продолжительности вегетационного периода и массе 1000 зерен, а по высоте растений, длине и массе метелки – доминирование и сверхдоминирование больших величин. Средние значения гибридов F₂ почти по всем признакам были ниже, чем у F₁, что обусловлено снижением гетерозиса из-за того, что часть генов перешла в гомозиготное состояние. Отличия по количеству генов между родительскими формами были разными в зависимости от комбинации. По высоте растений различия были в 0-2 гена, по вегетационному периоду – в 1-2, по длине метелки – в 0-1, по ширине метелки – в 0-1, по массе метелки – в 1-3, по массе 1000 зерен – в 2-6 генов. В процессе работы были отобраны скороспелые низкорослые линии с компактной плотной метелкой и крупным (до 60 г) зерном. Из них были выделены чистые линии, прошедшие испытание в контрольном питомнике.

Ключевые слова: сорго, сорт, гибрид, наследование, гетерозис, урожайность**SELECTION OF GRAIN, SUGAR SORGHUM AND SUDAN GRASS FOR LARGE-SEEDING**

Research article

Kostylev P.I.^{1*}, Kostyleva L.M.²¹ ORCID :0000-0002-4371-6848;² ORCID: 0000-0003-3078-2296;^{1,2}Azov-Black Sea Engineering Institute FSBEI HE Don SAU

* Corresponding author (p-kostylev [at] mail.ru)

Abstract

The article presents the results of studying the inheritance of a number of traits in hybrids of the first and second generation from crossing a large-grain sample IS-12198 with grain sorghum Sunny 85, sugar sorghum - Zernogradsky amber and sudan grass D-1-90-12. Analysis of F₁ showed intermediate inheritance in length of the growing season and 1000-grain weight, and plant height, length and panicle weight – dominance and overdominance large quantities. The average values of F₂ hybrids were lower in almost all respects than in F₁, due to a decrease in heterosis due to the fact that some of the genes switched to a homozygous state. Differences in the number of genes between the parent forms were different depending on the combination. The differences in plant height were 0-2 genes, in the growing season-1-2, in the length of the panicle-0-1, in the width of the panicle-0-1, in the mass of the panicle-1-3, in the mass of 1000 grains – 2-6 genes. In the process of work, precocious low-growth lines with a compact dense panicle and large (up to 60 g) grain were selected.

Keywords: sorghum, variety, hybrid, inheritance, heterosis, yield**Введение**

Производство зерна сорго зависит от условий окружающей среды, технологии выращивания и генетических факторов. Экономически важным признаком является размер зерна, который вносит вклад в урожай прямо и косвенно через прорастание, развитие и рост проростка, формирование растения. По данным ряда авторов, крупнозерные образцы сорго более урожайны [1]. Кроме того, из крупного зерна получается крупа лучшего качества, увеличивается ее выход. Размер семян является ключевым признаком у большинства растений и тесно связан с экологией и domestikацией [2]. Крупные семена содержат больше питательных веществ, их легче собирать и перерабатывать для использования [3]. Размер зерна и его доля в биомассе (индекс урожая) были основной целью при окультуривании многих видов, что обеспечили значительный прогресс в улучшении их урожайности [4].

Voigt R.L. et al. (1966) исследовали крупносемянный сорт сорго "Big Seed", мелкосемянный "Norghum", и их гибриды F₁ и F₂. Действие генов оказалось почти полностью аддитивным. Доказательства доминирования или эпистаза как важного фактора, влияющего на размер семян, отсутствовали. Как минимум 3 или 4 гена, главным образом, аддитивных по своему эффекту, контролируют размер семени. Наследуемость составила 60%, что указывает на возможность значительного прогресса в изменении среднего размера семян путем отбора крупносемянных растений [5].

Shinde и Sudewad (1980) сообщили о частичном доминировании более крупного размера семян по сравнению с меньшим и наблюдали аддитивное действие генов [6].

При изучении наследования размера семян у гибридов от скрещиваниях популярного сорта Rabi M 35-1 с двумя крупнозерными африканскими генотипами было установлено, что наоборот, малый размер семян частично доминировал над большим. Генное взаимодействие было преимущественно аддитивным [7].

Анализ распределения частот у гибридов показал, что размер зерна определяется полигенами. Преобладание доминантных и эпистатических взаимодействий указывает на то, что отбор линий с более крупными зернами более эффективен в поздних поколениях самоопыленных гибридов [8].

Было также показано, что признак крупнозерности определяется 3-4 аддитивными рецессивными генами. Меньшее количество рецессивных аллелей вызывает уменьшение размеров зерновок [9].

Большинство существующих в нашей стране сортов имеют массу 1000 зерен около 20 г, некоторые зерновые сорта достигают 40 г. В то же время, в мировом ассортименте имеются образцы с массой 1000 зерен до 90 г [10].

Как аддитивный, так и неаддитивный тип действия генов управляет морфологическими (форма и компактность метелки) и агрономическими признаками (высота растения и масса 1000 семян) и, следовательно, важно использовать селекцию для улучшения этих признаков и повышения урожайности и качества зерна сорго [11].

За последнее десятилетие фундамент генетических ресурсов сорго значительно расширился и в настоящее время служит основным компонентом для его улучшения. В то время как исследования идентифицировали QTL / гены для важных агрономических и адаптивных признаков, дополнительные генетические вариации остаются неопределенными и, следовательно, не используются в полной мере [12].

Четкое представление о генетическом контроле хозяйственно-значимых признаков у широкого набора сортов имеет большое значение для успешного подбора исходного материала для селекции сорго.

Цель данной работы заключается в создании линий сорго с крупным зерном, путем гибридизации и отбора и получении информации о наследовании размера зерна и других количественных признаков.

Материалы и методы

Исследования были проведены в Малом государственном унитарном научно-производственном предприятии «Сорс» в 1993-1994 гг., но они не были опубликованы, хотя и не потеряли своей актуальности в настоящее время. Метеорологические условия в целом были благоприятными для роста и развития растений сорго, хотя и различались по годам. В 1993 году было прохладно, сумма температур воздуха выше 15°C за период вегетации (май-сентябрь) составила 2753°C, при норме 2959°C. 1994-й год был близким к средним значениям – 2965°C. Сумма атмосферных осадков в 1993 г. за 5 месяцев составила 297 мм, что на 37 мм выше среднемноголетних значений (260 мм). Самым сухим был 1994 год с количеством осадков 140 мм. ГТК составил в 1993 г. – 1,08, в 1994 г. – 0,47.

Для анализа были взяты растения трех гибридных комбинаций между контрастными по фенотипу и происхождению сортами. Крупнозерное, высокорослое, позднеспелое, фотонейтральное, хлебное сорго из Эфиопии IS-12198 было скрещено со скороспелым, низкорослым зерновым сорго Солнечное 85, сахарным сорго Зерноградский янтарь и скороспелой суданской травой Д-1-90-12.

Гибридизацию и выращивание гибридов проводили на полях Зерноградского района Ростовской области. Определяли продолжительность периода «всходы-цветение», высоту растений, длину, ширину и массу метелок, массу 1000 зерен. Для промеров использовали все растения F₁ в пределах комбинации и от 400 до 1000 растений F₂. Вычисляли степень доминирования, фенотипическую и генотипическую вариацию, коэффициент наследуемости, количество генов, по которым различались родители.

Результаты исследований

Нами были получены гибриды крупнозерного образца с представителями трех групп сорго: зерновым, сахарным сорго и суданской травой.

По данным Mindaye T.T. et al. (2016) гибриды сорго часто проявляют гетерозис и превосходят лучшие родительские формы по массе 1000 зерен и их количеству на метелке [13], [14]. В работе Kapustin S.I. et al. (2018) были выявлены гибридные комбинации, в которых гетерозис по массе 1000 зерен достиг 11,2-17,1%, тогда как у других наблюдали снижение величины этого признака по сравнению с родительскими формами на 1,6-7,1% [15].

В наших исследованиях анализ F₁ показал промежуточное наследование по продолжительности вегетационного периода и массе 1000 зерен, а по высоте растений, длине и массе метелки – доминирование и сверхдоминирование больших величин (рис. 1, табл. 1).

Генетический анализ F₂ позволил установить частоты распределения гибридных растений по основным признакам и определить количество генов, которым различались родительские формы.

У родительских сортов различия средних значений признаков по годам были незначительны, лишь по некоторым признакам, например, высота растений и масса метелки произошло уменьшение, что связано с засухой 1994 года, а у образца IS-12198 масса 1000 зерен существенно выросла, так как семена лучше вызрели (табл. 1). Средние значения гибридов F₂ почти по всем признакам были ниже, чем у F₁, что обусловлено снижением гетерозиса из-за того, что часть генов перешла в гомозиготное состояние.

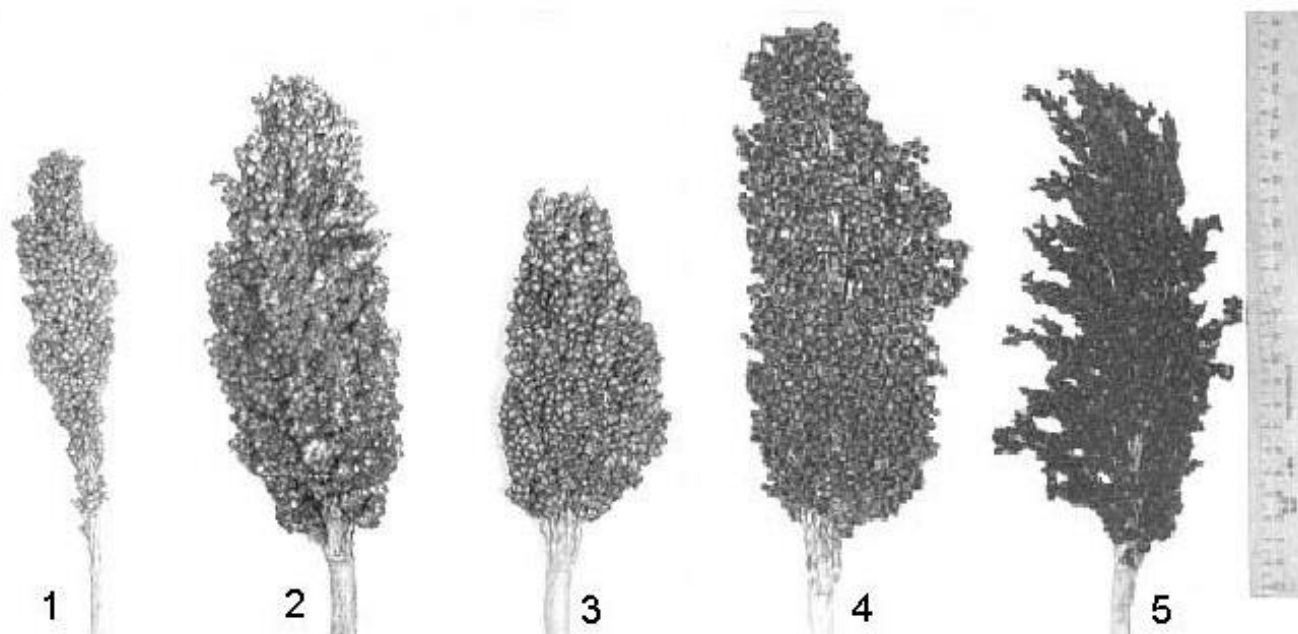


Рис. 1 – Метелки сортов и гибридов сорго: 1) Солнечное 85, 2) F₁ Солнечное 85 x IS-12198, 3) IS –12198, 4) F₁ IS-12198 x Зерноградский янтарь, 5) Зерноградский янтарь

Таблица 1 – Характеристика родительских сортов сорго и их гибридов F₁–F₂ с крупнозёрным образцом IS-12198

| Сорт, гибрид | Покое ение* | Высота растений, см | Дней до цветени я 50% | Длина метелки, см | Ширина метелки, см | Масса метелки, г | Масса 1000 зерен, г |
|------------------------------------|----------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|
| IS –12198 | 1 | 215 | 90 | 17,0 | 7,7 | 110,0 | 43,0 |
| | 2 | 162 | 91 | 14,0 | 7,0 | 82,0 | 51,0 |
| Солнечное 85 | 1 | 122 | 60 | 20,0 | 3,2 | 26,2 | 27,3 |
| | 2 | 81 | 58 | 16,0 | 3,0 | 12,4 | 30,2 |
| Зерноградский янтарь | 1 | 235 | 80 | 24,4 | 5,9 | 66,7 | 22,6 |
| | 2 | 177 | 70 | 24,2 | 5,5 | 42,8 | 20,8 |
| Суданская трава Д-1-90-12 | 1 | 210 | 58 | 27,7 | 2,0 | 5,5 | 13,5 |
| | 2 | 172 | 54 | 26,0 | 2,0 | 3,0 | 13,5 |
| Солнечное 85 × IS-12198 | 1 | 214 | 76 | 22,0 | 7,1 | 110,7 | 37,4 |
| | 2 | 108,4 | 73 | 15,2 | 5,4 | 58,6 | 36,2 |
| IS-12198 × Зерноградский янтарь | 1 | 270 | 85 | 25,2 | 9,0 | 135,8 | 26,1 |
| | 2 | 115,2 | 88 | 17,9 | 6,2 | 46,6 | 27,9 |
| IS-12198 × Д-1-90-12 | 1 | 310 | 70 | 29,7 | 8,3 | 51,6 | 30,2 |
| | 2 | 143,2 | 76 | 21,1 | - | 27,2 | 24,7 |

*Примечание: 1 – 1993 г. (у гибридов - F₁), 2 – 1994 г. (F₂)

Типы наследования шести количественных признаков представлены в таблице 2. В F₂ для признаков масса 1000 зерен, продолжительность вегетационного периода (всходы - цветение) было установлено полудоминирование, а для признаков: высота растений, длина, ширина и масса метелки – доминирование большего значения или сверхдоминирование.

Таким образом, истинный гетерозис наблюдался по таким важным в хозяйственном отношении признакам, как высота растений, длина и масса метелки. Особенно хорошо он проявился у гибрида с сахарным сорго IS-12198 x Зерноградский янтарь.

Таблица 2 – Типы наследования количественных признаков гибридов в F₂, 1994 г.

| Признаки | Степень доминирования | Варианса | | Коэффициент наследуемости | Число генов |
|---------------------------------|-----------------------|----------------|----------------|---------------------------|-------------|
| | | фенотипическая | генотипическая | | |
| Солнечное 85 x IS-12198 | | | | | |
| Период вегетации | 0,07 | 79,1 | 78,1 | 98,7 | 2,0 |
| Высота растений | 0,98 | 737,6 | 583,8 | 79,2 | 1,7 |
| Длина метелки | 2,33 | 8,7 | 7,4 | 85,0 | 0,05 |
| Ширина метелки | 0,73 | 2,8 | 2,6 | 92,1 | 0,8 |
| Масса метелки | 1,37 | 1128,0 | 760,6 | 67,4 | 1,0 |
| Масса 1000 зерен | 0,29 | 38,6 | 37,3 | 96,6 | 1,5 |
| IS-12198 x Зерноградский Янтарь | | | | | |
| Период вегетации | 0,00 | 103,7 | 101,7 | 98,1 | 0,7 |
| Высота растений | 4,50 | 1149,3 | 991,6 | 86,3 | 0,03 |
| Длина метелки | 1,22 | 14,5 | 13,3 | 91,7 | 1,1 |
| Ширина метелки | 2,44 | 2,7 | 2,3 | 86,8 | 0,2 |
| Масса метелки | 3,50 | 496,0 | 126,7 | 25,5 | 0,5 |
| Масса 1000 зерен | -0,66 | 25,6 | 24,5 | 95,7 | 4,5 |
| IS-12198 x D-1-90-12 | | | | | |
| Период вегетации | -0,25 | 84,6 | 83,1 | 98,2 | 2,1 |
| Высота растений | 39,00 | 1635,2 | 1469,7 | 89,9 | 0,01 |
| Длина метелки | 1,37 | 27,7 | 26,7 | 96,8 | 0,5 |
| Ширина метелки | 1,21 | - | - | - | - |
| Масса метелки | 0,00 | 305,4 | 196,9 | 64,5 | 2,6 |
| Масса 1000 зерен | -0,15 | 32,2 | 31,0 | 96,3 | 5,6 |

Коэффициент наследуемости колебался от 25,6 до 98,7 %. Низкая наследуемость была у признака масса метелки, наиболее высокая – у признаков масса 1000 зерен и продолжительность вегетационного периода.

Birhan T. et al. (2020) отметили высокую наследуемость для индекса урожая метелок и массы 1000 семян; следовательно, при отборе по этим признакам ожидается хороший результат [16].

Отличия по количеству генов между родительскими формами были разными в зависимости от комбинации. Чем больше фенотипически различались родители, тем большим числом генов определялся признак. По высоте растений различия были в 0-2 гена, по вегетационному периоду – в 1-2, по длине метелки – в 0-1, по ширине метелки – в 0-1, по массе метелки – в 1-3, по массе 1000 зерен – в 2-6 генов.

Наибольшие различия по числу генов, определяющих массу 1000 зерен, были между IS-12198 и суданской травой D-1-90-12 (6 генов). При таких различиях вероятность отбора в F₂ линий с массой 1000 зерен как у IS-12198 равна 1/4096. В связи с тем, что объем популяций F₂ составлял 400-1000 растений, оказалось возможным отобрать крупнозерновые формы только в комбинации Солнечное 85 х IS-12198, где различия между родителями были небольшими. В процессе работы была отобрана скороспелая низкорослая линия (1480/95) с компактной плотной метелкой и крупным (до 60 г) зерном, т.е. сочетающая лучшие признаки обоих родителей. В других комбинациях были отобраны гетерозиготные формы с укрупненной промежуточной зерновкой. Работа с ними продолжалась в следующих поколениях.

Во втором поколении наблюдался широкий размах изменчивости по всем изучаемым признакам, часто с трансгрессиями, особенно по признакам «длина и масса метелки», значительно превышая родительские значения.

Кривые распределения частот признаков в основном были симметричными, например, по высоте растений, ширине метелки, массе 1000 зерен (рис. 2) и другим, что свидетельствует об аддитивном характере наследования.

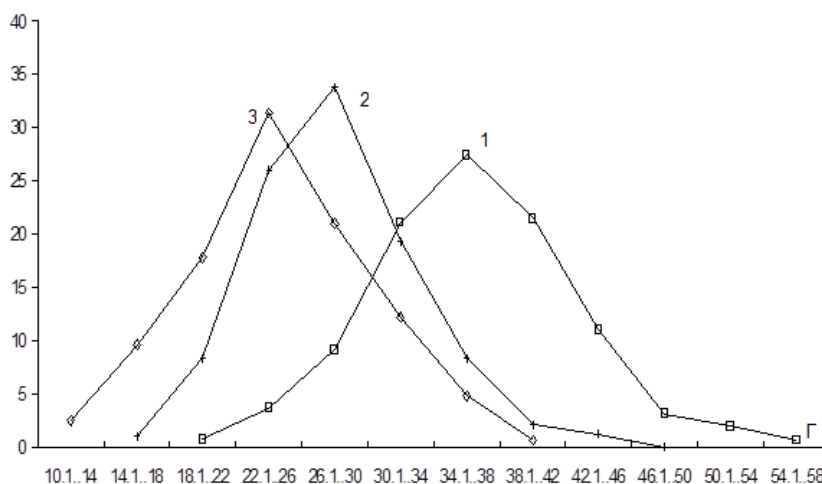


Рис. 2 – Распределение растений по массе 1000 зерен в F₂ у гибридов: 1) Солнечное 1/5 х IS-12198, 2) IS-12198 х Зерноградский янтарь, 3) IS-12198 х D-1-90-12

Иногда наблюдалась лево- или правосторонняя асимметрия, указывающая на доминирование меньшего или большего признака, например по массе метелки, по длине верхнего междоузлия, а для гибрида с суданской травой - по высоте растений. В 3-м поколении расщепление признаков продолжалось, но уже в меньшей степени, чем во 2-м. Из потомства растений со средним размером зерна продолжали выщепляться растения с величиной зерновок как у IS-12198, которые послужили исходным материалом для создания скороспелых крупнозерных образцов.

Селекционная работа с ними была продолжена до 1997 года, после чего образцы были переданы во ВНИИ сорго (в настоящее время АНЦ «Донской»). Из них были выделены чистые линии, прошедшие испытание в контрольном питомнике, однако при отсутствии преимуществ в урожайности над стандартами и необходимостью длительной сушки крупного зерна новые сорта из них не были созданы. Материал поддерживается в коллекции.

Выводы

1. Проведена гибридизация трех российских сортов сорго с крупнозерным образцом IS-12198 (ICRYSAT, Индия) (масса 1000 зерен 43-51 г) с последующим генетическим анализом ряда признаков.

2. Анализ F₁ показал промежуточное наследование по продолжительности вегетационного периода и массе 1000 зерен, а по высоте растений, длине и массе метелки - доминирование и сверхдоминирование наибольших величин.

3. Генетический анализ F₂ позволил установить частоты распределения гибридных растений по основным признакам и определить количество генов, которым различались родительские формы.

4. Во втором и последующих поколениях отобраны линии, сочетающие скороспелость и низкорослость с урожайными метелками, несущими крупное зерно. Из них были выделены чистые линии, прошедшие испытание в контрольном питомнике.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Miller F.R. Relationship of kernal size and yield in sorghum / F.R. Miller // Grain sorghum research and utilization conference, 1975. – P. 120-127.
2. Moles A.T. A brief history of seed size / A.T. Moles, D.D. Ackerly, C.O. Webb, J.C. Tweddle, J.B. Dickie, et al. // Science, 2005. – 307. – P. 576-580.
3. Gao S.J. Analysis of gene effects on yield characteristics in sorghum / S.J. Gao // Hereditas (Beijing), 1993. – 15(2). – P. 25-27.
4. Miller F.R. Genetic contributions to yield gains in sorghum, 1950 to 1980 / F.R. Miller, Y. Kebede // Genetic Contributions to Yield in Five Major Crop Plants, Madison, 1984. – P. 1-14.
5. Voigt R.L. Inheritance of seed size in Sorghum, *Sorghum vulgare* Pers. / R.L. Voigt, C.O. Gardner, O.J. Webster // Crop Science, 1966. – Vol. 6. – Iss. 6. – P. 582-586. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600060026x>
6. Shinde V. K. Inheritance of grain yield and seed size in four crosses of sorghum / V.K. Shinde, S.N. Sudewad // Sorghum News Lett., 1980. – 23. – P. 19.
7. Biradar B.D. Inheritance of seed size in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench. / B. D. Biradar, R. Parameshwarappa, S.S. Patil, P. Parameshwargoud // Crop Res., 1996. – 11(3). – P. 331-337.
8. Audilakshmi S. Genetic analysis of physical grain quality characters in sorghum / S. Audilakshmi, C. Aruna // The J. Agric. Sci., 2005. – 143. – P. 267-273.
9. Keshava Reddy A. Genetic analysis of shoot fly resistance, drought resistance and grain quality component traits in rabi sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] / A. Keshava Reddy // Thesis submitted to the University of Agricultural Sciences, Dharwad, 2007. – 79 pp.
10. Doggett H. Hybrid grain sorghum for Eastern and South Africa / H. Doggett // Field Crop Abstr., 1965. – Vol. 18. – P. 71.
11. Mohammed R. Quantitative genetic analysis of agronomic and morphological traits in sorghum, *Sorghum bicolor* / R. Mohammed, A.K. Are, R. Bhavanasi, R.S. Munghate, P.B.K. Kishor, H.C. Sharma // Front Plant Sci., 2015. – 6. – P. 945. doi: 10.3389/fpls.2015.00945
12. Boyles R.E. Genetic and genomic resources of sorghum to connect genotype with phenotype in contrasting environments / R.E. Boyles, Z.W. Brenton, S. Kresovich // The Plant Journal, 2019. – 97. – P. 19-39.
13. Mindaye T.T. Genetic differentiation analysis for the identification of complementary parental pools for sorghum hybrid breeding in Ethiopia / T.T. Mindaye, E.S. Mace, I.D. Godwin, D.R. Jordan // Theoretical and Applied Genetics, 2015. – 128(9). – P. 1765-1775. doi.org/10.1016/j.cj.2016.06.020
14. Mindaye T.T. Heterosis in locally adapted sorghum genotypes and potential of hybrids for increased productivity in contrasting environments in Ethiopia / T.T. Mindaye, E.S. Mace, I.D. Godwin, D.R. Jordan // The Crop Journal, 2016. – 4(6). – P. 479-489. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cj.2016.06.020>
15. Kapustin S.I. Inheritance of morphological and fertile characters in heterozygous sorghum hybrids / S.I. Kapustin, A.B. Volodin, A.S. Kapustin // Ukrainian Journal of Ecology, 2018. – 8(3). – P. 273-281.
16. Birhan T. Evaluation and genetic analysis of a segregating sorghum population under moisture stress conditions / T. Birhan, K. Bantte, A. Paterson, M. Getenet, A. Gabizew // Journal of Crop Science and Biotechnology, 2020. – 23. – P. 29-38.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.029>

ВЫРАЩИВАНИЕ КОРНЕСОБСТВЕННЫХ САЖЕНЦЕВ ВИНОГРАДА

Научная статья

Майбородин С.В.*

ORCID: 0000-0003-3654-0132,

Донской государственный аграрный университет, п. Персиановский, Россия

*Корреспондирующий автор (maiborodin87[at]mail.ru)

Аннотация

Сложившаяся в современных условиях ситуация с возросшими потребностями виноградарской отрасли в качественном посадочном материале показывает острую необходимость в маточниках интенсивного типа.

Агротехника, проводимая в маточниках интенсивного типа и промышленных виноградниках в целом аналогична, и направлена на создание благоприятных условий активного роста и вызревания однолетнего прироста. В статье раскрыта методика выращивания корнесобственных саженцев винограда в маточниках интенсивного типа в рамках производственных хозяйств.

Ключевые слова: посадка, черенок, корень, насаждения, виноград.

GROWING OWN-ROOTED GRAPE SEEDLINGS

Research Article

Mayborodin S.V.*

ORCID: 0000-0003-3654-0132,

Don State Agrarian University, vil. Persianovsky, Russia

*Corresponding author (maiborodin87 [at] mail.ru)

Abstract

The current situation with the increased needs of the vinicultural industry for high-quality planting material shows an urgent need for intensive-type ovaries.

Agricultural policy that is carried out in intensive-type ovaries and industrial vineyards is generally similar to that, and it is aimed at creating favorable conditions for active growth and the growth of annual growth. The paper discloses a method for growing root-grape seedlings of grapes in mother liquors of an intensive type within the framework of production farms.

Keywords: planting, cuttings, root, plantings, grapes.

Введение

Современные маточные насаждения районированных сортов винограда способны давать до 50 тысяч черенков с 1 га, тогда как их выход с 1 га обычных виноградников составляет 4-6 тысяч шт. [1].

Сортовой состав маточника должен отвечать специализации конкретного хозяйства или зоны, которую обслуживает питомник.

Основная часть

Заготовка черенков заключается в отборе лоз, пригодных для выращивания виноградных саженцев. Их заготавливают сразу после листопада, до наступления осенних заморозков.

Корнесобственные виноградные саженцы выращивают чаще всего из черенков длиной 45-60 см (4-6 узлов), а при ускоренном размножении ценных и новых сортов часто используют укороченные черенки (1-3 глазка) [2].

При заготовке лозы оценивают их качество. Черенки подсохшей лозы плохо приживаются, и дают низкий результат выхода саженцев из школки. У свежесрезанной вызревшей лозы ткани луба и конусы глазков на срезе ярко-зеленоватого цвета, а при изгибании слышан треск от разрыва волокон мягкого луба [3].

Заготовке подлежат однолетние лозы без признаков повреждений, достаточно одревесневшие, с нормальной длиной междоузлий (8-15 мм) и толщиной (5-12 мм). Длина заготавливаемых черенков должна быть кратной глубине посадки и еще плюс 20 см. Наиболее часто при осенней заготовки длина лоз составляет 100-110 см [4].

Заготовленные черенки хранят в специальных хранилищах или траншеях в земле. Лучше всего период покоя протекает при температуре близкой к 0 °С., без опасности замерзания и загнивания глазков. Относительная влажность должна быть 70-80 %. Ширина траншеи 1,5-2,0 м, а глубина 70-100 см. Длина траншеи устанавливается в зависимости от количества посадочного материала. На дно траншеи насыпают рыхлую землю или песок слоем 8-10 см. Для предупреждения появления плесени во время хранения пучки подлежат дезинфекции. Затем их устанавливают на дно траншеи вертикально и вплотную друг к другу [1].

В холодильнике пучки укладывают горизонтально в штабеля высотой до 2,5 м, а сверху и с боков укрывают полиэтиленовой пленкой. Периодически черенки освобождаются от пленки на пару часов для проветривания. Перед укладкой на хранение происходит их замачивание в растворе хинозола или бенлата. После обработки черенки укладывают на песок рядками в 10 см толщиной и пересыпают слоем песка 3-5 см. Для этого используют речной песок влажностью 7-9 % [5].

Часто виноградные черенки в школке плохо приживаются вследствие того, что молодые побеги из почек начинают расти значительно раньше, чем образуется корешки. Образовавшиеся побеги могут погибнуть из-за недостатка влаги и питательных веществ [6]. Чтобы замедлить распускание почек и ускорить корнеобразование применяют различные приемы предпосадочной подготовки черенков: обновление нижних срезов; вымачивание в воде; бороздование; обработка стимуляторами роста; кильчевание; парафинирование/

Срезы обновляют одновременно с нарезкой черенков (за исключением одноглазковых). Совмещение этого приема с бороздованием и кильчеванием дают лучшие результаты.

Влажность черенков позволяет определить физиологическую активность тканей. Дополнительное насыщение водой оказывают решающее влияние на процесс регенерации корней.

Обязательным приемом предпосадочной подготовки является вымачивание черенков в воде. Вымачивать их следует в мягкой проточной воде при температуре 18-20 °С в специальных емкостях, погружая их полностью или частично. Длительность вымачивания зависит от степени подсыхания черенков и может составлять от 2-х до 5 суток [5].

Ускорить корнеобразование помогает бороздование черенков. Непосредственно перед укладкой черенков на кильчевание специальным железным гребешком или пилочкой наносят небольшие продольные раны на периферические ткани нижних узлов [7]. В местах нанесения бороздок появляется раневая ткань, которая ускоряет процесс образования придаточных корней. Бороздование в основном применяется при выращивании корнесобственных саженцев трудноокореняющихся сортов. В широкой практике его применение ограничено из-за трудоемкости выполнения.

Одним из эффективных приемов предпосадочной подготовки черенков, применяемых в питомниководстве – кильчевание. Его применяют для задержания распускания почек и ускорения образования корневых бугорков на пятке черенка. Без кильчевания первой трогается в рост почка (рост побега), а развитие корней задерживается. Такой разрыв зачастую приводит к гибели высаженных черенков еще до начала образования корней из-за истощения запасов влаги и питательных веществ [8].

Кильчевание дает положительные результаты, если придерживаться установленного режима температуры и влажности. Для этого создают неодинаковые условия для верхней и нижней части черенка (метод Н.П. Бузина). Нижнюю часть черенка (пятку) помещают в условия повышенной температуры, а верхнюю в условия пониженной температуры. Кильчевание проводится во влажной среде при хорошем доступе кислорода воздуха и при температуре в пределах 23-25 °С. Продолжительность составляет 15-20 дней. Его считают законченным, не менее чем у 70% черенков образуются корневые бугорки и зачатки коллуса.

Чтобы стимулировать укоренение виноградных черенков применяют стимуляторы роста – химические вещества, ускоряющие отдельные фазы органогенеза.

Опытами Радчевского П.П. установлено, что замачивание трехглазковых черенков сортов Августин, Первенец Магарача, Цитронный, Ляна, Молдова, Виорика, Ритон в течение 24 часов в 0,01% растворе гетероауксина с последующим укоренения их в школке, способствует значительному усилению корнеобразовательной способности [5].

После завершения предпосадочной подготовки приступают к посадке черенков в школку. Для получения здорового посадочного материала важно, чтобы участок занятый школкой не использовался под виноград в течение 10 лет, и был удален от других виноградных насаждений на 500 метров.

Для поддержания плодородия почвы в школке должен применяться орошаемый четырехпольный севооборот: горох - виноградная школка - овощные - озимая пшеница.

Очередное поле севооборота необходимо освобождать от предшественника не позднее августа, чтобы уже в сентябре выполнить плантажную вспашку на глубину 40-50 см., чтобы ниже (пятки) черенка оставался слой рыхлой земли 10-15 см.

Под плантажную вспашку вносят 50-60 т/га навоза, 120-150 кг.д.в/га фосфорных и 150-200 кг д.в./га калийных удобрений [1].

К посадке черенков в школку приступают, когда почва на глубине 30 см достигает 11-12 °С (конец апреля начала мая). Наибольшее распространение получили два способа посадки черенков: посадки в щели залитые водой; посадка в щели, в которые вода подается одновременно с их нарезкой [10].

В большинстве случаев глубина посадки составляет 35-40 см, а над поверхностью почвы оставляют два глазка.

Посадка черенков в ряду производится через 7-10 см друг от друга. После чего их окучивают рыхлой землей. На 1 га школки высаживают 100-130 тыс. черенков при расстоянии между рядами 1-1,2 м.

Операции по уходу за корнесобственными растениями в виноградной школке включают: обработка почвы; орошение; борьба с болезнями и вредителями; уничтожение сорняков; внесение органических и минеральных удобрений; чеканка; катаровка.

По окончании вегетации, когда у растений выросли побеги и образовались развитые корни, саженцы выкапывают. Выкопку проводят осенью после опадения листьев. В большинстве районов к выкопке саженцев приступают после осенних заморозков. Там, где естественного листопада не бывает, перед выкопкой проводят деформацию, используя 1% раствор хлорита магния [10].

Выкапывают саженцы вручную или специальной машиной ПРВН-2,5 с приспособлением ПРВН-15000, агрегатированной с трактором Т-70С.

Саженцы, предназначенные для реализации и осенней посадки, временно прикапывают в заранее подготовленных траншеях прикрывая корневую систему влажной рыхлой землей. Срок такого хранения саженцев не более 10 дней. Саженцы, предназначенные для весенней посадки, отправляют в специальное хранилище. Там их хранят, переслаивая каждый ряд пучков слоем влажного песка. Высота укладки саженцев не более 1,5 м. Над верхним рядом пучков саженцев насыпают влажный песок слоем 20 см. В процессе хранения следят за температурой воздуха в хранилище и влажностью песка.

Заключение

Производство корнесобственных саженцев винограда в питомниках хозяйства имеет большое значение. Выход саженцев при равных затратах от 5 до 8 раз эффективнее в маточных питомниках, в сравнении с промышленными виноградниками, что подтверждает экономическую целесообразность использования их в хозяйствах.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Захарова Е.И. Выращивание посадочного материала винограда / Е.И. Захарова. – Ростов-на-Дону, 1981. – 22 с.
2. Мерджаниан А.С. Виноградарство / А.С. Мерджаниан. – М – Колос, 1967. – 464 с.
3. Виноградарство России: Настоящее и будущее / Е.А. Егоров, А.Е. Аджиев, Ш.Н. Гусейнов и др. – Махачкала, 2004. – 439 с.
4. Негруль А.М. Виноградарство и виноделие / А.М. Негруль. – М: Колос, 1968. – 512 с.
5. Малтабар Л.М. Виноградный питомник (теория и практика) / Л.М. Малтабар, Д.М. Козаченко. – Краснодар, 2009. – 290 с.
6. Практикум по виноградарству: [для с.-х. вузов по спец. "Плодоовощеводство и виноградарство"] / К.В. Смирнов, А.К. Раджабов, Г.С. Морозова. – М. – Колос, 1995. – 271 с.
7. Урсу В.А. Маточники привойных лоз интенсивного типа и ускоренное размножение винограда / В. А. Урсу. – Кишинев: Штиинца, 1989. – 189 с.
8. Виноградное питомниководство Молдавии / И.К. Громаковский, И.Н. Тихвинский, И.И. Терехов и др. – Кишинев: Карта Молдовеняскэ, 1979. – 183 с.
9. Устойчивое производство винограда. Состояние и перспективы развития / Е.А. Егоров, К.А. Серпуховитина, Э.Н. Худавердов. – Краснодар, 2002. – 122 с.
10. Виноградарство с основами виноделия. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. – 472 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zaharova E.I. Vyrashhivanie posadochnogo materiala vinograda [The growing of planting material of grapes] / E. I. Zaharova. - Rostov-na-Donu, 1981. - 22 p. [in Russian]
2. Merzhanian A.S. Vinogradarstvo / A. S. Merjanian. – M: Kolos, 1967. - 464 p. [in Russian]
3. Vinogradarstvo Rossii: Nastoyashhee i budushhee [Viticulture Of Russia: The present and the future] / E. A. Egorov, A. E. Adzhiev, Sh. N. Gusejnov and others. - Mahachkala, 2004. - 439 p. [in Russian]
4. Negrul' A.M. Vinogradarstvo i vinodelie [Viticulture and winemaking] / A. M. Negrul'. - M: Kolos, 1968. - 512 p. [in Russian]
5. Maltabar L.M. Vinogradnyj pitomnik (teoriya i praktika) [Grape nursery (theory and practice)] / L. M. Maltabar, D. M. Kozachenko. Krasnodar, 2009, 290 p. [in Russian]
6. Praktikum po vinogradarstvu: [dlya s.-h. vuzov po spec. «Plodoovoshhevodstvo i vinogradarstvo»] [Workshop on viticulture: [for agricultural universities on spec. "Fruit and vegetable growing and viticulture"]] / K.V. Smirnov, A.K. Radzhabov, G.S. Morozova.-M.-Kolos, 1995. - 271 p. [in Russian]
7. Ursu V.A. Matochniki privojnyh loz intensivnogo tipa i uskorennoe razmnzhenie vinograda [Brooders of grafted vines of intensive type and accelerated propagation of grapes] / V.A. Ursu. – Kishenyov: Shtiinca, 1989. – 189 p. [in Russian]
8. Vinogradnoe pitomnikovodstvo Moldavii [Grape nursery in Moldova] / I. K. Gromakovskij, I. N. Tihvinskij, I. I. Terehov and others. - Kishiniov: Kartya Moldovenyaske, 1979. - 183 p. [in Russian]
9. Ustojchivoe proizvodstvo vinograda. Sostoyanie i perspektivy razvitiya [Sustainable grape production. State and prospects of development] / E.A. Egorov, K.A. Serpuhovitina, E.N. Hudaverdov. - Krasnodar, 2002. - 122 p. [in Russian]
10. Vinogradarstvo s osnovami vinodeliya [Viticulture with the basics of winemaking] - Rostov-na-Donu: Izd-vo SKNC VSH, 2003. - 472 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.030>**МАСЛИЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ – ВАЖНОЕ ЗВЕНО В ДИВЕРСИФИКАЦИИ
ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Научная статья

Нурманов Е. Т.^{1*}, Хамзина Б. Н.²¹ ORCID:0000-0001-5474-5743;² ORCID:0000-0002-7811-5057;^{1, 2} Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, Нур-Султан, Казахстан

* Корреспондирующий автор (nur.erbol[at]inbox.ru)

Аннотация

В статье дается оценка одной из перспективных и ценных масличных культур – горчице, по пригодности ее для диверсификации зернового производства в Северном Казахстане. Показана роль удобрений в повышении продуктивности и качества культур. Предложен способ решения проблем земледелия путем целенаправленного управления плодородием почв, продуктивностью и качеством культур.

Ключевые слова: горчица, нитратный азот, подвижный фосфор, урожайность**OIL CROPS – IMPORTANT LINK IN DIVERSIFICATION OF GRAIN PRODUCTION**

Research article

Nurmanov E.T.^{1*}, Khamzina B. N.²¹ ORCID:0000-0001-5474-5743;² ORCID:0000-0002-7811-5057;^{1, 2} S. Seifullin Kazakh Agro-Technical University, Nur-Sultan, Kazakhstan

* Corresponding author (nur.erbol[at]inbox.ru)

Abstract

The article assesses one of the most promising and valuable oil crops and namely – mustard by its suitability for the diversification of grain production in Northern Kazakhstan. The role of fertilizers in increasing the productivity and quality of crops is shown. A method for solving the problems of agriculture through targeted management of soil fertility, productivity, and quality of crops is proposed.

Keywords: mustard, nitrate nitrogen, mobile phosphorus, productivity.**Введение**

Важнейшей задачей органического земледелия Северного Казахстана, требующей решения, является повышение плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур. Бессменные посевы яровой пшеницы в полевых севооборотах при экстенсивном ведении земледелия не обеспечивают решение ни одной из этих проблем. Их решение – в интенсификации земледелия и диверсификации зернового производства, суть которого заключается в расширении удельного веса других не менее ценных, но более продуктивных культур.

Особую роль в этом могут сыграть масличные культуры и, прежде всего те из них, которые наиболее приспособлены к почвенно-климатическим условиям региона. Одним из таких важных культур является горчица. Это ценная продовольственная культура, отличающаяся высококачественным содержанием масла и витаминов (А, В₆, РР, Д, Е, К, Р), обладающий фитомелиоративными и фитосанитарными свойствами, адаптированной к различным условиям произрастания, даже в неблагоприятных условиях выращивания. Биологические особенности горчицы позволяют ее использовать, как пищевое, лекарственное, кормовое, сидеральное, масличное и медоносное растение. Так, в ее семенах содержится 40–45% масла, обладающего высокими пищевыми достоинствами. Оно широко используется в консервной, кондитерской, парфюмерной, фармацевтической и химической промышленности.

В семенах горчицы содержится 28–32% масла при относительно высоком содержании белка (28–36%). Горчицный жмых употребляется для изготовления столовой горчицы и медицинских горчичников. Одновременно горчица является хорошим медоносом, по сбору высококачественного меда почти не уступающим лучшему медоносному растению – фацелии.

Горчичное масло имеет особый состав жирных кислот: 20–28% олеиновой, 10–12% линолевой кислоты, 9,0–9,5% линоленовой, 30–40% эруковых кислот [1], содержат относительно меньшее количество углеводов [2].

Горчица является хорошим предшественником для зерновых культур, к теплу и почвенным условиям не очень требовательна [3], а также полезна для предотвращения почв от эрозии, борьбы с сорняками, насекомыми-вредителями и болезнями. Горчица имеет мощный стержневой корень, использует влагу и питательные вещества из глубоких слоев почвы. Все это ставит ее в ряд засухоустойчивых культур, хорошо приспособленных к континентальному климату степных районов вегетационным периодом 85–100 дней [4]. При продвижении на север из-за погодных условий вегетационный период сокращается. Это позволяет выращивать горчицу в умеренно-засушливой и степной зонах Северного Казахстана, но и эта культура на истощенных почвах не отличается высокой продуктивностью. Ей, как и любой другой культуре, для реализации полного своего потенциала нужна не только влага, но и пища, дефицит которой отмечается повсеместно. Так, по данным Агрохимслужбы, только около 20% почв страны относительно обеспечены фосфором и азотом, остальные имеют преимущественно низкую обеспеченность, что не позволяет культурам реализовать свой потенциал. Кардинально изменить ситуацию, без применения удобрений невозможно.

Удобрения могут улучшить свойства почв, создать необходимый уровень минерального питания, позволяющий реализовать потенциальные возможности сорта, регулировать химический состав и качество продукции. Для этого

удобрения должны вноситься в строгом соответствии с биологическими требованиями возделываемых культуры, с учетом свойств почвы, ее плодородия и др. факторов [5].

Требования горчицы к условиям минерального питания и их отзывчивость на удобрения в условиях Северного Казахстана изучены недостаточно, особенно в степной зоне. Имеющиеся данные не позволяют выявить закономерности действия удобрений и разработать приемы управления плодородием почв и продуктивностью горчицы, что и явилось целью наших исследований.

Методы проведения исследований

Исследования проводились на южных черноземных карбонатных почвах ТОО «Никольское» Буландинского района Акмолинской области.

Почвенный покров участка представлен черноземами южными карбонатными. Мощность гумусового горизонта почв составляет 45-47 см. Содержание гумуса составляет 3,8%, содержание общего азота 0,25-0,30%, подвижного фосфора – 15-20 мг/кг, калия 35-50 мг/100 г почвы. Реакция почвенного раствора 8,0-8,1. Карбонаты в почве обнаружены с глубины 28-30 см.

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования показали, что продуктивность культур определялось, как погодными условиями года, так и уровнем эффективного плодородия почвы.

По метеоусловиям сельскохозяйственный год был сложным: выпало всего 273 мм осадков, меньше от среднегодовой нормы на 92 мм и крайне неравномерно распределены по месяцам и периодам.

Хорошая увлажненность почвы наблюдалась в апреле месяце, выпало осадков больше на 176% к норме, что благоприятно отразилось в предпосевной период культур.

Июнь и июль были засушливыми, август на уровне среднегодовой нормы, однако наблюдалось неравномерное выпадение по декадам.

По температурному режиму май, июль были прохладными, июль и август - близки к средним показателям.

Все это отразилось на почвенных процессах, условиях минерального питания и особенностях роста и развития сорта горчицы.

Содержание нитратного азота в почве по сортам горчицы было средней обеспеченности (10-11 мг/кг), а содержание подвижного фосфора среднее – 20,5 мг/кг (сорт Рушена), 21,5 мг/кг по сорту Профи. Основное количество фосфора сосредоточено в слое 0-20 см. Под пахотным слоем почвы обнаружены следы фосфора.

Обеспеченность почвы обменным калием высокая (770-826 мг/кг). Больше всего его находится в пахотном слое (0-20 см) почвы.

Таблица 1 – Содержание элементов питания перед посевом сортов горчицы, мг/кг почвы

| Слой почвы, см | Сорт Рушена | | | Сорт Профи | | |
|----------------|---------------------|-------------------------------|------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|
| | N - NO ₃ | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N - NO ₃ | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| 0-20 | 11,0 | 17,1 | 671 | 10,8 | 19,2 | 819 |
| 20-40 | 8,6 | 7,9 | 443 | 8,3 | 7,0 | 475 |
| 0-40 | 9,8 | 9,0 | 557 | 9,6 | 13,1 | 647 |
| 40-60 | 7 | 3,3 | 333 | 5,6 | 0 | 392 |
| 60-80 | 5 | 0,0 | 312 | 4,7 | 0,8 | 317 |
| 80-100 | 2,8 | 0,0 | 305 | 3,2 | 1,6 | 291 |

Применение азотно-фосфорных удобрений способствовало значительному повышению содержания нитратного азота в почве на 2-5 мг/кг за счет активных процессов деятельности микроорганизмов. Фосфорные удобрения также повысили содержание P₂O₅ от 26 до 45 мг/кг. Условия калийного питания складывались благоприятно. На содержании обменного калия внесение азотно-фосфорных удобрений практически не сказалось.

Исследования показали, что, кроме условий питания, на продуктивность сортов горчицы существенное влияние оказывают особенности гидротермического режима текущего года, таблица 2.

Как видно из таблицы, урожай на контроле составил 14,1 (сорт Рушена) и 15,6 ц/га (сорт Профи), внесенные удобрения дали разные результаты.

Таблица 2 – Влияние удобрений на урожайность сортов горчицы (ц/га)

| Внесено, кг д.в. | Сорт Рушена | | | Сорт Профи | | |
|-------------------|-------------------|-----------------------|------|-------------------|-----------------------|------|
| | Урожайность, ц/га | Прибавка урожая, ц/га | % | Урожайность, ц/га | Прибавка урожая, ц/га | % |
| О | 14,1 | | - | 15,6 | | - |
| N30 | 14,0 | -0,1 | - | 15,4 | -0,2 | - |
| N60 | 13,8 | -0,3 | - | 15,2 | -0,4 | - |
| P60 | 19,7 | 5,6 | 39,7 | 16,6 | 1,0 | 6,4 |
| P90 | 20,4 | 6,3 | 44,7 | 19,0 | 3,4 | 21,8 |
| P120 | 20,6 | 6,5 | 46,1 | 19,3 | 3,7 | 23,7 |
| P150 | 20,7 | 6,6 | 46,8 | 20,3 | 4,7 | 30,1 |
| P180 | 20,4 | 6,3 | 44,7 | 22,2 | 6,6 | 42,3 |
| P210 | 17,1 | 3,0 | 21,3 | 18,4 | 2,8 | 17,9 |
| m,% | | 0,32 | | | 1,40 | |
| HCP ₀₅ | | 0,18 | | | 4,15 | |

Повышенные температуры увеличивали напряженность и несбалансированность водообмена растений. В результате это привело к резкому усилению транспирации и снижению продуктивности на азотных вариантах. Урожай по обоим сортам были ниже по сравнению с контрольным вариантом.

Наиболее эффективными для данных культур были фосфорные удобрения, в связи с более острым его дефицитом в почве. Чем меньше P_2O_5 было в почве перед посевом, тем лучший результат дали более высокие дозы. С увеличением содержания подвижного фосфора в почве повысилась и продуктивность урожая горчицы по сортам, в среднем прибавка составила от 1,0 до 6,6 ц/га.

Стабильные прибавки были получены по сорту Рушена, увеличение P_2O_5 в почве до 40 мг/кг дала прибавку до 47%. Дальнейшее насыщение почвы фосфором снизил урожай на 3 ц или 20%.

В условиях степной зоны, самая высокая прибавка в 6,6 ц по обоим сортам формировался при содержании P_2O_5 в слое 0-20 см на уровне 39,7 и 43 мг/кг. Стоит отметить, что по сорту Рушена, с повышением дозы фосфорных удобрений от 90 до 180 кг д.в. прибавки урожая увеличилось всего на 0,3 ц/га. Это говорит о том, что с насыщением почвы подвижным фосфором горчица слабо отреагировала на внесение фосфорных удобрений, что нельзя сказать по сорту Профи.

Заключение

Результаты исследования позволяют сделать вывод о том, что потенциальная эффективность удобрений определялась не столько продуктивной влагой (в конкретном году она одинакова для всех вариантов) сколько исходным содержанием фосфора и минерального азота в почве и их соотношением.

Расчеты экономической эффективности показали, что применение фосфорных удобрений под горчицу высокоокупаемы. По проведенным исследованиям видно, что даже при приросте урожая на 1,0 ц/га (Р60) получен чистый доход на 33600 тг с рентабельностью 129%.

Таким образом, исследования показали, что по своей продуктивности и качеству горчица является вполне достойной культурой для диверсификации зернового производства. Их высокая отзывчивость на удобрения и установленные оптимальные критерии содержания подвижного фосфора в почве, позволяют целенаправленно управлять плодородием почв, обеспечивая высокую продуктивность и качество тем самым решать самые насущные проблемы земледелия

Высокая ценность данной культуры и востребованность на внешнем и внутреннем рынке страны, повышает их роль в диверсификации зернового производства.

Благодарности

Авторы хотели бы выразить глубокую благодарность за оказанную помощь в проведении научно-исследовательской работы генеральному директору ТОО «Никольское» Акмолинской области К.Джанадилову.

Acknowledgement

The authors would like to Express their deep gratitude for the assistance provided in conducting research work to the General Director of "Nikolskoe" LLP of the Akmola region, K.Gandilova.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы

1. Abul-Fadl, M.M. Nutritional and chemical evaluation for two different varieties of mustard seeds / Abul-Fadl, M.M., El-Badry, N. & Ammar, M.S. // *World Appl. Sci. J.*, 15(9), PP.1225–1233.
2. Chowdhury, M.F.N. Evaluation of grain weight, moisture, drymatter, oil cake, β -carotene, oil constant and aflatoxin content of different varieties and advanced lines of mustard and rapeseed / Chowdhury, M.F.N., Ahmed, K.U., Hosen, M., Paul, R.K. & Bhattacharjya, D.K. (2014) // *IOSR-JAVS.*, 7(6), PP.34–39.
3. Гузев А.И. Урожайность и качество семян горчицы сизой в зависимости от предшественников, способов основной обработки почвы и норм высевы на каштановых почвах Саратовского Заволжья: Дис.канд. с.-х. наук: 06.01.09: Ставрополь, 2004. - 147 с.
4. Радченко В.И. Влияние минеральных удобрений на формирование урожая горчицы сарептской на обыкновенном черноземе: Дис.канд. с.-х. наук: 06.01.09: Саратов, 1999. - 190 с.
5. Уразалиев Р.А. Диверсификация зернового производства Казахстана // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана - № 1. - 2005. - С.18-21.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Abul-Fadl, M.M. Nutritional and chemical evaluation for two different varieties of mustard seeds. // Abul-Fadl, M.M., El-Badry, N. & Ammar, M.S. // *World Appl. Sci. J.*, 15(9), PP.1225–1233.
2. Chowdhury, M.F.N. Evaluation of grain weight, moisture, drymatter, oil cake, β -carotene, oil constant and aflatoxin content of different varieties and advanced lines of mustard and rapeseed. / Chowdhury, M.F.N., Ahmed, K.U., Hosen, M., Paul, R.K. & Bhattacharjya, D.K. // *IOSR-JAVS.*, 7(6), PP.34–39.
3. Guzev A.I. Urozhaynost i kachestvo semyan gorchitsy sizoi v zavisimosti ot predshestvennikov, sposobov osnovnoi obrabotki pochvy i norm vyseva na kashtanovykh pochvakh Saratovskogo Zavolzhyia: Dis.kand. s.-kh. nauk: 06.01.09 [Productivity and Quality of Seeds of Brown Mustard, Depending on the Predecessors, Methods of the Main Tilling and Seeding Rates on Chestnut Soils of the Saratov Trans-Volga Region: Thesis of PhD in Agr.: 01/06/09] Stavropol, 2004. -- 147 p. [in Russian]
4. Radchenko V.I. Vliyanie mineralnykh udobrenii na formirovanie urozhaya gorchitsy sareptskei na obyknovennom chernozeme: Dis.kand. s.-kh. nauk: 06.01.09 [Effect of Mineral Fertilizers on the Formation of the Crop of Mustard on Ordinary Blacksoils: Thesis of PhD in Agr.: 01/06/09] Saratov, 1999. – 190 p. [in Russian]
5. Urazaliev R.A. Diversifikatsiya zernovogo proizvodstva Kazakhstana [Diversification of Grain Production in Kazakhstan] // Vestnik Selskogo khoziaystva Kazakhstana [Bulletin of Agricultural Science of Kazakhstan – No.1. – 2005. – P.18-21. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.031>**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОДНОЛЕТНИХ
КОРМОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ О. САХАЛИН**

Научная статья

Чувиллина В.А.*

ORCID: 0000-0003-0180-1849,

Сахалинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, г. Южно-Сахалинск, Россия

* Корреспондирующий автор (solovushka.06[at]mail.ru)

Аннотация

Представлены результаты исследований продуктивности, биохимического состава, протеиновой и энергетической ценности смешанных фитоценозов однолетних кормовых культур на основе овса, вики и рапса. В среднем за три года исследований кормовая продуктивность варьировала в пределах: 36,1-45,8 т/га зеленой массы, 4,3-5,9 сухого вещества, 0,74-0,84 сырого протеина, 3,5-5,1 т/га кормовых единиц и 47,7-59,0 ГДж/га обменной энергии в зависимости от компонентного состава фитоценоза и срока уборки. Чистый энергетический доход от возделывания однолетних фитоценозов составил 35,16-51,79 ГДж/га. Коэффициенты энергетической эффективности и КПД посева однолетних фитоценозов подтвердили эффективность их возделывания в условиях муссонного климата островного региона. Максимальный КПД посева и самая низкая энергетическая себестоимость получены у двухкомпонентного овсяно-рапсового фитоценоза при уборке в фазу цветения (полного колошения).

Ключевые слова: однолетние фитоценозы, овес, вика, рапс, кормовая продуктивность, качество, энергетическая эффективность, КПД посева, энергетическая себестоимость.

**ENERGY EFFICIENCY OF CULTIVATION ONE YEARS FORAGE PHYTOCENOSIS
UNDER CONDITIONS OF SAKHALIN ISLAND**

Research Article

Chuvilina V.A. *

ORCID: 0000-0003-0180-1849,

Sakhalin Agricultural Research Institute, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

*Corresponding author (solovushka.06[at]mail.ru)

Abstract

The author presents the results of studies on productivity, biochemical composition, protein, and energy value of mixed phytocenoses of annual forage crops based on oats, vetch, and rape. Over three years of research, feed productivity on average varied between 36.1-45.8 t/ha of green mass, 4.3-5.9 dry matter, 0.74-0.84 raw protein, 3.5-5, 1 t/ha of feed units and 47.7-59.0 GJ/ha of exchange energy, depending on the composition of the phytocenosis and the harvesting period. The net energy income from the cultivation of annual phytocenoses was 35.16-51.79 GJ/ha. Energy efficiency factors and planting efficiency of annual phytocenoses confirmed the efficiency of their cultivation in the monsoon climate of the island region. The maximum sowing efficiency and the lowest energy cost were obtained from a two-component oat-rape rapeseed phytocenosis during harvesting in the flowering phase (a full earing).

Keywords: annual phytocenoses, oats, vetch, rapeseed, feed productivity, quality, energy efficiency, sowing efficiency, energy cost.

Введение

Основным источником получения кормов в Сахалинской области является полевое кормопроизводство. Несмотря на то, что площадь посевов кормовых культур в 3,5 раза меньше, чем естественных сенокосов и пастбищ, с нее собирают около 70% общего объема зеленых, сочных и грубых кормов [1].

Для повышения продуктивности молочного животноводства одной из важных задач в кормопроизводстве является разработка способов получения растительной массы с высокой концентрацией энергии и протеина.

Высокопродуктивный скот предъявляет большие требования к энерго-протеиновой питательности в составе рационов: до 11 МДж обменной энергии (ОЭ) и 17 % сырого протеина в сухом веществе [2]. В рационах скота, как правило, 60 % и более составляют объемистые корма, имеющие довольно часто низкую питательность. В связи с этим рационы приходится балансировать за счет введения в них зерновых концентратов и белковых добавок, что приводит к увеличению себестоимости животноводческой продукции [3].

Энергетическая и протеиновая питательность кормовой массы зависят от многих факторов, в том числе от компонентно-видового состава фитоценозов.

Смешанные посевы являются одним из важных приемов получения высоких урожаев качественной кормовой массы. Продуктивность таких травосмесей стабильнее по годам за счет различной видовой приспособленности к экстремальным почвенно-климатическим условиям. Мятликовые культуры обогащают корм, в большей степени, углеводами, бобовые – белком, совместное возделывание которых позволяет достигать лучшей сбалансированности растительной массы по питательности [4].

Введение в кормовую клин высокобелковых компонентов, в частности зернобобовых и капустных однолетних культур, может с успехом повысить питательность кормовой массы [5], [6].

В Сахалинской области в системе зеленого конвейера и приготовления сенажа используют ограниченный перечень однолетних кормовых культур: овес в чистом и смешанном виде с викией и горохом. В последние годы стали возвращаться к посевам таких культур как ячмень, рожь озимая, появились фитоценозы с рапсом яровым,

характеризующийся пластичностью, высокими кормовыми достоинствами, эффективностью производства и универсальностью использования [7].

В ФГБНУ СахНИИСХ изучены хозяйственно-биологические особенности рапса ярового, разработана технология возделывания и использования его на корм и семена. Применение технологических приемов возделывания рапса ярового на корм в чистых посевах дает возможность получать с 1 га в зависимости от срока уборки до 49,4 т зеленой массы, содержащей до 8,5 т сухого вещества, 8,0 т кормовых единиц и 1,2 т сырого протеина [8].

Рапс яровой является одним из ценных белковых компонентов при составлении травосмесей однолетних культур. Посевы с ним богаче не только по содержанию белка, но и минеральных веществ, витаминов, кроме того, увеличивается общий урожай зеленой массы с единицы площади. Мятликово-бобово-рапсовые смеси могут быть важнейшим звеном в системе сырьевого и зеленого конвейеров в островном регионе.

В связи с этим основной целью исследований являлось создание высокопродуктивных, сбалансированных по кормовым достоинствам однолетних фитоценозов с рапсом яровым в условиях муссонного климата Сахалина.

Условия и методика исследований

Экспериментальная работа проводилась на опытном поле ФГБНУ СахНИИСХ. Почва опытного участка лугово-глеявая среднесуглинистая старопашотная с содержанием гумуса в пахотном горизонте 4,5 % фульватного типа, pH сол. – 4,7. Почва характеризуется высокой обеспеченностью подвижным фосфором (148 мг) и обменным калием (42 мг), но низким содержанием подвижных форм азота (1,5 мг на 100 г почвы).

Изучали сравнительную продуктивность и питательность фитоценозов овса в чистом виде и в смеси с вики и рапсом. Площадь опытной делянки – 16 м², повторность – четырехкратная.

Технология возделывания фитоценозов общепринятая в Сахалинской области [9]. До посева вносили минеральные удобрения (диаммофоску) в количестве 300 кг/га в физическом весе (исходя из имеющихся возможностей). Посев сплошной рядовой сеялкой СН-16. Норма высева овса в чистом виде 220 кг/га, рапса – 20 кг/га. Смеси составляли согласно соотношениям компонентов, рекомендуемых в области – 50 % от нормы в чистом виде каждой культуры: овса 110 кг/га, рапса – 10, вики – 60 кг/га. Используемые сорта: овес – Тигровый, вика – Льговская 22, рапс – Фрегат. Уборку кормовой массы проводили в два срока: в фазу бутонизации рапса и вики (начала колошения овса), цветения рапса и вики (полного колошения овса).

Экспериментальные исследования проводили по общепринятым методикам [10], [11]. Математическую обработку результатов проводили по Доспехову Б.А. [10]; энергетическую эффективность рассчитывали по Посыпанову Г.С. и Долгодворову В.Е. [12].

Метеорологические условия в годы исследований были различными: один год характеризовался повышенным температурным режимом при значительном дефиците влаги в первой половине вегетации и избытке ее во второй, другой отличался избыточным увлажнением в течение всего вегетационного периода, третий год был наиболее благоприятными для роста и развития растений в целом.

Результаты исследований

Период вегетации однолетних трав от всходов до той или иной фазы онтогенеза овса, вики и рапса был примерно одинаковым и соответствовал 42-44 дням – до бутонизации рапса и вики (начала колошения овса) и 47-50 дням – до цветения рапса и вики (полного колошения овса) в среднем за годы исследований.

Высота растений в зависимости от состава фитоценоза и фазы роста и развития колебалась в пределах 89-107 см у овса, 69-95 – рапса и 72-89 см – вики. Наиболее интенсивный суточный прирост наблюдался в период бутонизации (начала колошения) – цветения (полного колошения): за 5-6 дней растения подрастали в среднем на 2,7-5,2 см, в том числе: у овса прирост составил – 2,7-3,0, вики – 2,7-2,8, рапса – 4,6-5,2 см/сут. в зависимости от компонентного состава фитоценоза.

Анализ биохимического состава однолетних трав показал (табл. 1), что от фазы бутонизации (начала колошения) к фазе цветения (полного колошения) наблюдалось незначительное увеличение содержания сухого вещества и клетчатки (на 0,1-1,8 и 2,7-4,5 %), уменьшение сырого протеина и золы (на 2,3-4,4 и 2,0-2,3 % соответственно).

Таблица 1 – Биохимический состав однолетних фитоценозов в зависимости от фазы роста и развития растений (среднее за три года), % на АСВ

| Фитоценоз | Сухое вещество | Сырой протеин | Сахара | Клетчатка | Зола |
|--------------------------------|----------------|---------------|--------|-----------|------|
| Бутонизация (начало колошения) | | | | | |
| Овес | 11,7 | 18,1 | 4,8 | 23,9 | 12,3 |
| Овес+вика | 11,8 | 18,2 | 5,1 | 22,9 | 11,8 |
| Овес+рапс | 11,7 | 16,8 | 4,2 | 24,5 | 12,4 |
| Овес+вика+рапс | 12,1 | 17,3 | 4,9 | 24,1 | 12,8 |
| Цветение (полное колошение) | | | | | |
| Овес | 12,8 | 15,0 | 4,3 | 26,6 | 10,0 |
| Овес+вика | 13,6 | 13,8 | 2,7 | 26,9 | 9,6 |
| Овес+рапс | 13,0 | 13,9 | 7,6 | 27,6 | 10,4 |
| Овес+вика+рапс | 12,2 | 15,0 | 4,4 | 28,6 | 10,6 |

Биохимический состав зеленой массы и ее урожайность оказали непосредственное влияние на кормовую продуктивность (табл. 2) и питательную ценность однолетних фитоценозов (табл. 3).

Таблица 2 – Кормовая продуктивность однолетних фитоценозов в зависимости от фазы роста и развития растений (среднее за три года)

| Фитоценоз | Сухое вещество | | | | | |
|---------------------------------|--|-------------|-----------------|---------|-----------------|--------------------------|
| | зеленой массы | сухой массы | сырого протеина | сахаров | кормовых единиц | обменной энергии, ГДж/га |
| Бутионизация (начало колошения) | | | | | | |
| Овес | 39,3 | 4,6 | 0,83 | 0,22 | 3,6 | 51,5 |
| Овес+вика | 36,1 | 4,3 | 0,78 | 0,22 | 3,5 | 47,7 |
| Овес+рапс | 37,8 | 4,4 | 0,74 | 0,18 | 3,8 | 47,7 |
| Овес+вика+рапс | 38,7 | 4,7 | 0,81 | 0,23 | 4,1 | 51,0 |
| Цветение (полное колошение) | | | | | | |
| Овес | 42,9 | 5,5 | 0,82 | 0,24 | 4,6 | 56,5 |
| Овес+вика | 42,2 | 5,7 | 0,79 | 0,15 | 4,9 | 56,8 |
| Овес+рапс | 45,4 | 5,9 | 0,82 | 0,45 | 5,1 | 59,0 |
| Овес+вика+рапс | 45,8 | 5,6 | 0,84 | 0,24 | 4,9 | 57,6 |
| НСР ₀₅ | $F_{05} < F_t$ - существенных различий нет | | | | | |

Таблица 3 – Энергетическая и протеиновая ценность однолетних фитоценозов в зависимости от фазы роста и развития растений (среднее за три года)

| Фитоценоз | Содержание | | | |
|---------------------------------|------------|---------|-----------------|-----------------------|
| | в 1 кг СВ | | в 1 к.ед., г | |
| | к.ед. | ОЭ, МДж | сырого протеина | переваримого протеина |
| Бутионизация (начало колошения) | | | | |
| Овес | 0,91 | 11,2 | 227 | 169 |
| Овес+вика | 0,90 | 11,2 | 223 | 167 |
| Овес+рапс | 0,90 | 10,8 | 196 | 152 |
| Овес+вика+рапс | 0,90 | 10,9 | 196 | 154 |
| Цветение (полное колошение) | | | | |
| Овес | 0,89 | 10,3 | 179 | 132 |
| Овес+вика | 0,88 | 9,9 | 160 | 127 |
| Овес+рапс | 0,89 | 10,0 | 160 | 124 |
| Овес+вика+рапс | 0,89 | 10,3 | 171 | 133 |

В среднем за годы исследований кормовая продуктивность 1 га составила: зеленой массы – 36,1-45,8 т, сухого вещества – 4,3-5,9, сырого протеина – 0,74-0,84, кормовых единиц – 3,5-5,1 т и обменной энергии – 47,7-59,0 ГДж в зависимости от компонентного состава фитоценоза и срока уборки.

Статистическая обработка результатов исследований показала несущественные различия по урожайности исследуемых фитоценозов.

Выявлено, что возделывание рапса ярового как компонента с овсом и викой не снижает ни кормовой продуктивности, ни энерго-протеиновой ценности травостоя, а в отдельные периоды роста и развития даже улучшает эти показатели. Так, в фазу цветения рапса (полного колошения овса) продуктивность овсяно-рапсового и овсяно-викорасового фитоценоза была выше овсяно-викового и овсяного по всем показателям.

Фитоценозы с участием рапса ярового также имеют высокую питательную ценность, практически одинаковую с овсяным и овсяно-виковым, – 0,89-0,90 к. ед. и 10,0-10,9 МДж/кг СВ в зависимости от фазы роста и развития.

Важным показателем качества корма является содержание переваримого протеина в 1 к. ед. Установлено, что в кормовой массе изучаемых фитоценозов этот показатель выше зоотехнических требований и соответствует 160-227 г.

Чистый энергетический доход от возделывания однолетних фитоценозов составил 35,16-51,79 ГДж/га в зависимости от компонентного состава и срока уборки (табл. 4).

Таблица 4 – Энергетическая эффективность возделывания однолетних фитоценозов в зависимости от фазы роста и развития растений (среднее за три года)

| Затраты энергии | Фитоценоз | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|----------------|
| | Овес | Овес+вика | Овес+рапс | Овес+вика+рапс |
| Бутонизация (начало колошения) | | | | |
| Затрачено энергии, ГДж/га | 17,10 | 17,10 | 15,25 | 17,50 |
| Получено энергии с урожаем, ГДж/га | 54,96 | 52,26 | 51,84 | 55,04 |
| Чистый энергетический доход, ГДж/га | 37,86 | 35,16 | 36,59 | 37,57 |
| Коэффициент энергетической эффективности | 2,2 | 2,0 | 2,4 | 2,1 |
| Биоэнергетический коэффициент посева (КПД) | 3,2 | 3,0 | 3,4 | 3,1 |
| Энергетическая себестоимость, ГДж/т | | | | |
| зеленой массы | 0,44 | 0,47 | 0,40 | 0,45 |
| сухого вещества | 3,72 | 3,98 | 3,46 | 3,72 |
| сырого протеина | 20,60 | 21,92 | 20,61 | 21,60 |
| Цветение (полное колошение) | | | | |
| Затрачено энергии, ГДж/га | 17,10 | 17,10 | 15,25 | 17,50 |
| Получено энергии с урожаем, ГДж/га | 64,50 | 67,11 | 67,04 | 62,79 |
| Чистый энергетический доход, ГДж/га | 47,40 | 50,01 | 51,79 | 45,29 |
| Коэффициент энергетической эффективности | 2,8 | 2,9 | 3,4 | 2,6 |
| Биоэнергетический коэффициент посева (КПД) | 3,8 | 3,9 | 4,4 | 3,6 |
| Энергетическая себестоимость, ГДж/т | | | | |
| зеленой массы | 0,40 | 0,40 | 0,34 | 0,38 |
| сухого вещества | 3,11 | 3,00 | 2,58 | 3,12 |
| сырого протеина | 20,85 | 21,64 | 18,60 | 20,83 |

Коэффициенты энергетической эффективности и КПД посева однолетних фитоценозов подтверждают эффективность их возделывания в условиях муссонного климата островного региона. Следует отметить, что максимальный КПД посева получен у двухкомпонентного овсяно-рапсового фитоценоза при уборке в фазу цветения (полного колошения) – 4,4, соответственно и энергетическая себестоимость зеленой массы, сухого вещества, сырого протеина у него была самой низкой – 0,34, 2,58 и 18,60 ГДж/т.

Анализируя эти показатели, целесообразнее говорить о цели использования данных фитоценозов – универсальных, пластичных, удачно подобранных по онтогенезу, высокопродуктивных, обладающих энергетической и протеиновой ценностью, способных использовать пашню не только в качестве основных, но и поукосных посевов.

В условиях Сахалина предлагаемые фитоценозы лучше возделывать на зеленую подкормку или для приготовления силоса в системе кормового конвейера, используя различные сроки посева и уборки.

Заключение

Создание однолетних фитоценозов со стабильной урожайностью, высоким качеством кормовой массы экономически целесообразно и является важным приемом интенсификации полевого кормопроизводства.

Дефицит кормового белка и энергии можно восполнить за счет расширения посевов не только бобовых культур, но и капустных, а также их смесей с мятликовыми культурами. В кормовой массе изучаемых фитоценозов содержание переваримого протеина 160-227 г/к.ед., что выше зоотехнических требований. Чистый энергетический доход от возделывания однолетних фитоценозов составил 35,16-51,79 ГДж/га в зависимости от компонентного состава и срока уборки.

На основании проведенных исследований можно рекомендовать возделывание предлагаемых травосмесей (в том числе с рапсом яровым) в системе сырьевого конвейера с целью использования на зеленый корм и силос в условиях муссонного климата Сахалина в связи с коротким периодом формирования фитоценозами укосной спелости, их высокой продуктивностью и хорошим качеством кормовой массы. Коэффициенты энергетической эффективности и КПД посева соответствовали 2,6-3,4 и 3,6-4,4, что подтверждает эффективность их возделывания в островном регионе.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Чувилина В.А. Состояние кормопроизводства на Сахалине: проблемы и перспективы развития / В.А. Чувилина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 11 (53). – Ч. 5. – С. 57-60.
2. Рекомендации по детализированному кормлению молочного скота: справочное пособие / А.В. Головин, А.С. Аникин, Н.Г. Первов и др. – Дубровицы: ВИЖ им. Л.К. Эрнста, 2016. – 240 с.
3. Жученко А.А. Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI столетии: теория и практика / А.А. Жученко. – М.: Изд-во «Агрорус», 2009. – Т.1. – 816 с.
4. Новоселов Ю.К. Стратегия совершенствования сырьевой базы для производства растительного масла и высокобелковых кормов / Ю.К. Новоселов, В.Т. Воловик, В.В. Рудоман // Кормопроизводство. – 2008. – №10. – С. 2-5.

5. Шпаков А.С. Основные направления развития и научное обеспечение полевого кормопроизводства в современных условиях / А.С. Шпаков // Кормопроизводство. – 2007. – № 5. – С. 8-11.
6. Дуборезов И.В. Урожайность и питательность двух- и трехкомпонентных смесей из вики, гороха и овса / И.В. Дуборезов, В.М. Дуборезов, И.В. Андреев // Кормопроизводство. – 2018. – № 11. – С. 15-22.
7. Чувилина В.А. Видовое разнообразие кормовых культур в системе сырьевого конвейера Сахалина / В.А. Чувилина // Научное обеспечение, особенности и перспективы развития сельского хозяйства Дальневосточного региона: сб. науч.тр. – Южно-Сахалинск: Кано, 2017. – С. 135-156.
8. Чувилина В.А. Продуктивность и питательная ценность кормовой массы фитоценозов с рапсом яровым в условиях муссонного климата Сахалина / В.А. Чувилина // Кормопроизводство. – 2012. – № 12. – С. 40-42.
9. Система земледелия Сахалинской области. – Воронеж: Изд-во ООО «Ковчег», 2017. – 396 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М., 1985. – 352 с.
11. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: ВНИИК, 1983. – 197 с.
12. Посыпанов Г.С. Энергетическая оценка технологии возделывания полевых культур / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов. – М.: Изд-во МСХА, 1995. – 23 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Chuvilina V.A. Sostoyaniye kormoproizvodstva na Sakhaline: problemy i perspektivy razvitiya [The state of feed production on Sakhalin: problems and development prospects] / V.A. Chuvilina // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Research Journal]. – 2016. – № 11 (53). – Part 5. – P. 57-60. [in Russian]
2. Rekomendatsii po detalizirovannomu kormleniyu molochного skota: spravocnoye posobiye [Recommendations for detailed feeding of dairy cattle: a reference guide] / A.V. Golovin, A.S. Anikin, N.G. Pervov i dr. – Dubrovitsy: VIZH im. L.K. Ernsta [Dubrovitsy: VIZH them. L.K. Ernst], 2016. – 240 p. [in Russian]
3. Zhuchenko A.A. Adaptivnaya strategiya ustoychivogo razvitiya sel'skogo khozyaystva Rossii v XXI stoletii: teoriya i praktika [Adaptive strategy for sustainable development of agriculture in Russia in the XXI century: theory and practice] / A.A. Zhuchenko. – М.: Изд-во «Агрорус», 2009. – Vol.1. – 816 p. [in Russian]
4. Novoselov YU.K. Strategiya sovershenstvovaniya syr'yevoy bazy dlya proizvodstva rastitel'nogo masla i vysokobelkovykh kormov [The strategy for improving the raw material base for the production of vegetable oil and high protein feed] / YU.K. Novoselov, V.T. Volovik, V.V. Rudoman // Kormoproizvodstvo [Feed production]. – 2008. – №10. – P. 2-5. [in Russian]
5. Shpakov A.S. Osnovnyye napravleniya razvitiya i nauchnoye obespecheniye polevogo kormoproizvodstva v sovremennykh usloviyakh [The main directions of development and scientific support of field feed production in modern conditions] / A.S. Shpakov // Kormoproizvodstvo [Feed production]. – 2007. – № 5. – P. 8-11. [in Russian]
6. Duborezov I.V. Urozhaynost' i pitatel'nost' dvukh- i trekhkomponentnykh smesey iz viki, gorokha i ovsa [Yield and nutritional value of two- and three-component mixtures of vetch, pea and oats] / I.V. Duborezov, V.M. Duborezov, I.V. Andreyev // Kormoproizvodstvo [Feed production]. – 2018. – № 11. – P. 15-22. [in Russian]
7. Chuvilina V.A. Vidovoye raznoobrazie kormovykh kul'tur v sisteme syr'yevogo konveyera Sakhalina [Species diversity of forage crops in the system of the raw material conveyor of Sakhalin] / V.A. Chuvilina // Nauchnoye obespecheniye, osobennosti i perspektivy razvitiya sel'skogo khozyaystva Dal'nevostochnogo regiona: sb. nauch.tr. [Scientific support, features and prospects for the development of agriculture in the Far Eastern region: Sat. scientific] – Yuzhno-Sakhalinsk: Kano, 2017. – P. 135-156. [in Russian]
8. Chuvilina V.A. Produktivnost' i pitatel'naya tsennost' kormovoy massy fitotsenozov s rapsom yarovym v usloviyakh mussonnogo klimata Sakhalina [The productivity and nutritional value of the fodder mass of phytocenoses with spring rape in the conditions of the monsoon climate of Sakhalin] / V.A. Chuvilina // Kormoproizvodstvo [Feed production]. – 2012. – № 12. – P. 40-42. [in Russian]
9. Sistema zemledeliya Sakhalinskoy oblasti [The agricultural system of the Sakhalin region]. – Voronezh: Изд-во ООО «Ковчег», 2017. – 396 p. [in Russian]
10. Dospekhov V.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)] / V.A. Dospekhov. – М., 1985. – 352 p. [in Russian]
11. Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kul'turami [Guidelines for conducting field experiments with feed crops]. – М.: ВНИИК, 1983. – 197 p. [in Russian]
12. Posypanov G.S. Energeticheskaya otsenka tekhnologii vozdeleyvaniya polevykh kul'tur [Energy assessment of field crop cultivation technology] / G.S. Posypanov, V.Ye. Dolgodvorov. – М.: Изд-во МСХА, 1995. – 23 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.032>

СИНТЕЗ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СОЧЕТАНИИ ЭТИЛОВОГО ЭФИРА 3-(4-МЕТИЛФЕНИЛГИДРАЗОНО)-2,4-ДИОКСОПЕНТАНОВОЙ КИСЛОТЫ С *NH*-МОНОНУКЛЕОФИЛАМИ

Научная статья

Гайнулин Ф.Ф.^{1*}, Левенец Т.В.²² ORCID: 0000-0002-8257-8126,^{1,2} Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

* Корреспондирующий автор (vogel.gg[at]yandex.ru)

Аннотация

При ацилировании по Клайзену ацетона с диэтилоксалатом в присутствии металлического натрия в среде толуола с дальнейшим взаимодействием с хлоридами арилдiazония, взятых в эквимольных соотношениях, в нейтральной среде приводит к образованию этиловых эфиров 3-арилгидразоно-2,4-диоксопентановых кислот.

При взаимодействии этилового эфира 3-арилгидразоно-2,4-диоксопентановой кислоты с *NH*-мононуклеофилами получены новые 1-арил-5-гидрокси-4-[(4-метилфенил)гидразоно]-5-метилпирролидин-2,3,4-трионы, определены их физико-химические характеристики. Синтезированные соединения – высокоплавкие вещества, растворимые в обычных органических растворителях, нерастворимые в воде.

Особенности строения полученных соединений установлены на основании данных масс-спектрометрии, ИК и ЯМР ¹H спектроскопии. В масс-спектрах выделенных соединений, записанных в режиме электрораспыления наблюдаются сигналы протонированных и катионированных молекул. В ЯМР ¹H спектрах обнаружены сигналы всех протоносодержащих групп, показано образование внутримолекулярной водородной связи с атомом кислорода OH группы или атомом кислорода в положении 3 пирролидинового кольца

Ключевые слова: этиловые эфиры 3-(4-метилфенилгидразоно)-2,4-диоксопентановой кислоты, *n*-толуидин, *n*-нитроанилин, анилин, 1-арил-5-гидрокси-4-[(4-метилфенил)гидразоно]-5-метилпирролидин-2,3,4-трион.

SYNTHESIS OF HETEROCYCLIC COMPOUNDS IN COMBINATION OF 3- (4-METHYLPHENYLHYDRAZONO) -2,4-DIOXOPENTANE ACID WITH *NH*-MONONUCLEOPHILES

Research article

Gainulin F.F.^{1*}, Levenets T.V.²² ORCID: 0000-0002-8257-8126,^{1,2} Orenburg State University, Orenburg, Russia

* Corresponding author (vogel.gg[at]yandex.ru)

Abstract

Claisen acylation of acetone with diethyl oxalate in the presence of sodium metal in toluene with further interaction with aryl diazonium chlorides taken in equimolar ratios in a neutral medium leads to the formation of ethyl esters of 3-arylhydrazono-2,4-dioxopentanoic acids.

Interaction of 3-arylhydrazono-2,4-dioxopentanoic acid ethyl ester with *NH*-mononucleophiles yielded new 1-aryl-5-hydroxy-4 - [(4-methylphenyl) hydrazono] -5-methylpyrrolidin-2,3,4-trions, their physicochemical characteristics are determined. The synthesized compounds are highly melting substances soluble in ordinary organic solvents, insoluble in water.

Structural features of the obtained compounds were established on the basis of mass spectrometry, IR, and NMR ¹H spectroscopy. In the mass spectra of the isolated compounds recorded in the electrospray mode, signals of protonated and cationized molecules are observed. Signals of all proton-containing groups were detected in NMR ¹H spectra, the formation of an intramolecular hydrogen bond with an oxygen atom of the OH group, or an oxygen atom in position 3 of the pyrrolidine ring is shown.

Keywords: 3- (4-methylphenylhydrazono) -2,4-dioxopentanoic acid ethyl esters, *n* -toluidine, *n* -nitroaniline, aniline, 1-aryl-5-hydroxy-4 - [(4-methylphenyl) hydrazono] -5-methylpyrrolidin- 2,3,4-trion.

Введение

Одним из важнейших направлений тонкого синтеза органических соединений является изучение химических свойств гидразонов, а именно 3-арилгидразоно-2,4-диоксоалканоев, которые, в свою очередь, являются практически ценными объектами в синтезе разнообразных веществ [1], [3], [4]. Известно, что 4-арил-3-фенилгидразоно-2,4-диоксоалкановые кислоты и их производные обладают противомикробной активностью по отношению грамположительным и грамотрицательным микроорганизмам [5], [6], [7]. В связи с этим научный и практический интерес представляет выделение новых соединений на основе 1,2,4-трикарбонильных соединений функционализированных гидразонным фрагментом и изучение их химических свойств, а также биологической активности.

Методы исследования

Строение синтезированных 1-арил-5-гидрокси-4-[(4-метилфенил)гидразоно]-5-метилпирролидин-2,3,4-трионов подтверждалось методами ИК и ЯМР ¹H спектроскопии, а также масс-спектрометрии высокого разрешения. ИК спектры соединений записаны на ИК-Фурье спектрометре Vertex 70 (Bruker, Германия); приставка НПВО, алмазный кристалл. Спектры ЯМР ¹H металлокомплексов в CDCl₃ получены на ЯМР Фурье-спектрометре Bruker AVANCE II

(400 МГц), внутренний стандарт – ТМС. Масс-спектры соединений записаны на квадрупольно-времетрающем масс-спектрометре сверхвысокого разрешения Orbitrap Elite, MicroToF Bruker Daltonics. Зарегистрированы положительные ионы в режиме электрораспылительной ионизации (ESI).

Методика синтеза этилового эфира 3-арилгидразоно-2,4-диоксопентановой кислоты 1 [8]. К смеси 3,7 мл (50 ммоль) ацетона, 6,7 мл (50 ммоль) диэтилоксалата, добавляют при перемешивании мелкоизмельченный металлический натрий 1,15 г (50 ммоль) и 90 мл толуола, полученную смесь оставляют до полного растворения натрия. К образующейся суспензии добавляют охлажденный до 0-5 °С хлорид 4-метилфенилдиазония, полученный из 5,35 г (50 ммоль) *n*-толуидина, соляной кислоты в соотношении 1:3 и 3,45 г (50 ммоль) нитрита натрия. Через 30-60 минут интенсивного перемешивания отделяют органический слой и испаряют растворитель, остаток перекристаллизовывают из этанола. Синтезированные соединения представляют собой, желтые игольчатые кристаллы, растворимые в хлороформе, диметилсульфоксиде при комнатной температуре, а при нагревании в этилацетате, метаноле, этаноле, нерастворимые в воде.

Методика синтеза 1-арил-5-гидрокси-4-[(4-метилфенил)гидразоно]-5-метилпирролидин-2,3,4-трионов 2а, 2б. К 0,3 г (1 ммоль) гидразоноэфиру **1**, растворенному в 30 мл метанола, добавляют 1 ммоль ароматического амина, подкисляют 3 каплями ледяной уксусной кислоты и кипятят 30 минут при постоянном перемешивании до изменения окраски раствора. Протекание реакции контролируют с помощью тонкослойной хроматографии с использованием пластинок Silufol UV-254 в системе бензол – диэтиловый эфир – гексан в соотношении 1:2:3. Раствор оставляют при комнатной температуре до выпадения осадка. Осадок отфильтровывают и перекристаллизовывают из метанола.

5-Гидрокси-4-[(4-метилфенил)гидразоно]-5-метил-1-фенил-пирролидин-2,3,4-трион 2а. Выход: 43,3%, т. пл. 162-164 °С. Спектр ЯМР ¹H, δ, м.д. (*J*, Гц), (CDCl₃): 1,76 с (3H, CH₃), 2,38 с (3H, CH₃ в 4-CH₃C₆H₄), 3,28 с (1H, OH), 7,20-7,31 м (5H, C₆H₅), 7,32 д (2H, в 4-CH₃C₆H₄, *J* 8,27), 7,36 д (2H, в 4-CH₃C₆H₄, *J* 8,27), 15,05 уш.с. (1H, NH). Масс-спектр: *m/z* 324.3596 [M+H]⁺ (вычислено для C₁₈H₁₈N₃O₃: 324.3593), *m/z* 360.3415 [M+Na]⁺ 346.3418 (вычислено для C₁₈H₁₇N₃O₃Na: 346.3411)

5-Гидрокси-4-[(4-метилфенил)гидразоно]-1-(4-метилфенил)-5-метилпирролидин-2,3,4-трион 2б. Выход: 47,8%, т. пл. 175-177 °С. ИК спектр, ν, см⁻¹ (ваз. масло): 3600 ν_{NH}, 2999, 2921 ν_{OH}, 1737 ν_{C=O}, 1668 ν_{C=O}, 1606, 1588, 1515 ν_{CH}, 1362 δ_{Ar-N}, 1232, 1200, 1110 δ_{пл. CH}, 952, 848. Спектр ЯМР ¹H, δ, м.д. (*J*, Гц), (CDCl₃): 1,66 с (3H, CH₃), 2,36 с (3H, CH₃ в 4-CH₃C₆H₄), 2,40 с (3H, CH₃ в 4-CH₃C₆H₄), 3,92 с (1H, OH), 7,19-7,40 м (8H, 2C₆H₄), 13,53 уш.с. (1H, NH). Масс-спектр: *m/z* 338.3864 [M+H]⁺ (вычислено для C₁₉H₂₀N₃O₃: 338.3862), *m/z* 360.3683 [M+Na]⁺ 360.3685 (вычислено для C₁₉H₁₉N₃O₃Na: 360.3680)

Обсуждение результатов

При взаимодействии этилового эфира 3-арилгидразоно-2,4-диоксопентановой кислоты **1** с *NH*-мононуклеофилами получены 1-арил-5-гидрокси-4-[(4-метилфенил)гидразоно]-5-метилпирролидин-2,3,4-трионы **2а, 2б** (Рис. 1), представляющие собой кристаллические вещества красного цвета, растворимые в хлороформе, ацетоне, диметилсульфоксиде, при нагревании в метаноле и этаноле, нерастворимые в воде. Выходы и температуры плавления приведены в таблице 1.

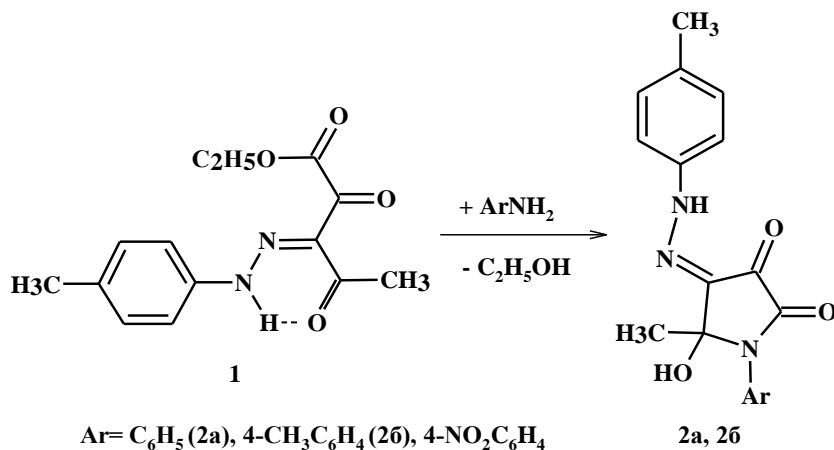


Рис. 1 – Схема синтеза 1-арил-5-гидрокси-4-[(4-метилфенил)гидразоно]-5-метилпирролидин-2,3,4-трионов **2а, 2б**

Таблица 1 – Физико-химические свойства полученных соединений **2а, 2б**

| Соединение | Брутто-формула (Мол. масса) | Т _{пл} , °С | Выход, % |
|------------|---|----------------------|----------|
| | | | |
| 2а | C ₁₈ H ₁₇ N ₃ O ₃ (323) | 162-164 | 43,3 |
| 2б | C ₁₉ H ₁₉ N ₃ O ₃ (337) | 175-177 | 47,8 |

Особенности структуры синтезированных соединений установлены на основании данных спектральных методов анализа (ИК, ЯМР ^1H спектроскопии и масс-спектрометрии) [9], [10].

В спектрах ЯМР ^1H соединений **2a** и **2b**, записанных в растворе дейтерохлороформа, синглетные сигналы протонов ацетильной группы находятся при 1,76 м.д. и 1,66 м.д., имеются синглетные сигналы при 2,36 м.д. и 2,38 м.д., протонов CH_3 группы арилгидразонного фрагмента, соответственно. Сигналы протонов группы OH обнаруживаются при 3,28 м.д. (**2a**) и 3,92 (**2b**). Сигналы протонов ароматических колец находятся в ожидаемой области. В слабом поле 15,05 м.д. (**2a**) и 13,53 м.д. (**2b**) имеются уширенные сигналы протона NH группы, смещение которых в слабопольную область свидетельствует об образовании внутримолекулярной водородной связи (ВВС) с атомом кислорода OH группы или атомом кислорода в положении 3 пирролидинового кольца (Рис. 2).

В ИК спектре соединения **2b** в твердом состоянии наблюдаются уширенная полоса поглощения NH группы при 3600 см^{-1} , слабые широкие полосы поглощения OH группы в области $2999 - 2921\text{ см}^{-1}$ смещаются в более низкочастотную область, что свидетельствует об образовании ВВС. Поглощения кетонных $\text{C}=\text{O}$ групп обнаруживаются при 1737 см^{-1} и 1668 см^{-1} .

В масс-спектрах соединений **2a**, **2b**, записанных для раствора в метаноле в режиме электрораспыления наблюдаются сигналы протонированных $[\text{M}+\text{H}]^+$ и катионированных молекул $[\text{M}+\text{Na}]^+$.

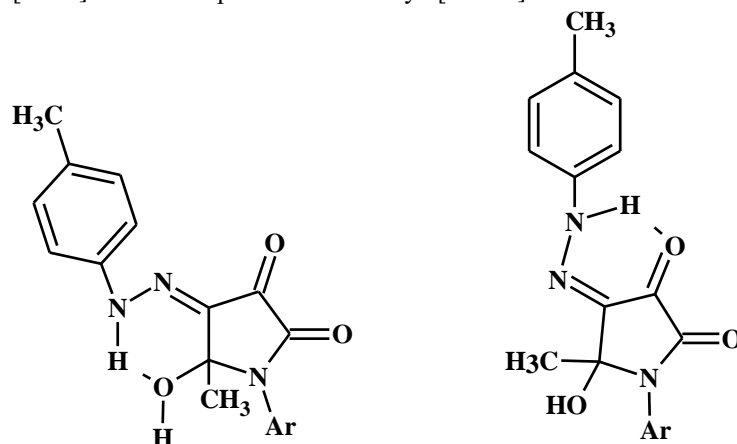


Рис. 2 – Схема образования внутримолекулярной водородной связи в соединениях **2a**, **2b**

При кипячении гидразонэфира **1** с *n*-нитроанилином в среде метанола не удалось выделить ожидаемый продукт, что, вероятно, может быть связано с электроноакцепторным влиянием группы NO_2 .

Заключение

Таким образом, в результате работы получены новые 1-арил-5-гидрокси-4-[(4-метилфенил)гидразон]-5-метилпирролидин-2,3,4-трионы **2a**, **2b**, определены их физико-химические характеристики, спектральными методами анализа доказано строение. Перспективность дальнейших исследований связана с изучением биологической активности полученных соединений.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Майорова О.А. Изучение стереохимии 3-(арилгидразон)фуран-2(3*H*)-онов, синтез 4-(арилгидразон)пиридазин-3(1*H*)-онов / О.А. Майорова, Н.В. Бабкина, А.Ю. Егорова // Химия гетероциклических соединений. – 2015. – № 51(6). – С. 514-517.
2. Левенец Т.В. Щелочной гидролиз 3-(2-арилгидразинилиден)-2,4-диоксоалканоев / Т.В. Левенец, В.О. Козьминых, А.Н. Сизенцов // Журнал общей химии, 2019. – Т. 89, № 9. – С. 1315-1320.
3. Левенец Т.В. Взаимодействие 3-арилгидразон-2,4-диоксобутаноев с гидразингидратом / Т.В. Левенец, В.О. Козьминых // Журнал общей химии, 2018. – Т. 88, № 6. – С. 909-913.
4. Левенец Т.В. Внутримолекулярная гетероциклизация эфиров 3-арилгидразон-2,4-диоксопентановых кислот / Т.В. Левенец, В.О. Козьминых // Башкирский химический журнал, 2018. – Т. 25, № 1. – С. 48-50.
5. Быков Р.А. Синтез и биологическая активность амидов 4-арил-2-[(2-оксо-1,2-дифенилэтилиден)гидразинил]-4-оксобут-2-еновых кислот / Р.А. Быков, Н.Н. Трапезникова, С.Ю. Баландина и другие // Химико-фармацевтический журнал. – 2018. – № 5. – С. 33-36.
6. Пулина Н.А. Синтез и биологическая активность замещенных 4-арил-2-метилгидразино-4-оксобут-2-еновых кислот и их производных / Н.А. Пулина, В.В. Залесов, О.А. Быстрицкая и другие // Химико-фармацевтический журнал. – 2009. – № 8. – С. 17-20.
7. Нуркенов О.А. Синтез и биологическая активность гидразонов *o*- и *n*-гидроксibenзойных кислот. Пространственное строение 5-бром-2-гидроксibenзилден-4-гидроксibenзогидразида / О.А. Нуркенов, Ж.Б. Сатпаева, И. А. Щепеткин и другие // Журнал общей химии. – 2017. – Т. 87(149), № 10. – С. 1639 – 1646.
8. Левенец Т.В., Синтез и структура 3-арилгидразон-2,4-диоксоалканоев / Т.В. Левенец, В.О. Козьминых, Е.Н. Козьминых // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2013. – Т. 56. – Вып. 2. – С. 22-25.
9. Преч Э. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных / Э. Преч, Ф. Бюльманн, К. Аффельтер. – М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 438 с.
10. Сильверстейн Р. Спектрометрическая идентификация органических соединений / Р. Сильверстейн, Ф. Вебстер, Д. Кимл. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 557 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Mayorova O.A. Izucheniye stereokhimii 3-(arigidrazono)furan-2(3H)-onov, sintez 4-(arilgidrazono)piridazin-3(1H)-onov [Study of the stereochemistry of 3-(aryhydrazono)furan-2-(3H)-ones, synthesis of 4-(arylhydrazono)pyridazin-3(1H)-ones] / O.A. Mayorova, N.V. Babkina, A.Yu. Egorova // Khimiya geterotsiklicheskih soedineniy [Chemistry of heterocyclic compounds]. - 2015. - No. 51 (6). - P. 514-517. [in Russian]
2. Levenets T.V. Shchelochnoy gidroliz 3-(2-arilgidraziniliden)-2,4-dioksialkanoatov [Alkaline hydrolysis of 3-(2-arylhydrazinilidene) - 2,4-dioxoalkanoates] / T.V. Levenets, V.O. Kozminykh, A.N. Sizentsov // Zhurnal obshchey khimii [Journal of General chemistry], 2019. - Vol. 89, No. 9. - Pp. 1315-1320. [in Russian]
3. Levenets T.V. Vzaimodeystvie 3-arilgidrazono-2,4-dioksobutanoatov s gidrazingidratom [Interaction of 3-arylhydrazono-2,4-dioxobutanoates with hydrazine hydrate] / T.V. Levenets, V.O. Kozminykh // Zhurnal obshchey khimii [Journal of General chemistry] 2018. - Vol. 88, № 6. - P. 909-913. [in Russian]
4. Levenets T.V. Vnutrimolekulyarnaya geterotsiklizatsiya efirov 3-arilgidrazono-2,4-dioksopentanykh kislot / T.V. Levenets, V.O. Koz'minykh // Bashkirskiy khimicheskiy zhurnal [Bashkir chemical journal], 2018. - Vol. 25, № 1. - P. 48-50. [in Russian]
5. Bykov R.A. Sintez i biologicheskaya aktivnost' amidov 4-aril-2-[(2-okso-1,2-difeniletiliden)gidrazinil]-4-oksobut-2-enovykh kislot [Synthesis and biological activity of amides of 4-aryl-2 - [(2-oxo-1,2-diphenylethylidene) hydrazinyl] - 4-oxobut-2-eno acids] / R.A. Bykov, N.N. Trapeznikova, S.Yu. Balandina i drugie // Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal [Chemical and pharmaceutical journal]. - 2018. - № 5. - P. 33-36. [in Russian]
6. Pulina N.A. Sintez i biologicheskaya aktivnost' zameshchennykh 4-aril-2-metilengidrazino-4-oksobut-2-enovykh kislot i ikh proizvodnykh [Synthesis and biological activity of substituted 4-aryl-2-methylene-hydrazino-4-oxobut-2-eno acids and their derivatives] / N.A. Pulina, V.V. Zalesov, O.A. Bystritskaya i drugie // Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal [Chemical and pharmaceutical journal]. - 2009. - № 8. - P. 17-20. - S. 33-36. [in Russian]
7. Nurkenov O.A. Sintez i biologicheskaya aktivnost' gidrazonov o- i n-gidroksibenzoynykh kislot. Prostranstvennoe stroenie 5-brom-2-gidroksibenziliden-4-gidroksibenzogidrazida [Synthesis and biological activity of o- and n-hydroxybenzoic acid hydrazones. Spatial structure of 5-bromo-2-hydroxybenzylidene-4-hydroxybenzohydrazide] / O.A. Nurkenov, Zh.B. Satpaeva, I. A. Shchepetkin i drugie // Zhurnal obshchey khimii [Journal of General chemistry]. - 2017. - Vol. 87(149), № 10. - P. 1639 – 1646.
8. Levenets T.V., Sintez i struktura 3-arilgidrazono-2,4-dioksialkanoatov [Synthesis and structure of 3-arylhydrazono-2,4-dioxoalkanoates] / T.V. Levenets, V.O. Koz'minykh, E.N. Koz'minykh // Izv. vuzov. Khimiya i khim. Tekhnologiya [Chemistry and chemical technology]. - 2013. - Vol. 56. - №. 2. - P. 22-25.
9. Prech Je. Opredelenie stroenija organicheskikh soedinenij. Tablicy spektral'nykh dannykh [Determination of the structure of organic compounds. Tables of spectral data] / Je. Prech, F. Bjul'mann, K. Affol'ter. - M.: Mir; BINOM. Laboratorija znaniy, 2006. - 438 p. [in Russian]
10. Sil'verstejn R. Spektrometricheskaja identifikacija organicheskikh soedinenij [Spectrometric identification of organic compounds] / R. Sil'verstejn, F. Vebster, D. Kiml. - M.: BINOM. Laboratorija znaniy, 2012. - 557 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.033>**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ НА КОНСТРУКЦИЯХ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ОБОЛОЧЕК ЗДАНИЙ**

Научная статья

Сергеева Н.Д.¹, Ковалев Р.Б.^{2,*}, Голотина И.А.³^{1, 2, 3}Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск, Россия

* Корреспондирующий автор (rkowalev[at]yandex.ru)

Аннотация

В настоящее время активно используются технологии вертикального озеленения при строительстве общественных, жилых зданий с элементами стеклянных ограждающих конструкций. В то же время отсутствуют рекомендации применения технологий вертикального озеленения на высотных зданиях различного функционального назначения со светопрозрачными стеклянными оболочками, увеличивающие инсоляцию и освещенность. Однако, из-за повышения температуры внутри помещений, интенсивно возрастает нагрузка на системы вентиляции и кондиционирования. Таким образом, возникает необходимость в разработке решений по улучшению естественного микроклимата помещений в период высоких климатических температур. Решением проблемы может стать использование технологий вертикального озеленения на поверхностях светопрозрачных оболочек зданий, которое актуально и обычно воспринимается как технология повышения эстетических и экологических преимуществ.

Ключевые слова: стеклянные оболочки, ограждающие конструкции, температурный режим, системы вертикального озеленения, эстетические и экологические преимущества.

RESEARCH OF THE PROBLEM OF APPLYING TECHNOLOGIES OF VERTICAL GARDENING ON THE DESIGNS OF TRANSLUCENT BUILDING ENVELOPES

Research article

Sergeeva N.D.¹, Kovalev R.B.^{2,*}, Golotina I.A.³^{1, 2, 3} Bryansk State Engineering and Technology Academy, Bryansk, Russia

* Corresponding author (rkowalev[at]yandex.ru)

Abstract

Vertical gardening technologies are currently actively used in the construction of public and residential buildings with the elements of glass building envelopes. At the same time, there are no recommendations on the use of vertical gardening technologies on high-rise buildings of various functional purposes with translucent glass envelopes that increase insulation and illumination. However, due to the increase of indoor temperature, the load on the ventilation and air conditioning systems is intensively increasing. Thus, there is a necessity to develop solutions to improve the natural microclimate of rooms during high climatic temperatures. The solution to the problem might be related to the use of vertical landscaping technologies on the surfaces of translucent building envelopes, which is relevant and usually perceived as a technology for enhancing aesthetic and environmental benefits.

Keywords: glass shells, enclosing structures, temperature conditions, vertical landscaping systems, aesthetic and environmental benefits.

В целом экологическая ситуация Нечерноземья, в частности Брянской области сложная. Причин множество, среди них наличие экологически грязных производств активно развивающейся промышленности (например, сталелитейный завод). Рост численности населения г. Брянска, активно приобретающего легковой автотранспорт привел к резкому повышению загазованности, а также концентрации тяжелых металлов и токсичных элементов в воздухе. Нормы озеленения городской территории составляют не менее 6 кв.м. зеленых насаждений общего пользования на человека для таких городов как г. Брянск и 7 кв.м. – для малых районных центров Брянской области.

В настоящее время эти нормы отменены ввиду невозможности их выполнения. Плотность городской застройки становится настолько высокой, что стандартные решения по озеленению и благоустройству становятся попросту не актуальными, поэтому возникает необходимость поиска новых методов улучшения экологической ситуации. Одним из таких методов является технология вертикального озеленения зданий.

В мировой практике решения экологических проблем, особенно в мегаполисах, при строительстве высотных зданий все чаще используют светопрозрачные оболочки. Чаще это относится к зданиям культурно-бытового, административного и спортивного назначения, реже жилого. Этому способствует наличие у светопрозрачных ограждающих конструкций множества достоинств, соответствующих современным направлениям развития градостроительства и архитектуры: эстетичность, высокая освещенность внутренних помещений здания; энергоэффективность при организации систем освещения и кондиционирования. При этом стоит отметить практически неограниченные возможности по созданию зданий уникальных форм и реализации нестандартных дизайнерских решений для улучшения архитектурного облика города.

Цель исследования – решение актуальной проблемы применения технологий вертикального озеленения на поверхностях светопрозрачных оболочек зданий, которое обычно воспринимается как технология повышения только эстетических и экологических преимуществ. Современные конструкции светопрозрачных оболочек зданий представлены в таблице 1.

При выборе варианта конструктивного решения строительства общественных, жилых зданий с элементами стеклянных ограждающих конструкций, а также высотных зданий со светопрозрачными стеклянными оболочками различного функционального назначения, учитываются не только основные преимущества, но и недостатки.

Таблица 1 – Прогрессивные конструктивные решения светопрозрачных оболочек зданий и сооружений

| Светопрозрачная оболочка | Конструкция | Стоимость |
|--|--|---------------------------------|
| <p>Стойчно-ригельная</p>  | Каркас системы формируется при помощи стоек, к которым крепятся ригели. Фиксация стеклопакетов к несущему каркасу осуществляется при помощи прижимных планок, на которые затем устанавливаются декоративные элементы. | 5020–11500 руб./м ² |
| <p>Структурная</p>  | Технология крепления стеклопакеты на силиконовый герметик двухсторонним (на структурный силиконовый герметик, воспринимающий подвижную нагрузку, разделяемую на две стороны) и четырехсторонним (с помощью герметика склеиваются все стороны стеклопакета). Наружное стекло в таких стеклопакетах на 10–15 мм больше, чем внутренне (для минимизации наружного шва и надежного крепления остекления к каркасу). | 9450–12500 руб./м ² |
| <p>Полуструктурная</p>  | Технология крепления фасадной системы с видимыми элементами в вертикальном или горизонтальном направлении. Преимущество – возможность встраивания скрытых створок с возможностью открывания снаружи. | 9300–10250 руб./м ² |
| <p>Спайдерная</p>  | Технология безрамного сплошного стеклянного покрытия, состоящее из стеклянных панелей. Фиксация кронштейнами (в виде спайдеров, фиксируемых болтами от 1 до 4 шт.). Известны четыре вида подсистем: по существующим несущим конструкциям; по стеклянным ребрам; по металлическим трубам; по вантам. | 13000–15200 руб./м ² |
| <p>Двойной фасад</p>  | Совокупность традиционной стеклянной фасадной оболочки, которая с внешней стороны имеет второй слой. Двойной фасад стеклянной оболочки состоит из следующих элементов: <ul style="list-style-type: none"> – фасадное остекление из закаленного, многослойного стекла; – внутренний слой фасада из нескольких непрозрачных элементов; – внутреннее межконтурное пространство может иметь естественную или регулируемую вентиляцию или быть полностью герметичное. Ширина пространства зависит от конструкции – от 20 см до 2 метров. | 9360–11070 руб./м ² |

Все виды конструкций, приведенных в таблице 1 увеличивают инсоляцию и улучшают освещение внутренних помещений. Однако, ввиду повышения температуры внутри помещений, интенсивно возрастает нагрузка на системы вентиляции и кондиционирования. Таким образом, возникает необходимость в разработке решений по улучшению естественного микроклимата помещений в период высоких климатических температур. Решением проблемы может стать использование систем вертикального озеленения на поверхностях светопрозрачных оболочек зданий, которое обычно воспринимается как технология повышения эстетических и экологических преимуществ.

Кроме того, в высотных зданиях полная прозрачность фасадов имеет нежелательный психологический эффект, а именно – вызывает стрессовую реакцию у людей с акрофобией, поэтому они реже используются в проектах высотных жилых зданий.

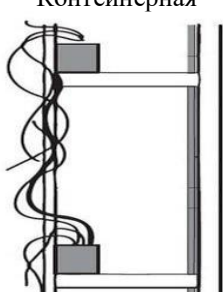
Таким образом, возникает необходимость как в улучшении естественного микроклимата в таких помещениях, так и в снижении негативного психологического эффекта. В качестве варианта решения сразу двух этих проблем предлагаем использование вертикального озеленения светопрозрачных оболочек.

По технологиям вертикальное озеленение делят на две группы:

- сплошное вертикальное озеленение – озеленение, которое часто используется для того чтобы скрыть дефекты здания или замаскировать глухие стены и фасады, на которых практически нет других декоративных элементов;
- частичное озеленение – озеленение, которое несет декоративную функцию, располагается в местах отсутствия оконных и дверных проемов.

Сравнительный анализ четырех технологий вертикального озеленения зданий со светопрозрачной оболочкой по показателю стоимости работ типового этажа многоквартирного дома серии КОПЭ–башня (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты сравнительного анализа основных характеристик систем вертикального озеленения

| Система вертикального озеленения | Конструкция | Достоинства и недостатки | Затраты на материалы |
|--|--|---|----------------------|
| Войлочная  | <p>В основе конструкции лежит рама, прикрепленная непосредственно к фасаду. На металлический каркас устанавливаются пластины ПВХ (толщиной 10 мм), на них закрепляется слой с войлоком полиамидного волокна и фиксируется карманами размерами 20х20 см. Далее устраиваются системы дренажа и автоматического капельного полива.</p> | <p>Достоинства: Экологический эффект очистки воздуха; простота ухода.</p> <p>Недостатки: Необходимо устройства дренажной системы.</p> | 718 923 руб. |
| Модульная  | <p>На фасаде устанавливается рама, к ней крепятся вертикальные стойки с кронштейнами для фиксации модулей. Далее устраивается гидропонная система орошения. В модулях устанавливаются заранее выращенные растения.</p> | <p>Достоинства: Экологический эффект очистки воздуха; простота ухода. Не нужна система дренажа; Возможно изменения декораций.</p> <p>Недостатки: Необходимость предварительной подготовки модулей (узоры и орнаменты из растительности, которые проектируются заранее).</p> | 7 038 295 руб. |
| Контейнерная  | <p>Основа конструкции – несущий гидроизолированный металлический каркас. На каркасе фиксируется тручатая система полива и горшки с почвенным субстратом для высадки растений. Для каждого горшка проводится личная оросительная трубка для подачи воды и удобрений.</p> | <p>Достоинства: Экологический эффект очистки воздуха; отсутствует дренажная система; возможность изменения декораций.</p> <p>Недостатки: Сложность эксплуатационного ухода.</p> | 1 110 862 руб. |
| Многослойная  | <p>Конструкция состоит из трех элементов: внутренний слой (раздвигающееся створчатое окно), промежуточный зеленый слой (вертикальная растительная система), внешний слой (регулируемая реечная решетка). Промежуточный зеленый слой – вертикальная система со следующими компонентами: -металлическая коробка с иммерсионной системой само-полива и таймером, -стальные спиральные кабели как направляющие для растений; -алюминиевая оконная рама с металлическими винтами.</p> | <p>Достоинства: Экологический эффект очистки воздуха; не осуществляется система дренажа; эстетическое изменение декораций; устойчивость к изменению внешней температуры.</p> <p>Недостатки: Сложный эксплуатационный уход.</p> | — |

На рисунке 1 показан пример использования модульной системы вертикального озеленения здания со стеклянной оболочкой фасада.



Рис. 1 – Пример использования модульной системы вертикального озеленения здания со стеклянной оболочкой фасада

Разработка рекомендаций по применению растений в системах вертикального озеленения потребовала отбора видов, наиболее пригодных к климатическим условиям Нечерноземья, которые хорошо переносят длительные периоды низких температур.

В результате проведенных исследований авторами были отобраны для использования морозостойких и вечнозеленых видов растений, среди которых рекомендуется:

- для контейнерной системы озеленения – морозостойких лианы (камписис; плющ колхидский; гортензия черешковая и др.);
- для модульных систем – вечнозеленые карликовые растения (можжевельник; кустовые туи различных сортов; кустовые карликовые ели и др.);
- для войлочных систем – разнообразные виды мхов;
- для систем многослойных фасадов нет ограничений при отборе растений, так как они растут комфортно в пространстве с возможностью регулирования климата по температуре и влажности.

В сфере строительной индустрии оценка качества здания по критерию экологичности, определяется существующими рейтинговыми системами.

Среди них известные системы – LEED (США); BREAM (Великобритания); DGNB (Германия); Green Star (Австралия); CASBEE (Япония); Minergie (Швейцария). В РФ сравнительно недавно появилась аналогичная рейтинговая система оценки качества «Зеленые стандарты», разработанная некоммерческим партнерством «Центр экологической сертификации».

Рейтинговая система оценки качества РФ призвана стимулировать застройщиков, архитекторов и проектировщиков, строителей и эксплуатирующие организации внедрять ресурсосберегающие, энергоэффективные технологии, использовать экологически чистые материалы с целью снижения негативного воздействия объектов недвижимости на здоровье людей и городскую среду. Кроме того, фасадная система озеленения позитивно отражается на показателях уровня энергопотребления – повышает теплоизоляцию и снижает теплопотери через ограждающие конструкции, обеспечивает солнцезащиту и охлаждение за счет испарения влаги и снижения скорости ветра. Также затенение растениями снижает температурный градиент на внутренней и внешней поверхности ограждающих конструкций. Следовательно, снижается теплопроводность конструкций и инфильтрация воздуха внутрь помещений, что обеспечивает уменьшение потребления электроэнергии зданием [5].

Зеленые стены и фасады способствуют увеличению биоразнообразия. Наиболее характерные виды – мхи, папоротники, очиток едкий, печеночный мох, травы, лианы и даже некоторые хвойные (тис, ель). Эти виды растений хорошо приспосабливаются к жизни на вертикальных поверхностях стен благодаря их неприхотливости.

Отметим также эксплуатационные преимущества внутреннего озеленения, а именно в высотных зданиях позволяет решить проблемы, связанные с недостаточной работой систем вентиляции или кондиционирования. Растения в данном случае влияют на снижение количества патогенных летучих соединений, увеличение кислорода, меняют физическое состояние молекул, ионизируя воздух. Внутренние озелененные пространства также являются местами отдыха и психологической разгрузки для людей. Обычно под них отводятся отдельные помещения, а иногда и целые этажи, атриумные пространства [6].

Для максимизации эффекта от вертикального озеленения на зданиях со светопрозрачными фасадными оболочками необходимо установить возможные сочетания используемых конструктивных систем (таблица 3).

Таблица 3 – Применение систем вертикального озеленения для конструктивных систем светопрозрачных оболочек зданий

| Конструкция | Войлочная система | Модульная система | Контейнерная система |
|---|--|---|---|
| Стойчно-ригельная КСНФ | локально путем установки вместо одного или нескольких стекол | рекомендуется вместо выступающих вертикальных и горизонтальных защитных накладок на стойки и ригели | рекомендуется использование в качестве озеленения, внутреннего пространства здания |
| Структурная КСНФ | локально путем установки вместо одного или нескольких стекол | рекомендуется путем креплением в промежутках между стеклами и заходом на светопрозрачное заполнение конструкции | рекомендуется использование в качестве озеленения, внутреннего пространства здания |
| Полуструктурная КСНФ | локально путем установки вместо одного или нескольких стекол | рекомендуется путем крепления в промежутках между стеклами и заходом на светопрозрачное заполнение конструкции | рекомендуется использование в качестве озеленения, внутреннего пространства здания |
| Спайдерная КСНФ по несущим конструкциям | локально путем установки вместо одного или нескольких стекол, но присутствуют сложности в креплении системы к несущим конструкциям | рекомендуется путем крепления в промежутках между стеклами и заходом на светопрозрачное заполнение конструкции | рекомендуется использование в качестве озеленения, внутреннего пространства здания с возможностью использования вьющихся растений, путь роста которых пролегает по несущим конструкциям |
| Спайдерная КСНФ по стеклянным ребрам | не рекомендуется ввиду особой сложности крепления к несущим конструкциям | не рекомендуется ввиду особой сложности крепления к несущим конструкциям | рекомендуется использование в качестве озеленения, внутреннего пространства здания с возможностью использования вьющихся растений, путь роста которых пролегает по несущим конструкциям |
| Спайдерная КСНФ по металлическим трубам | не рекомендуется ввиду особой сложности крепления к несущим конструкциям | не рекомендуется ввиду особой сложности крепления к несущим конструкциям | рекомендуется использование в качестве озеленения, внутреннего пространства здания с возможностью использования вьющихся растений, путь роста которых пролегает по несущим конструкциям |
| Спайдерная КСНФ по вантам | не рекомендуется ввиду особой сложности крепления к несущим конструкциям | не рекомендуется ввиду особой сложности крепления к несущим конструкциям | рекомендуется использование в качестве озеленения, внутреннего пространства здания с возможностью использования вьющихся растений, путь роста которых пролегает по несущим конструкциям |
| Двойной фасад | не рекомендуется ввиду ухудшения эстетики внешнего облика здания | рекомендуется в пространстве между стеклами и заходом на светопрозрачной конструкции в виде наружного озеленения на внешнем контуре | рекомендуется в качестве внутреннего озеленения, располагаемого между наружным и внутренним контурами фасадного остекления здания |

Стекло, как элемент светопрозрачных фасадных систем, обладает рядом свойств, отличающих его от традиционных оконных в силу необходимости решения ряда архитектурных и конструктивных задач, а именно: светопропускание для естественного освещения внутренних помещений, шумоизоляция, прочность, теплозащита, защита от перегрева в жаркое время, требования к эстетическим свойствам и др. [3],[8],[9].

Обзор и анализ научно-технических источников, в том числе проведенный патентный поиск позволяет систематизировать и произвести сравнительную характеристику инновационных видов стекла. Они предоставляют возможности достижения энергоэффективности, поскольку они функционируют как солнечные батареи, обладают свойствами самоочищения, что особенно важно для высотных зданий со светопрозрачными фасадными системами наряду с использованием эффекта пассивного отопления и снижением затрат на кондиционирование.

Авторами разработаны рекомендации по результатам сравнительного анализа эксплуатационных свойств различных видов инновационного стекла и стеклопакетов с целью оценки выбора варианта вертикального озеленения при устройстве на зданиях со светопрозрачными оболочками (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты сравнительной оценки видов инновационного стекла и стеклопакетов в фасадных оболочках зданий при устройстве систем вертикального озеленения

| Вид стекла | Возможность применения при наружном озеленении | Возможность применения при внутреннем озеленении | Возможность применения при озеленении двойного фасада |
|-------------------------------------|---|--|---|
| Электрохромное стекло | рекомендуется | рекомендуется при использовании тенелюбивых растений | рекомендуется в качестве обоих стекол при использовании тенелюбивых растений и в качестве внутреннего контура остекления для любого вида растений |
| Стекло спандрел | рекомендуется | рекомендуется при использовании тенелюбивых растений | рекомендуется в качестве обоих стекол при использовании тенелюбивых растений и в качестве внутреннего контура остекления для любого вида растений |
| Многофункциональное стекло | рекомендуется | рекомендуется ввиду поддержания приемлемой для жизнедеятельности растений температуры воздуха на границе раздела внутреннего и наружного воздуха | рекомендуется в качестве двух контуров остекления, но наибольший эффект достигается от применения в наружном контуре из-за способности стекла отражать тепло от отопительных приборов обратно в помещение |
| Стекло с фотоэлектрическим эффектом | рекомендуется ограничено ввиду наличия электромагнитного поля при генерации электрического тока | рекомендуется ограничено ввиду наличия электромагнитного поля при генерации электрического тока | рекомендуется ограничено ввиду наличия электромагнитного поля при генерации электрического тока |
| Стеклопакет с электронагревом | рекомендуется | рекомендуется | рекомендуется в качестве двух контуров остекления ввиду возможности поддержания и регулирования температуры |
| Вакуумный стеклопакет | рекомендуется | рекомендуется | рекомендуется в качестве двух контуров остекления ввиду возможности поддержания приемлемой для жизнедеятельности растений температуры |

Заключение

Информационный и патентный поиск выявил отсутствие рекомендаций по применению технологий вертикального озеленения на высотных зданиях различного функционального назначения со светопрозрачными стеклянными оболочками, увеличивающие инсоляцию и освещенность. Цель исследования- решение актуальной проблемы

применения технологий вертикального озеленения на поверхностях светопрозрачных оболочек зданий, которое обычно воспринимается как технология повышения только эстетических и экологических преимуществ.

Исследованиями установлено, что наиболее подходящими для устройства вертикального озеленения являются стоечно-ригельная светопрозрачная оболочка зданий и система двойной светопрозрачной оболочки с модульной и контейнерной системами вертикального озеленения соответственно.

Также хорошо сочетается контейнерная система вертикального озеленения со всеми типами спайдерных светопрозрачных оболочек, кроме вантовой. Среди разнообразных вариантов озеленения стеклянных оболочек наиболее целесообразными системами авторы рекомендуют модульную и многослойную системы.

Изучение вариантов видов растений для использования в технологиях вертикального озеленения установлено, что наиболее подходящими для озеленения стеклянных оболочек в условиях климата Нечерноземья являются вечнозеленые карликовые кусты (ель и тис), морозостойкие лианы и мхи, ввиду способности этих растений переносить длительное воздействие низких температур.

Авторами дана сравнительная оценка видов инновационного стекла и стеклопакетов в фасадных оболочках зданий для учета при устройстве систем вертикального озеленения.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89* [Текст]: введен 20.05.2011г.; нормативно-технический материал. – М.: Минрегион России, 2011. – 84 с.
2. СНиП 2.07.01–89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [Текст]: введен 01.01.1990г.; нормативно-технический материал. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2002. – 72 с.
3. Плотноков А.А. Архитектурно-конструктивные принципы и инновации в строительстве стеклянных зданий // Вестник МГСУ. 2015. №11. С. 7–15.
4. Хуснутдинова А.И. Технология вертикального озеленения / А.И. Хуснутдинова, О.П. Александрова, А.Н. Новик // Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304–6295. №12 (51). 2016. стр. 20–32.
5. Бродач М.И. Рынок зеленого строительства в России – Здания высоких технологий– зима 2013. с. 27.
6. Дорожкина Е.А. Влияние растений на микроклимат помещений и организм человека – Международный научный журнал «Символ науки» – № 4 – 2015.
7. Сергеева Н.Д. Методология организационно-технологической подготовки на объектах примыкающего шумозащитного озеленения: Монография / Н.Д. Сергеева, В.В. Цыганков. – Брянск, БГИТУ, 2018 – 146 с.
8. Poirazi N. Double Skin Façades for Office Buildings. Lund University, 2004.
9. Schüco Алюминиевая оконная система AWS / [Электронный ресурс]. URL: <http://www.yarmak.ru/images/alyuminievaya-okonnaya-sistema-AWS.pdf>. (дата обращения 23.05.2020)
10. Wood A. Bahrami P. Safarik D. Green Walls in High-Rise Buildings – HK: Everbest Printing Co Ltd – 2014.

Список литературы на английском языке / References in English

1. SP 42.13330.2011 Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastroyka gorodskih i sel'skih poselenij. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.07.01–89* [Town planning. Planning and development of urban and rural settlements. Updated version of SNiP 2.07.01–89]: vveden 20.05.2011g.; normativno–tehnicheskij material [introduced 20.05.2011; Regulatory and technical material]. – M.: Minregion Rossii, 2011. – 84 p.
2. SNiP 2.07.01–89* Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastroyka gorodskih i sel'skih poselenij [Town planning. Planning and building of city and rural settlements it is entered 01.01.1990; Regulatory and technical material]: vveden 01.01.1990g.; normativno–tehnicheskij material. – M.: Gosstroj Rossii, GUP CPP, 2002. – 72 p.
3. Plotnikov A.A. Arhitekturno–konstruktivnye principy i innovacii v stroitel'stve stekljannyh zdaniy [Architectural and constructive principles and innovations in the construction of glass buildings] // Vestnik MGSU [Journal of MGSU]. – 2015. №11. P. 7–15.
4. Husnutdinova A.I. Tehnologija vertikal'nogo ozelenenija [Vertical greening technology] / A.I. Husnutdinova, O.P. Aleksandrova, A.N. Novik // Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij [Construction of unique buildings and structures]. ISSN 2304–6295. №12 (51). 2016. P. 20–32.
5. Brodach M.I. Rynok zelenogo stroitel'stva v Rossii – Zdaniya vysokih tehnologij– zima 2013 [Brodach Market of green construction in Russia - Buildings of high technology - winter 2013]. P. 27.
6. Dorozhkina E.A. Vlijanie rastenij na mikroklimat pomeshhenij i organizm cheloveka [Impact of Plants on the Microclimate of Premises and the Human Body] – Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal «Simvol nauki» [International Scientific Journal "Symbol of Science"] – № 4 – 2015.
7. Sergeeva N.D. Metodologija organizacionno–tehnologicheskoy podgotovki na obekтах primagistral'nogo shumozashhitnogo ozelenenija: Monografija [Methodology of organizational and technological preparation at the facilities of offshore noise protection greening: Monography] / N.D. Sergeeva, V.V. Cygankov. – Brjansk, BGITU, 2018 – 146 p.
8. Poirazi N. Double Skin Façades for Office Buildings [Double Skin Façades for Office Buildings]. Lund University, 2004.
9. Schüco Аluminievaja okonnaja sistema AWS [AWS Aluminum Window System] / [Electronic resurs]. URL: <http://www.yarmak.ru/images/alyuminievaya-okonnaya-sistema-AWS.pdf>. (accessed 23.05.2020)
10. Wood A. Bahrami P. Safarik D. Green Walls in High-Rise Buildings – HK: Everbest Printing Co Ltd – 2014.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.034>

СОВРЕМЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОСТРОЕК НАЧАЛА XX ВЕКА В Г. ХАРБИНЕ

Научная статья

Лавя Д.А. *

ORCID: 0000-0001-5359-818X,

ТОГУ, Хабаровск, Россия

* Корреспондирующий автор (dashulia_lava[at]mail.ru)

Аннотация

Исследование посвящено проблемам охраны и использования построек русских архитекторов в историческом районе Пристани г. Харбина. В настоящее время китайские архитекторы и историки проявляют большой интерес к русской культуре, значительное количество памятников архитектуры восстановлено и находится в сохранном состоянии. Но обследование района Пристани позволило выявить целые улицы со старой обветшавшей застройкой, которая в настоящее время заброшена, либо неправильно эксплуатируется, что способствует ее дальнейшему обветшанию. Состояние зданий и отсутствие мероприятий по охране позволяет государственным органам в любой момент снести данные объекты. Поэтому необходимо разработать стратегию восстановления и дальнейшего приспособления данных объектов русской культуры и истории к современным условиям.

Ключевые слова: Харбин, приспособление, реставрация, реконструкция, историко-культурное наследие, памятники архитектуры.

MODERN USE OF BUILDINGS OF THE BEGINNING OF THE XX CENTURY IN HARBIN

Research article

Lava D.A. *

ORCID: 0000-0001-5359-818X,

Pacific National University (PNU), Khabarovsk, Russia

* Correspondent author (dashulia_lava[at]mail.ru)

Abstract

The study is devoted to the problems of the protection and use of buildings of the Russian architects in the historic Harbor area of Harbin. At present, Chinese architects and historians show great interest in Russian culture; a significant number of architectural monuments have been restored and are in a good state. However, a survey of the Harbor area revealed whole streets with old, dilapidated buildings, which are currently abandoned or improperly operated, which contributes to their further decay. The state of buildings and the lack of security measures allow government agencies to demolish these objects at any time. Therefore, it is necessary to develop a strategy for the restoration and further restoration of these objects of Russian culture and history.

Keywords: Harbin, adaptation, restoration, reconstruction, historical and cultural heritage, architectural monuments.

Введение

Здание, если оно не эксплуатируется, приходит в состояние обветшания, так как не производятся работы по ремонту и укреплению его конструкций, происходит разрушение материалов под влиянием химических и биологических воздействий. Не редко заброшенные здания становятся объектами вандализма. В качестве примера можно привести памятники деревянного зодчества (церковь Николая Чудотворца в Архангельской области) и старинные усадьбы (усадьба Рассушина в г. Иркутске), которые постепенно разрушаются и разбираются на части самими жителями города. [10].

Проблема заброшенной исторически-ценной застройки касается не только объектов культурного наследия в России, но построек эмигрантов в русском зарубежье. Так, в Харбине целый ряд заброшенных объектов (32 здания) располагается по историческим русским улицам Мостовая, Короткая, Сквозная, Ямская и др. Постройки выполнены в стиле модерн, неоклассицизм, ар-деко и «кирпичной» архитектуры.

Методы и принципы исследования. В ходе исследования района Пристани в г. Харбине были выявлены русские постройки, требующие реставрации, проведено их натурное обследование, выполнены архитектурные обмеры. На основе полученных данных были выполнены эскизные проекты по реставрации и предложения по современному использованию данных объектов.

В качестве яркого примера неграмотного приспособления можно привести трехэтажное здание по ул. Мостовая. (см. рисунок 1 а). Ранее объект выполнял функцию банка [4, С. 50], но сейчас здесь разместились точки общественного питания. В результате портик с ионической колоннадой почти полностью закрыли новые ограждающие конструкции, в том числе стены и витрины, вывески. В ходе приспособления здания под новые функции, были уничтожены детали и проемы на внешней стене, примыкающей к портику, которая теперь является внутренней и сохранилась фрагментарно. О первоначальном расположении там ордера, известно только по сохранившемуся антаблементу и выглядывающим из-под обшивки капителям колонн. Таким образом, первоначальный вид исторического объекта сильно искажен, и его реставрация станет для архитекторов сложной задачей.

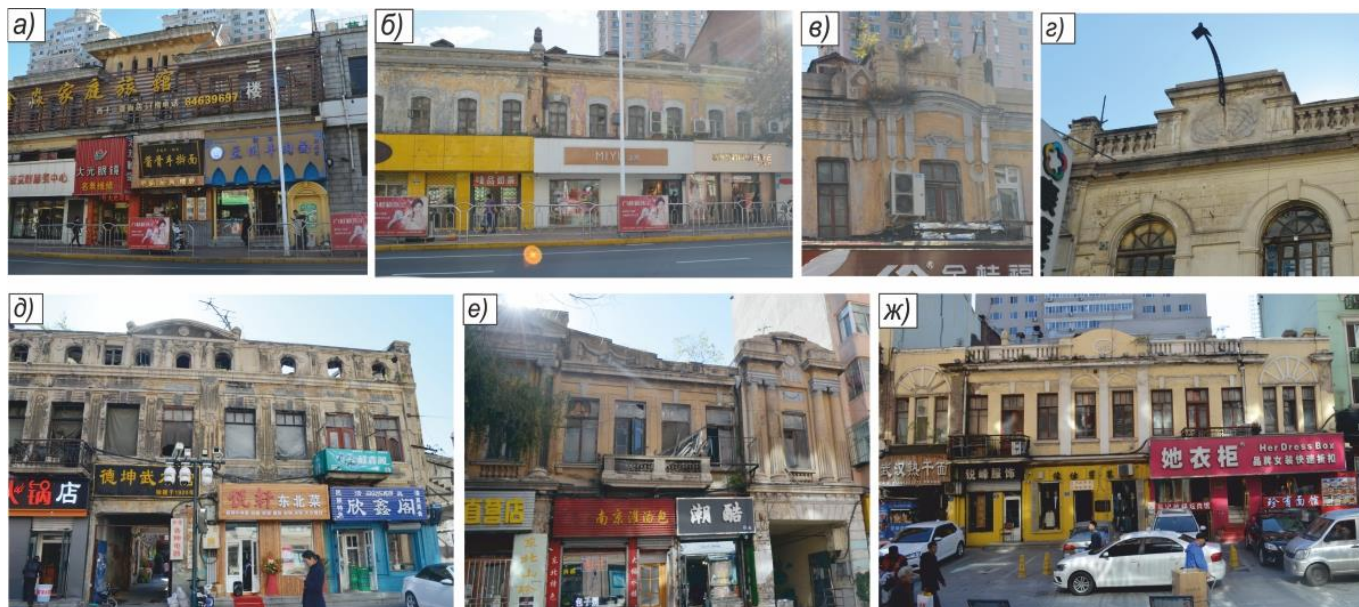


Рис. 1 – Постройки русских эмигрантов на исторических улицах Мостовая, Короткая, Сквозная, Ямская. Источник: фотографии автора

Подобная проблема характерна и для других построек русских, расположенных на Пристани. Исключение составляют памятники архитектуры, выходящие преимущественно на главные композиционные оси района – ул. Центральная, Новоторговая, Диагональную [3, С. 133-134], [7], [9].

Заброшенные дома, которые в свое время покинули жители, сейчас находятся в полуразрушенном состоянии, но активно используются мелкими арендаторами (см. рисунок 1). Здесь расположились мелкие магазины по продаже одежды, сувенирные лавки, рестораны и кафе. Так объекты в свое время не получили статус памятников архитектуры, не были предприняты необходимые меры по их защите. На сегодняшний день, часть декоративных элементов фасадов зданий варварски срезано, стены закрыли агрессивные вывески и современные облицовочные материалы. В качестве такого примера еще один объект по ул. Мостовая (см. рисунок 1 б).

В некоторых случаях первоначальное оформление первых этажей было уничтожено полностью, вместо него первые этажи превратились в одну большую витрину. Например, объект по ул. Ямская, где особенно сильно пострадала правая сторона, вследствие чего здание утратило симметрию фасада (см. рисунок 1 ж).

Реставрация исторически-ценной застройки всегда требует точного ее восстановления, опирающегося на архивные источники и натурное обследование [1, С. 12-13]. Но, к сожалению, во времена, когда объекты еще находились в сохранном состоянии, их исследованием и охраной никто не занимался, поэтому не сохранилось необходимых для реставрации обмеров и фотографий. Постройки русских архитекторов на исторических улицах Мостовая, Сквозная, Короткая, Ямская и др., которые отличаются уникальными архитектурными элементами, не встречающимися на других зданиях Харбина, но между тем они так и не были внесены в списки памятников архитектуры. Реставрация фасадов данных объектов и приспособление их к новым функциям позволит уберечь здания от сноса, позволит в дальнейшем выполнить полную реконструкцию улиц и кварталов с русской застройкой, восстановить в целом историческую среду района Пристани г. Харбина.

Для восстановления рассмотренных объектов необходимо провести демонтаж современных элементов и провести осмотр состояния сохранившихся частей фасада. Возможно выявить местонахождение срезанных элементов по следам, оставшимся на стенах. Часть деталей возможно восстановить по аналогии с деталями верхних этажей зданий. Важно соблюдать принцип обратимости: новые элементы необходимо выполнить из таких материалов, чтобы в случае получения достоверных данных о первоначальном облике объектов, суметь внести изменения в восстановленную часть [1, С. 12-13].

Следующей задачей станет приспособление зданий к новым функциям. Приспособление – это комплекс работ по частичному переустройству исторического объекта и его адаптации к современным условиям [5, С. 68].

Сложной задачей становится проведение к объекту инженерных коммуникаций. В большинстве заброшенных зданий на исторических улицах Харбина ранее отсутствовало отопление, водоснабжение и канализация. Новые коммуникации, проведенные к магазинам, нарушают исторический облик объектов. Часто провода крепятся прямо к декоративным деталям, разрушая их, на фасады загромождают кондиционеры и вентиляционные трубы (см. рисунок 1 б, в). Поэтому сейчас необходим демонтаж подобных элементов с фасадов и скрытая прокладка коммуникаций.

Трудной задачей приспособления становится введение современных элементов в интерьер здания. Не желательным является штробление стен и сводов, инженерное оборудование необходимо декорировать под стиль исторического объекта. Если внутреннее убранство здания полностью уничтожено, либо сохранилось фрагментарно, то архитектор обладает большей свободой творчества и может вносить в интерьер современные элементы [5, 68-71].

Среди удачных примеров приспособления исторических объектов к новым функциям в г. Харбине можно привести памятник архитектуры особняк на Правленской, рассмотренный в Новом городе напротив Политехнического института (см. рисунок 2).



Рис. 2 – Особняк на Правленской. Графическое восстановление исторического облика на основе обмерных чертежей. Источник: [8, 336-341] с дополнениями автора.



Рис. 3 – Особняк на Правленской. Современное состояние Источник: фотография автора.

Здание было построено в стиле модерн в 1903 г. по проекту архитектора Венсана [2, 374-375]. В отличие от заброшенных зданий в районе Пристани особняк на Правленской почти полностью сохранил первоначальный вид (см. рисунок 3). К утраченным частям можно отнести летнюю веранду и часть декоративных деталей главного фасада, выделенных цветом на рисунке 2.

Сейчас объект функционирует как кафе с несколькими отдельными обеденными залами: под один из залов был переоборудован кабинет на первом этаже, бар разместился в вестибюле, коридорное пространство стало использоваться как зона отдыха с библиотекой, а спальня – как кухня. Внутри здания сохранились исторические интерьеры и старинная мебель. На дворовой территории была воссоздана историческая атмосфера за счет пергол, цветочниц, старинной мебели и старых детских игрушек [2, 374-375].

Используя данный подход желательно и при приспособлении других объектов к новым функциям. Важным условием приспособления должно быть уважение к памятнику, недопустимость его повреждения. Необходимо сохранить все ценное, что имеется в объекте, предпринять меры по предотвращению его дальнейшего разрушения, сохранению условий внешнего восприятия старого здания, не допуская искажения внешнего вида и интерьеров [5, 68-71].

Для современного использования исторических объектов по ул. Мостовая, Короткая, Сквозная и Ямская могут быть предложены самые различные функции. Так, бывшие доходные дома, которые отличаются замкнутыми внутренними дворами-колодцами и галереями на дворовых фасадах могут быть использоваться в настоящее время как гостиницы.

Другие здания, являющимися частью камерных уличных пространств, возможно приспособить под вспомогательные корпуса отелей.

На восприятие исторических объектов сильное влияние оказывает окружающая их среда [5, 94]. Поэтому следующей задачей становится работа по благоустройству территории старых зданий. Для создания условий внешнего восприятия исторических объектов необходимо отказаться от асфальтовых покрытий, а отдать предпочтение брусчатке, использовать малые формы, стилизованные под исторические [1, 112-113].

Заключение

Таким образом, на сегодняшний день важной проблемой является охрана русского историко-культурного наследия в г. Харбине. Ценные исторические объекты, расположенные на исторических улицах Мостовая, Короткая, Сквозная и Ямская требуют восстановления их исторического облика и дальнейшее приспособление к современным условиям. Вследствие варварской эксплуатации здания находятся в полуразрушенном состоянии: утрачен первоначальный вид первых этажей зданий, повреждены несущие конструкции, фасады объектов искажены современными элементами и коммуникациями. Для дальнейшего включения старых зданий в жизнь общества необходимо восстановить первоначальный облик объектов (воссоздать утраченные детали, демонтировать современные элементы, выполнить скрытое подключение к коммуникациям), грамотно выбрать новую функцию зданий и выполнить приспособление к ней, воссоздать историческое окружение.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Кедринский А.А. Основы реставрации памятников архитектуры. Обобщение опыта школы ленинградских реставраторов / А.А. Кедринский. – М.: Изобразительное искусство, 1999. – С. 12-13; 112-113
2. Козыренко Н. Е. Архитектурное наследие Харбина / Н. Е. Козыренко, Я. Хунвэй, А. П. Иванова. — Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. – С. 9
3. Козыренко Н. Е. Градостроительное наследие Харбина / Н. Е. Козыренко, Я. Хунвэй, А. П. Иванова. – Хабаровск: изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. — С. 133-134
4. Крадин Н. П. Харбин: русская Атлантида / Н. П. Крадин. — Хабаровск: издатель Хворов А. Ю., 2001. – С. 50
5. Подъяпольский С. С. Реставрация памятников архитектуры / С.С. Подъяпольский, Г. Б. Бессонов, Л. А. Беляев, Т. М. Постникова. — М.: Стройиздат, 1988. – С. 68-71.
6. Сотников Б.Е. Архитектурно-историческая среда: учебное пособие / Б. Е. Сотников.—Ульяновск: УлГТУ, 2010. – С. 94
7. Чан Хуайшин. Искусство архитектуры Харбина: альбом фотографий / Чан Хуайшин. – Харбин: Изд-во Хэйлунцзянской научно-технической прессы, 1990
8. The condensed music. Urban planning Bureau of Harbin municipality. Overview of protected constructions in Harbin / Eds.: Yu Binyang, Xie Qingguo. — Harbin: China Architecture & Building Press, 2005. — vol. 2 – P. 336–341
9. Variations Central Avenue. Memorial Stamp Collection of the Awarded Regeneration Project for Historic Blocks of Central Avenue — Harbin: China Architecture & Building Press, 2005 — P. 5
10. 25 российских памятников архитектуры, которые мы потеряем в ближайшее время [Электронный ресурс] — URL: <http://strelkamag.com/ru/article/25-rossiiskikh-pamyatnikov-arkhitektury-kotorye-my-poteryaem-v-blizhaishee-vreemya> (дата обращения: 27.02.2020)

Список литературы на английском языке / References in English*

1. Kedrinsky A. A. Osnovy restavratsii pamyatnikov arkhitektury. Obobshcheniye opyta shkoly leningradskikh restavratorov [Basics of restoration of architectural monuments. A generalization of the experience of the school of Leningrad restorers] / A. A. Kedrinsky – M.: Izobrazitel'noye iskusstvo, 1999. – P. 12-13; 112-113 [in Russian]
2. Kozyrenko N. E. Arkhitekturnoye nasledie Kharbina [Architectural heritage of Harbin] / N. E. Kozyrenko, Y. Hongwei, A.P. Ivanova. – Khabarovsk: Izdatel'stvo Tikhookeanskogo gosudarstvennogo universiteta, 2015. – P. 9 [in Russian]
3. Kozyrenko N. E. Gradostroitel'noye nasledie Kharbina [Harbin Urban Planning Heritage] / N. E. Kozyrenko, Y. Hongwei, A.P. Ivanova – Khabarovsk: Izdatel'stvo Tikhookeanskogo gosudarstvennogo universiteta, 2015. – P. 133-134 [in Russian]
4. Kradin N. P. Kharbin: russkaya Atlantida [Harbin: Russian Atlantis] / N. P. Kradin. – Khabarovsk: izdatel' Khvorov A. Yu., 2011. – P. 50 [in Russian]
5. Podyapolsky S. S. Restavratsiya pamyatnikov arkhitektury [Restoration of architectural monuments] / S.S. Podyapolsky, G. B. Bessonov, L. A. Belyaev, T. M. Postnikova. - M.: Stroyizdat, 1988. - P. 68–71. [in Russian]
6. Sotnikov B. E. Arkhitekturno-istoricheskaya sreda: uchebnoye posobiye [Architectural and historical environment: a training manual] / B. E. Sotnikov. — Ulyanovsk: Ulyanovsk State Technical University, 2010. – P. 94 [in Russian]
7. Chan Huaishin. The Art of Harbin Architecture: An Album of Photos / Chan Huayshin. – Harbin: Heilongjiang Science and Technology Press, 1990 [in Chinese]
8. The condensed music. Urban planning Bureau of Harbin municipality. Overview of protected constructions in Harbin / Eds.: Yu Binyang, Xie Qingguo. — Harbin: China Architecture & Building Press, 2005. — vol. 2 – P. 336–341 [in Chinese]
9. Variations Central Avenue. Memorial Stamp Collection of the Awarded Regeneration Project for Historic Blocks of Central Avenue — Harbin: China Architecture & Building Press, 2005 — P. 5 [in Chinese]
10. 25 Russian architectural monuments that we will lose in the near future [Electronic resource] URL: <http://strelkamag.com/en/article/25-rossiiskikh-pamyatnikov-arkhitektury-kotorye-my-poteryaem-v-blizhaishee-vreemya> (date treatment: 02.27.2020) [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.035>**ИЗУЧЕНИЕ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ
МОЛОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ DELAVAL**

Научная статья

Артамонова О.А.*Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова,
Пермь, Россия

* Корреспондирующий автор (olga.artamonova.25[at]mail.ru)

Аннотация

Поддержание санитарно-гигиенического состояния доильного оборудования является важнейшим мероприятием при получении качественной молочной продукции. Новые дезинфектанты должны обладать моющими и бактерицидными свойствами. Исследование бактериальной обсемененности узлов доильного оборудования проводилось впервые на территории Пермского края. Выявленные удовлетворительные показатели санитарного состояния создают основу для дальнейшего изучения проблемы и улучшения качества обработки.

Ключевые слова: доильные установки, общее микробное число, коли-титр, санитарно-гигиеническое состояние.

**STUDYING SANITARY AND HYGIENIC CONDITION
OF DELAVAL MILKING EQUIPMENT UNITS**

Research article

Artamonova O.A.*

Perm State Agro-Technological University named after D.N. Pryanishnikov, Perm, Russia

* Corresponding author (olga.artamonova.25[at]mail.ru)

Abstract

Maintaining the sanitary and hygienic condition of milking equipment is the most crucial measure in obtaining high-quality dairy products. New disinfectants must have detergent and bactericidal properties. The author carried out a study of bacterial contamination of milking equipment units for the first time in the Perm Territory. The revealed satisfactory indicators of the sanitary condition provide the basis for further study of the problem and improve the quality of processing.

Keywords: milking machines, total microbial number, coliform count, sanitary and hygienic condition.

Введение

Дезинфицирующие средства должны обладать не только бактерицидным, но и бактериостатическим эффектом, который наблюдается не только в поражении патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, но и в угнетении их жизнедеятельности путем разрушения капсулы и нарушения строения клеточной стенки или замедлением и нарушением метаболизма микроорганизмов [4]. При воздействии дезинфектанта, в первую очередь, погибают бактерии, которые являются менее резистентными к воздействию химических веществ, после, погибают микроорганизмы, относящиеся к более устойчивым и жизнеспособным, ведь для их абсолютной гибели необходимо значительное количество времени и доза дезинфектанта [5].

Дезинфекция – процесс удаления или уничтожения на объектах внешней среды патогенных или условно-патогенных микроорганизмов [10]. На предприятиях молочного направления дезинфекционные мероприятия проводятся различными средствами и факторами окружающей среды, которые приносят разрушительный эффект для бактериальной клетки.

Исследование проводилось в ООО Агропредприятие «Заря Путино» Пермском крае, Верещагинском районе, п. Путино, в марте-апреле 2019-2020 года.

Бактериологическая оценка воды, поступающей на животноводческую ферму является необходимым этапом в проводимом исследовании для оценки качества обработки молочного и доильного оборудования. Для этого исследованиям были подвергнуты 10 проб воды, отобранных из источников хозяйственного водоснабжения фермы п. Путино. Из этих проб было выделено 47 культур микроорганизмов, перечислим некоторых из них – *E. coli*, *Bac. subtilis*, *P. mirabilis*, *E. faecalis*, *E. faecium*, *Myc. fortuitum*, *P. vulgaris* и др. В результате проведенных проб было установлено, что она не соответствует качествам питьевой воды по СанПиНу 2.1.4.1175-02 по микробиологическим показателям. Высокая степень обсемененности таит в себе опасность для получения молочной продукции и может привести эпидемиологическую и эпизоотическую угрозу [6].

На фермерском хозяйстве ООО Агропредприятие «Заря Путино» установлена система молочного оборудования фирмы DeLaval – AIPro и DelPro. На одном комплексе установлена система AIPro с 12-ю доильными аппаратами, доение происходит в два раза – утром и вечером. На втором комплексе установленная система DelPro, которая распределена на 52 доильных аппарата, трехразовая дойка. Общее количество дойного стада 1700 коров. Автоматизированная доильная установка позволяет оптимизировать процесс доения коров и минимизировать труд доярок.

Лабораторные исследования проводились в ГБУВБК «Ветеринарно-диагностический центр» Пермского края и ФГБОУ ВО «ПГМУ имени ак. Е.А. Вагнера Минздрава России», период исследований март-апрель 2019 года. Микробиологический мониторинг доильного и молочного оборудования и качество дезинфекции применяемыми средствами мы проводили в два этапа. Первый этап заключался в исследовании общего микробного числа (ОМЧ) установки AIPro и DelPro до утренней дойки (до У.Д.) и после утренней дойки (п У.Д.) (см. таблицу 1)

Таблица 1 – Бактериальная обсемененность отдельных узлов доильного аппарата DeLaval (установки AIPro и DelPro)

| Наименование узла | AIPro | | | | DelPro | | | |
|-----------------------------|---------------------------|------|---------------------------|------|---------------------------|------|---------------------------|------|
| | ОМЧ, КОЕ/см ² | % | ОМЧ, КОЕ/см ² | % | ОМЧ, КОЕ/см ² | % | ОМЧ, КОЕ/см ² | % |
| | до У.Д. | | п У.Д. | | до У.Д. | | п У.Д. | |
| Поверхность сосковой резины | 357·10 ² ±1,27 | 29,1 | 527·10 ² ±2,24 | 26,6 | 457·10 ² ±1,63 | 29,0 | 739·10 ² ±3,54 | 26,9 |
| Молочный стакан | 276·10 ² ±2,50 | 22,5 | 428·10 ² ±3,80 | 21,4 | 327·10 ² ±1,57 | 20,8 | 658·10 ² ±4,85 | 22,3 |
| Коллектор | 197·10 ² ±8,7 | 16,2 | 386·10 ² ±11,5 | 19,5 | 265·10 ² ±2,30 | 16,8 | 493·10 ² ±4,67 | 16,7 |
| Молочный шланг | 319·10 ² ±1,98 | 26,1 | 465·10 ² ±4,13 | 23,6 | 411·10 ² ±2,03 | 26,1 | 634·10 ² ±1,36 | 21,5 |
| Молокопровод | 74·10 ² ±3,46 | 6,1 | 176·10 ² ±5,74 | 8,9 | 115·10 ² ±5,13 | 7,3 | 372·10 ² ±3,01 | 12,6 |
| Итого | 1223·10 ² | 100 | 1982·10 ² | 100 | 1575·10 ² | 100 | 2950·10 ² | 100 |

Примечание: % - процентное соотношение по отдельным узлам к общему количеству колоний.

В обеих остановках наиболее обсемененным участком аппарата являются поверхности сосковой резины, что объясняется тем, что это место наибольшего контакта с выменем коровы и непосредственно с соском. До утренней дойки этот показатель на установке DelPro больше, чем AIPro, что до дойки объясняется хранением доильного аппарата в доильном зале, в противовес тому, что доильные аппараты системы AIPro хранятся после использования в моечной комнате. Молочный шланг по проценту бактериальной обсемененности находится на втором месте (кроме DelPro после доения – 21,5%) поскольку он представляет изогнутую пластмассовую трубку, в которой может скапливаться вода после промывки системы и является благоприятной средой для размножения бактерий. Молочный стакан в который попадает молоко непосредственно из вымени коровы – вторые ворота для сбора молока, поэтому ОМЧ в нем значительно, особенно после доения коров на обеих установках [1],[2],[3].

Наибольшая бактериальная обсемененность узлов доильного аппарата DeLaval наблюдается в установке DelPro, что объясняется наибольшей пропускной способностью и хранением аппаратов в общем зале для доения коров, так как система является стационарной. Наиболее часто встречающимися группами микроорганизмов являются – *St. epidermidis* (41,4%), *E. coli* (24,4%), *M. luteus* (14,6%), *Mbm. lacticum* (8,9%), *St. lactis* (3,1%), *P. Vulgaris* (2,9%) и другие формы.

После проведения каждого доения молочная система и доильные аппараты промывают моющими средствами кислотного и щелочного состава. На доильной установке DelPro используют моющее средство МС 2000-300 – кислотного состава. Рекомендован для использования в СІР мойках, рН 1% раствора около 2.0. В состав входит вода, стабилизированная смесь кислот, комплексоны, стабилизаторы. Используемое моющее средство МС 2000-900 – щелочное моющее средство. Рекомендован для использования в СІР мойках, рН 1% раствора 12.0. Состав – вода, стабилизированная комбинация щелочей, гипохлорит натрия, комплексоны, стабилизаторы.

На доильной установке AIPro применяется моющее средство с дезинфицирующим эффектом универсальное жидкое ЖЕНИЛЕН СИП К - кислотное, низкопенное. В его состав входит неорганическая кислота, функциональные добавки, вода, 2,0–3,0 рН (водного раствора средства с массовой долей 1%), плотность 1,07 г/см³ при температуре 20°C. Применяется для периодической кислотной мойки поверхностей методом погружения, циркуляции, ручной мойки (ведро-щеткой) [8]. Кроме этого, применяется как и на установленной системе DelPro щелочное моющее средство МС 2000-900.

DeLaval имеет 4 цикла мойки доильных аппаратов и молочного оборудования. На доильной системе DelPro первый цикл – промывка водопроводной водой после доения, на втором этапе дезинфекция, которая заключается в чередовании 2-х этапов обработки щелочным средством МС 2000-900, которое разводится автоматически в пропорции 0,5-2,0 литра раствора на 100 литров воды, рН 1%-го раствора около 12. Затем один цикл кислотной обработки МС 2000-300 с аналогичной пропорцией 0,5-2,0 литра раствора на 100 литров воды, рН 1%-го раствора около 2.

На доильной системе AIPro первый цикл заключается в промывке водопроводной водой после доения. На втором этапе проводится дезинфекция, которая заключается в чередовании 2-х этапов обработки щелочным средством МС 2000-900, которое разводится автоматически в пропорции 0,5-2,0 литра раствора на 100 литров воды, рН 1%-го раствора около 12. [7] Затем один цикл кислотной обработки ЖЕНИЛЕН СИП К с аналогичной пропорцией 100-1000 г средства на 10 литров воды, рН 1%-го раствора около 2-3.

Второй этап заключался в исследовании бактериальной обсемененности с учетом общего микробного числа, коли-титра и наличием патогенной микрофлоры проводились после доения коров и соответствующей обработки дезинфицирующими средствами на установках AIPro и DelPro (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Сравнительное изучение бактериальной обсемененности доильного аппарата DeLaval после обработки дезинфицирующими средствами

| Наименование узла | AlPro | | | | DelPro | | | |
|-----------------------------|---------------------------|------|-----------|-------------------------------|--------------------------|------|-----------|-------------------------------|
| | ОМЧ, КОЕ/см ² | % | Коли-титр | Наличие патогенной микрофлоры | ОМЧ, КОЕ/см ² | % | Коли-титр | Наличие патогенной микрофлоры |
| Поверхность сосковой резины | 238·10 ² ±1,1 | 22,2 | 1,0 | отсутствует | 92·10 ² ±1,43 | 27,2 | 1,0 | отсутствует |
| Молочный стакан | 213·10 ² ±2,0 | 24,8 | Более 1,0 | | 76·10 ² ±1,05 | 22,4 | Более 1,0 | |
| Коллектор | 134·10 ² ±1,3 | 14,0 | Более 1,0 | | 54·10 ² ±2,64 | 16,2 | Более 1,0 | |
| Молочный шланг | 306·10 ² ±1,27 | 32,0 | Более 1,0 | | 84·10 ² ±1,15 | 24,8 | Более 1,0 | |
| Молокопровод | 67·10 ² ±2,74 | 7,0 | Более 1,0 | | 32·10 ² ±1,3 | 9,4 | Более 1,0 | |
| Итого | 958·10 ² | 100 | | | 338·10 ² | 100 | | |

После обработки дезинфицирующими средствами на установке AlPro наблюдается снижение общего микробного числа на 265 КОЕ/см² до утренней дойки и на 1024 КОЕ/см² после доения коров. Наибольшее количество микроорганизмов находится в молочном шланге (32%), наименьшее в системе молокопровода (7,0%). Коли-титр на поверхности сосковой резины характеризуется как удовлетворительный, во всех остальных исследуемых узлах санитарное состояние «хорошее».

Обработка дезинфицирующими средствами на установке DelPro показала лучшие показатели бактериальной обсемененности. Общее микробное число в 3 раза меньше, чем на установке AlPro, также наблюдается уменьшение показателей микробного обсеменения поверхности всех узлов системы, хорошее санитарное состояние по коли-титру в молочном стакане, коллекторе, молочном шланге, молокопроводе, за исключением поверхности сосковой резины, что обусловлено контактом с воздушной средой, в которой могут находиться микроорганизмы *E. coli*. Патогенная микрофлора отсутствует во всех установках, что говорит о благополучном санитарно-гигиеническом состоянии животноводческого комплекса.

Анализ результатов проведенных исследований позволяет говорить о том, что общая микробная обсемененность является важнейшим показателем санитарно-гигиенического состояния различных узлов доильного оборудования. Наибольшие показатели общего микробного числа наблюдаются на месте частого контакта с выменем животного, а также в местах, в которых возможно скапливание воды для размножения микроорганизмов. Дезинфицирующие средства должны обладать моюще-дезинфицирующими свойствами для наибольшего эффекта [9].

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Авазлова А.Ф. Санитарно-бактериологическая оценка доильных аппаратов / А.В. Моргунова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2012. – № 211 – С. 7-11.
2. Авазлова А.Ф. Обеспечение качества санитарно-гигиенического состояния молочного оборудования / А.Ф. Авазлова, А.К. Галлиулин // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. Казань. – 2013. – № 309 – С. 7-10.
3. Аржаков В.Н. Эпизоотологические и методологические подходы к оценке и направленному поиску новых средств дезинфекции: автореф. дис. ...д-ра вет. наук. Омск, 2002. – 38 с.
4. Высоцкого А.Э. Справочник по бактериологическим методам исследований в ветеринарии. / А.Э. Высоцкого, З.Н. Барановской. – М.: КолосС, 2001. – 872 с.
5. Готовкий Г.Д. Оценка токсичности, бактерицидных свойств и коррозионной активности нового дезинфицирующего средства на основе четвертичных соединений аммония / Г.Д. Готовский // Ученые Записки УО ВГАВМ. Витебск. – 2014 – т.50. – вып. 1. – ч. 1. – С. 10-13
6. Иванов Б.Л. Дезинфекция производственных помещений и оборудования / Б.Л. Иванов, А.И. Рудаков, Н.Х. Зиннатуллин, М.А. Лушнов // Вестник технологического университета. – 2017 – Т.20 – №21 – С. 130-133
7. Исаева Т.В. Состояние и основные факторы развития молочного скотоводства и рынка молока Пермского края / Т.В. Исаева, П.А. Исаев, Е.В. Юшкова // Пермский аграрный вестник – 2013 – №4 (4) – С. 56-61.
8. Конобейский А.В. Качество дезинфекции и промывки молокопроводов как фактор уровня гигиены молока / А.В. Конобейский, Б.В. Пьянов, С.В. Лузганов, А.Г. Радайкин // Эффективное животноводство. – 2016. – №6(127) – С. 9-11.
9. Лаушкина Н.Н. Оценка санитарно-бактериологического состояния доильных аппаратов при использовании моюще-дезинфицирующих средств марки «Катрил» и РОМ-ФОС / Н.Н. Лаушкина, Р.А. Сурков // Вестник ОрелГАУ. – 2017 – № 3(66). – С. 104-109.
10. Матвеев В.Ю. Анализ основных требований к режимам промывки молокопроводов доильных установок / В.Ю. Матвеев // Вестник НГИЭИ. Нижний Новгород. – 2013. – №8 – С. 63-68.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Avazalova A.F. Sanitarno-bakteriologicheskaja ocenka doil'nyh apparatov [Sanitary and bacteriological evaluation of milking machines] / A.V. Morgunova // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N.Je. Baumana [Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman]. - 2012. - No. 211 - P. 7-11. [in Russian]
2. Avazalova A.F. Obespechenie kachestva sanitarno-gigienicheskogo sostojanija molochного oborudovanija [Quality assurance of the sanitary-hygienic condition of dairy equipment] / A.F. Avazalova, A.K. Galliulin // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N.Je. Baumana [Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman]. Kazan. - 2013. - No. 309 - P. 7-10. [in Russian]
3. Arzhakov V.N. Jepizootologicheskie i metodologicheskie podhody k ocenke i napravlenному poisku novyh sredstv dezinfekcii [Epizootological and methodological approaches to the assessment and directed search for new means of disinfection]: author. dis. ... Dr. Vet. sciences. Omsk, 2002 -38 p. [in Russian]
4. Vysotsky A.E. Spravochnik po bakteriologicheskim metodam issledovanij v veterinarii [Handbook of bacteriological research methods in veterinary medicine]. / A.E. Vysotsky, Z.N. Baranovsky. - M.: KolosS, 2001. - 872 p. [in Russian]
5. Ready GD Ocenka toksichnosti, baktericidnyh svojstv i korrozijnoj aktivnosti novogo dezinficirujushhego sredstva na osnove chetvertichnyh soedinenij ammonija [Assessment of toxicity, bactericidal properties and corrosive activity of a new disinfectant based on quaternary ammonium compounds] / G.D. Gotovskiy // Uchenye Zapiski UO VGAVM. Vitebsk. - 2014 - Vol.50. - issue. 1. - part 1. - P. 10-13 [in Russian]
6. Ivanov B.L. Dezinfekcija proizvodstvennyh pomeshhenij i oborudovanija [Disinfection of industrial premises and equipment] / B.L. Ivanov, A.I. Rudakov, N.Kh. Zinnatullin, M.A. Lushnov // Bulletin of the Technological University. - 2017 - Vol. 20 - No. 21 - P. 130-1 [in Russian]
7. Isaeva T.V. Sostojanie i osnovnye faktory razvitiya molochного skotovodstva i rynka moloka Permskogo kraja [The state and main factors of development of dairy cattle breeding and the milk market of the Perm Territory] / T.V. Isaeva, P.A. Isaev, E.V. Yushkova // Perm Agrarian Bulletin - 2013 - No. 4 (4) - P. 56-61. [in Russian]
8. Konobeysky A.V. Kachestvo dezinfekcii i promyvki molokoprovodov kak faktor urovnja gigieny moloka [The quality of disinfection and washing of milk pipelines as a factor in the level of milk hygiene] / A.V. Konobeysky, B.V. Pyanov, S.V. Luzganov A.G. Radaikin // Effective animal husbandry. - 2016. - N6 (127) - P. 9-11. [in Russian]
9. Laushkina N.N. Ocenka sanitarno-bakteriologicheskogo sostojanija doil'nyh apparatov pri ispol'zovanii mozhushhe-dezinficirujushhih sredstv marki «Katril» i ROM-FOS [Assessment of the sanitary and bacteriological state of milking machines using detergents and disinfectants brand "Katril" and ROM-FOS] / N.N. Laushkina, R.A. Surkov // Bulletin of the Orel State Agrarian University. - 2017 - N 3 (66). - P. 104-109. [in Russian]
10. Matveev V.Yu. Analiz osnovnyh trebovanij k rezhimam promyvki molokoprovodov doil'nyh ustanovok [Analysis of the basic requirements for washing regimes of milk pipelines of milking units] / V.Yu. Matveev // Bulletin of the NII EI. Nizhny Novgorod. - 2013. - No. 8 - P. 63-68. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.036>**ЭФФЕКТИВНОСТЬ АКАРИЦИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ НАТУРАЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРОТИВ *PSOROPTES CUNICULI***

Научная статья

Бутаков Е.И.^{1*}, Шаманская Л.Д.²¹ORCID: 0000-0003-0228-0387;²ORCID: 0000-0001-8414-4340;^{1, 2}Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, г. Барнаул, Россия

* Корреспондирующий автор (evbubio[at]mail.ru)

Аннотация

Инвазионное заболевание кроликов – псороптоз, вызываемое накожниковым клещом *Psoroptes cuniculi* (Delafond, 1859) и характеризующееся поверхностным поражением кожи, а также, в случае секундарной микрофлоры, поражением оболочек головного мозга, является серьёзной проблемой кролиководства. Практикующиеся аэрозоли химических препаратов: циодрин, акродекс, псороптол или дерматозоль, а также фосфорорганические акарициды не могут обеспечить 100% эффекта из-за отсутствия радикально губительного действия на яйца клещей. Системные препараты (неоцидол, диазинон) высокотоксичны для животных, водных организмов и пчёл. Целью исследований являлось разработать экологически чистые препараты натурального происхождения для девакации чесоточного клеща *Psoroptes cuniculi* в хозяйствах промышленного типа. Задачей исследований было испытать новые препараты, разработанные в Научно-исследовательском институте Сибири и Дальнего востока им М. А. Лисавенко для борьбы с клещами отряда *Acariformes* и содержащие зелёное (инсектицидное) мыло, оказывающее токсическое действие на насекомых и клещей путём плазмолиза, которые прошли широкие испытания на различных садовых культурах открытого и защищённого грунта.

Ключевые слова: псороптоз, кролики, препараты, эффективность.**EFFICIENCY OF USING ACARICIDAL DRUGS OF NATURAL ORIGIN AGAINST *PSOROPTES CUNICULI***

Research article

Butakov E.I.^{1*}, Shamanskaya L.D.²¹ORCID: 0000-0003-0228-0387;²ORCID: 0000-0001-8414-4340;^{1, 2}Federal Altai Scientific Centre for Agro-biotechnology, Barnaul, Russia

* Corresponding author (evbubio[at]mail.ru)

Abstract

Psoroptic scab, an invasive disease of rabbits, caused by mite *Psoroptes cuniculi* (Delafond, 1859) and characterized by superficial skin lesions, as well as, in the case of second microflora, damage to the membranes of the brain, is a serious problem in rabbit breeding. Applied aerosols of chemical preparations include cyodrin, acrodex, psoroptol or dermatozole, as well as organophosphorus acaricides cannot provide 100% effect due to the absence of a radically destructive effect on the mite's eggs. Systemic drugs (neocidol, diazinon) are highly toxic to animals, aquatic organisms and bees. The aim of the research was to develop environmentally friendly preparations of natural origin for the extermination of the *Psoroptes cuniculi* scabies at industrial farms. The objective of the research was to test new drugs developed at the M. A. Lisavenko Research Institute of Siberia and the Far East on *Acariformes* and green (insecticidal) soap, which has a toxic effect on insects and mites via plasmolysis, which have undergone wide testing on various garden crops of open and protected ground.

Keywords: Psoroptic scab, rabbits, drugs, effectiveness.**Введение**

Псороптоз кроликов – заразное заболевание, вызываемое накожниковым клещом *Psoroptes cuniculi* (Delafond, 1859), характеризуется зудом и поверхностным поражением кожи. В начальной стадии заболевание поражает основание слухового прохода. В запущенной форме клещи выползают из ушных раковин и поражают близлежащие области кожи по всему телу [1]. При осложнении секундарной микрофлорой наблюдаются: прободение барабанной перепонки, воспаление среднего уха, поражение оболочек головного мозга. Повышается температура тела, ухудшается аппетит, отмечается кривоголовость.

Препараты циодрин, дикрезил, акродекс, псороптол, дерматозоль и гипосульфитотерапия [2] не убивают яйца клещей. В последние годы для борьбы с эктопаразитами кроликов используются пиретроидные акарициды: децис (2,5% к.э.), стомозан (20% э.к.), цимбуш (25% э.к.), бутокс (0,005% д.в.), мустанг (0,0015% к.э.) при двукратной обработке. Применяются системные препараты: отодектин в дозе 0,2 мл/кг веса (подкожно), двукратно; дектомакс, в дозе 0,02 мл/кг веса (подкожно, однократно). Ряд эффективных препаратов имеют ряд ограничений: Неоцидол температура хранения не выше +25°C; ПЭКТ, Бутокс, Цидектин при попадании в субстрат могут снижать количество личинок мух и почвенных нематод, перерабатывающих навоз; Циодрин убий через 5 суток, голову утилизируют.

Новый препарат – 1%-ный ивомек (действующее вещество – ивермектин). Его действие основано на подавлении передачи нервного импульса у паразита. Однако есть данные, что у молодых животных ввиду большей проницаемости гематоэнцефалического барьера он может вызывать болевой шок или гибель от повышенной идиосинкразии [4, 5] при иммунодепрессивном воздействии [3]. В связи с этим актуальна разработка новых, эффективных, экологически безопасных препаратов. Такие препараты на основе природных биологически активных веществ натурального происхождения разработаны в Научно-исследовательском институте Сибири и Дальнего востока им М. А. Лисавенко для борьбы с вредителями (клещами отряда *Acariformes* и насекомыми) садовых растений и прошли широкие испытания

на различных садовых культурах открытого и защищённого грунта [6]. В состав препаратов входит зелёное (инсектицидное) мыло, которое оказывает токсическое действие на насекомых и клещей путём плазмолитического действия [7].

Целью исследований являлось: разработать эффективные, экологически чистые способы очищения домашних кроликов от чесоточного клеща *Psoroptes cuniculi*.

В задачу исследований входило: испытать препараты против клеща *Psoroptes cuniculi* на кроликах.

Материалы, методы и принципы исследования

Изучалось действие экологически чистых препаратов натурального происхождения на основе тыквенного масла, муравьиной кислоты, жидкого инсектицидного мыла с гидролизатом *Artemia* sp., липидов растительного происхождения с органическими кислотами на клеща *Psoroptes cuniculi*. Производственные опыты проводились на кроликах *Калифорнийской породы*, имевших лёгкую, среднюю и сильную степень поражения псороптозом. Степени инвазии определялись по следующим критериям. Лёгкая степень – заболевание имело очаговый характер с развитием по типу мокнущей экземы. Общее состояние кроликов удовлетворительное. Средняя степень – наличие большого количества корочек и струпуев, выстилающих ушную раковину. Основание уха утолщено, раковина инфильтрована, ухо отвислое и болезненно. Кролики обеспокоены. Сильная степень – распространение паталогического процесса на основание ушной раковины, наружный слуховой проход, шею, спину, пальцы передних ног. Ушные раковины покрыты толстой, слоистой коркой. Больные кролики угнетены.

Для изучения действия акарицидных препаратов были поставлены опыты в лабораторных условиях на клещах *Psoroptes cuniculi*. Собирались активные клещи из ушных раковин кроликов, поражённых псороптозом. Размещались клещи по 10 особей на тканевые салфетки, смоченные в 1 мл эмульсии препаратов и помещали в термостат при 27–30С° и относительной влажности 85–95% [8]. Контрольные клещи смачивались дистиллированной водой. Учёт гибели клещей проводился трёхкратно через 3, 6, 12, 24 часа [9]. Препараты, показавшие высокую эффективность, отбирались для производственных испытаний. Контрольный учёт гибели клещей проводился трёхкратно. В производственном опыте препарат вносили по 2 мл в ушную раковину, двукратно с интервалом 10 дней. Животных обрабатывали растворами 8-ми акарицидных композиций и препаратов в различных концентрациях. Наблюдение за кроликами велось в течение 30 дней.

Производственные опыты против чесоточного клеща *Psoroptes cuniculi* проводили в условиях кроликокомплекса «Рошинский» – предприятия с закрытым циклом производства. Для опытов брали кроликов живой массой 2,5–3,5 кг, у которых были обнаружены клещи. Формировались 3 группы кроликов с лёгкой (435 голов), средней (224 голов) и тяжёлой (43 голов) степенями поражения псороптозом. Контроль – 10 голов. Диагноз определялся по наличию и развитию отёков у основания слухового прохода, заметности корочек, утолщению основания уха, подвижности и аппетиту животного [10].

Основные результаты

При испытаниях препаратов кроликов опытных групп обрабатывали растворами 8-ми акарицидных композиций и препаратов (Таблица 1, с рабочими названиями препаратов).

При лёгкой степени псороптоза 100% выздоровление животных отмечено при обработке Артафидином и акарицидной композицией на основе тыквенного масла (Т.м.). При средней и тяжёлой степенях полное выздоровление животных отмечено только при использовании Артафидина в концентрациях 4% и 8%.

После двукратной обработки 4% и 8% раствором Артафидина у всех подопытных животных не было клинического проявления псороптоза. В соскобах не обнаруживались живые клещи и личинки *Psoroptes cuniculi*. При обработке животных 4% раствором псороптозные корочки у животных отходили более медленно, чем у животных, обработанных 8% раствором препарата. При обработке животных 8% раствором акарицидной композиции на основе тыквенного масла (Т.м.) у 100% кроликов с лёгкой и у 91,6% средней степенью наступало выздоровление в течение 30 дней. С тяжёлой формой псороптоза выздоровление не наступало. Обработка 4% раствором этой композиции у всех подопытных животных с лёгкой и у 86,6% со средней степенью произвела полное выздоровление. У животных с тяжёлой формой выздоровление не отмечено. У животных, обработанных 8% растворами композиции на основе муравьиной кислоты (М.к.) и препарата Афилина, отмечались расчёсы ушных раковин.

Таблица 1. – Эффективность препаратов в разной степени поражения кроликов псороптозом

| № группы | Название препарата, концентрация р-ра | Степень поражения псороптозом | | | | | | | | |
|----------|--|-------------------------------|------------------------|------------------|--------------------|------------------------|------------------|--------------------|------------------------|------------------|
| | | лёгкая | | | средняя | | | тяжёлая | | |
| | | Σ больных животных | выздоровевшие животные | эффективность, % | Σ больных животных | выздоровевшие животные | эффективность, % | Σ больных животных | выздоровевшие животные | эффективность, % |
| 1 | М. к., 8% | 92 | 83 | 90,2 | 32 | 21 | 65,6 | 6 | 0 | 0 |
| 2 | Афидин, 8% | 40 | 37 | 92,5 | 27 | 23 | 85,2 | 5 | 0 | 0 |
| 3 | Т. м., 8% | 51 | 51 | 100 | 24 | 22 | 91,6 | 5 | 0 | 0 |
| 4 | Артафидин, 8% | 51 | 51 | 100 | 23 | 23 | 100 | 6 | 6 | 100 |
| 5 | М. к., 4% | 53 | 46 | 86,8 | 41 | 29 | 69,0 | 6 | 0 | 0 |
| 6 | Афидин, 4% | 40 | 34 | 85,0 | 35 | 26 | 74,3 | 5 | 0 | 0 |
| 7 | Т. м., 4% | 34 | 34 | 100 | 21 | 18 | 85,7 | 5 | 0 | 0 |
| 8 | Артафидин, 4% | 74 | 74 | 100 | 21 | 21 | 100 | 5 | 5 | 100 |
| 9 | Контроль (дистиллят) | 10 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 |

На основании статистической обработки результатов получены следующие результаты: у кроликов с лёгкой степенью псороптоза эффективность действия препаратов Артафидин 4 и 8% и Т. м. 4 и 8% составила $100\% \pm 0,00\%$ (в долях $1,00 \pm 0,00$), при гарантированной эффективности 100%. При обработке кроликов со средней степенью псороптоза у препарата Артафидин 4 и 8% эффективность действия составила $100\% \pm 0,00\%$ (в долях $1,00 \pm 0,00$), при гарантированной эффективности 100%. При обработке кроликов с тяжёлой степенью псороптоза у препарата Артафидин 4 и 8% эффективность действия составила $100\% \pm 0,00\%$ (в долях $1,00 \pm 0,00$), при гарантированной эффективности 100%.

Артафидин в виде 4% и 8%- растворов показал терапевтическую эффективность 100% при лёгкой, средней и тяжёлой степенях поражения псороптозом кроликов при использовании метода введения по 2 мл в каждую ушную раковину животного с интервалом 10 дней. Так как из отложенных самками *Psoroptes cuniculi* яиц, после прохождения последовательно стадий личинки, протонимфы и телеонимфы, появляются самцы в среднем через 18 дней, а самки в среднем через 22,5 дня, при отсутствии личинок в соскобах ушей выздоровевших кроликов в опыте с артафидином, следует заключить, что данный препарат обладает овицидным действием. В течение 30 дней негативных явлений воздействия препаратов на организм животных, не наблюдали. У животных контрольной группы оставались клинические признаки болезни, а в соскобах, бравшихся в ушных раковинах на протяжении всего опыта, обнаруживался кожный чесоточный клещ на различных фазах развития.

Выводы

1. Артафидин в виде 4% и 8% растворов обладает терапевтической эффективностью 100% при лёгкой, средней и тяжёлой степенях поражения псороптозом кроликов при использовании метода введения по 2 мл в каждую ушную раковину животного с интервалом 10 дней.
2. Разработаны экологически чистые, натурального происхождения препараты, обладающие высокой эффективностью. Препараты рекомендованы Всероссийским (в прошлом Всесоюзным) научно-исследовательским институтом ветеринарной энтомологии и арахнологии в качестве радикального и профилактического средства борьбы с клещом *Psoroptes cuniculi*.
3. Так как из отложенных самками *Psoroptes cuniculi* яиц, после прохождения последовательно стадий личинки, протонимфы и телеонимфы, появляются самцы в среднем через 18 дней, а самки в среднем через 22,5 дня, при отсутствии личинок в соскобах ушей выздоровевших кроликов в опыте с Артафидином, следует заключить, что данный препарат обладает овицидным действием.
4. Препарат Артафидин может способствовать получению экологически чистой продукции кролиководства.
5. Научная новизна препарата Артафидин подтверждена патентом RU № 2123846.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Дубинин В.Б. Чесоточные клещи. Их биология, вред в сельском хозяйстве, меры профилактики и борьба с ними. / В. Б. Дубинин М.: Советская наука. – 1954. – 172 с.
2. Дёмина М.Ф. Болезни кроликов. / М.Ф. Дёмина, С.В. Леонтьук, А.А. Дубницкий, Б.А. Гусев, М.: Гос. изд. с/х литературы. – 1959. – 187 с.
3. Пат. 2123846 Российская Федерация, МПК А61К 31/381, А61К 31/125, А61К 31/38, А61Р 33/14. Концентрат для лечения псороптоза сельскохозяйственных животных. / Губина Т.И., Кутепова Ю.И., Ларионов С.В., Резяпкин И.Н. Патентообладатели: Научно-исследовательский ин-т химии при Саратовском государственном университете имени Н.Г. Чернышевского - №97117703/13, 1997.10.29; заявл. 1997.10.29; опубл. 1998.12.27
4. Ильященко В.И. Эффективность ивомека при нотоэдрозе и отодектозе кошек. / В. И. Ильященко // Ветеринария. – 1992. – №1. – с. 58–59.
5. "Waltham Focus". U.S.A. m. 6. N 2. 1996.
6. Шаманская Л.Д. Эффективность новых средств защиты растений на основе природных биологически активных веществ. / Л. Д. Шаманская // Современные средства, методы и технологии защиты растений. Новосибирск. – 2008. – с. 204–209.
7. Карумидзе С.А. Основы химической защиты растений. / С.А. Карумидзе М.: Сельхозгиз. – 1960. – 111 с.
8. Дезинсекция. Методы определения эффективности инсектицидов, акарицидов, регуляторов развития и репеллентов, используемых в медицинской дезинсекции. N МУ 3.5.2.1759-03. п. 4.18.1. Метод погружения для исследования жидких препаративных средств. – 28 сентября 2003 г.
9. Дезинсекция. Методы определения эффективности инсектицидов, акарицидов, регуляторов развития и репеллентов, используемых в медицинской дезинсекции. N МУ 3.5.2.1759-03. п. 4.18. Методы оценки эффективности средств (скабицидов) для уничтожения чесоточных клещей. – 28 сентября 2003 г.
10. Коробов А.В. Практикум по основам ветеринарии. / А.В. Коробов, В.Т. Кумков, Ф.И. Василевич, В.В. Храмцов, М.: Колос. – 2004. – 200 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Dubinin V.B. Chesotochnye kleshhi. Ih biologiya, vred v selskom khozyaistve, mery profilaktiki i borba s nimi. [Scabies mites. Their Biology, Harm in Agriculture, Preventive Measures and Fight against them] / V. B. Dubinin M.: Soviet Science. – 1954. – 172 p. [in Russian]
2. Dyomina M.F. Bolezni krolikov. [Diseases of the Rabbits] / M.F. Demina, S.V. Leontyuk, A.A. Dubnitsky, B.A. Gusev, M.: State. Publ. House of Agricultural Literature. – 1959. – 187 p. [in Russian]
3. Pat. 2123846 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A61K 31/381, A61K 31/125, A61K 31/38, A61P 33/14. Kontsentrat dlya lecheniya psoroptoza selskokhozyaistvennykh zhivotnykh. [Pat. 2123846 Russian Federation, IPC A61K 31/381, A61K 31/125,

A61K 31/38, A61P 33/14. Concentrate for the Treatment of Psoroptosis in Farm Animals] / Gubina T.I., Kutepova Yu.I., Larionov S.V., Rezyapkin I.N. Patent Owners: Scientific Research Institute of Chemistry at the N.G. Chernyshevsky Saratov State University - No. 97117703/13, 1997.10.29; declared 1997.10.29; publ. 1998.12.27 [in Russian]

4. Ilyashchenko V.I. Effektivnost ivomeka pri notoedroze i otodektoze koshek. [Efficacy of Ivomek in Case of Cat's Notothodrosis and Otodectosis] / V.I. Ilyashchenko // Veterinary Medicine. - 1992. - No.1. - p. 58-59. [in Russian]

5. "Waltham Focus ". U.S.A. m. 6. N 2. 1996.

6. Shamanskaya L.D. Effektivnost novykh sredstv zashchity rastenii na osnove prirodnnykh biologicheskii aktivnykh veshchestv. [Effectiveness of New Plant Protection Products Based on Natural Biologically Active Substances] / L. D. Shamanskaya // Modern Means, Methods and Technologies of Plant Protection. Novosibirsk – 2008. – p. 204–209. [in Russian]

7. Karumidze S.A. Osnovy khimicheskoi zashchity rastenii [Fundamentals of Chemical Plant Protection]. / S.A. Karumidze M.: Selkhozgiz. – 1960. – 111 p. [in Russian]

8. Dezinseksiya. Metody opredeleniya effektivnosti insektitsidov, akaritsidov, regulyatorov razvitiya i repellentov, ispolzuemykh v meditsinsko dezinsekcii. [Pest Control. Methods for Determining the Effectiveness of Insecticides, Acaricides, Development Regulators and Repellents used in Medical Pest Control] N MU 3.5.2.1759-03. Paragraph 4.18.1. Immersion Method for the Study of Liquid Drugs. - September 28, 2003 [in Russian]

9. Dezinseksiya. Metody opredeleniya effektivnosti insektitsidov, akaritsidov, regulyatorov razvitiya i repellentov, ispolzuemykh v meditsinsko dezinsekcii [Pest Control. Methods for Determining the Effectiveness of Insecticides, Acaricides, Development Regulators and Repellents used in Medical Pest Control]. N MU 3.5.2.1759-03. Paragraph 4.18. Methods for assessing the effectiveness of agents (scabicides) for the destruction of scabies mites. – September 28, 2003 [in Russian]

10. Korobov A.V. Praktikum po osnovam veterinarii. [Workshop on the Basics of Veterinary Medicine] / A.V. Korobov, V.T. Kumkov, F.I. Vasilevich, V.V. Khrantsov, M.: Kolos. – 2004. – 200 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.037>

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ И ПРОДУКТИВНОГО ДОЛГОЛЕТИЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В УСЛОВИЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Научная статья

Коваленко А.В.¹, Фетюкова А.С.^{2*}

^{1,2} Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, Новочеркасск, Россия

* Корреспондирующий автор (akiptenko[at]mail.ru)

Аннотация

В предложенной статье приведены результаты анализа адаптации импортного высокопродуктивного молочного скота импортной селекции в условиях Российской Федерации. В ходе обзора исследований показали, что импорт молочного скота сопровождается высокой заболеваемостью животных в период их адаптации к новым условиям. Комплексное изучение данной проблемы поможет снизить экономические убытки и продлить продуктивное здоровье поголовья.

Ключевые слова: продолжительность хозяйственного использования, импортный скот, адаптация, молочный скот.

SOME ASPECTS OF PRODUCTIVE LONGEVITY OF CATTLE IN THE RUSSIAN FEDERATION

Research article

Kovalenko A.V.¹, Fetyukova A.S.^{2*}

^{1,2} North Caucasian Area Research Veterinary Institute, Novocherkassk, Russia

* Corresponding author (akiptenko[at]mail.ru)

Abstract

This article presents the results of the analysis of the adaptation of imported highly productive dairy cattle of imported selection in the Russian Federation. A review of the studies showed that the import of dairy cattle is accompanied by a high incidence of disease among animals during their adaptation to new conditions. A comprehensive study of this problem will help reduce economic losses and extend the productive health of the livestock.

Keywords: duration of economic use, imported cattle, adaptation, dairy cattle.

Введение

Молочное скотоводство является одним из главных направлений современного животноводства. В России издавна хорошо развиты традиции производства и потребления молока, в первую очередь коровьего. И хотя доля молочных продуктов в рационе современных россиян значительно сократилась, они по-прежнему очень востребованы, а потому состояние отрасли имеет большое значение как для экономики, так и для продовольственной безопасности государства.

Поголовье крупного рогатого скота в нашей стране снижается. Основное падение численности приходится на молочное стадо, в особенности это касается сельскохозяйственных предприятий. Как следствие — ежегодно осложняется ситуация с сырьевым обеспечением молочной промышленности.

В целях повышения эффективности сельскохозяйственного производства, сохранения и наращивания ресурсного потенциала, способствующего созданию условий для обеспечения населения области основными видами сельскохозяйственной продукции

Основная часть

Около двадцати лет назад Россия насчитывала 48 тысяч крупных коллективных хозяйств на селе. Сегодня их количество сократилось вчетверо, и 30% из них стала убыточной.

Согласно расчетам исследовательской компании «Текарт», с 2007 по 2014 годы поголовье молочных коров в сельскохозяйственных организациях сократилось на 23% — с 3,7 млн до 2,8 млн голов. За тот же период падение численности стада крупного рогатого скота в сельскохозяйственных организациях составило 17%, в хозяйствах всех категорий (включая личные хозяйства населения) — 11%. Для решения данной проблемы на государственном уровне предпринимается ряд мер по стимулированию развития мясного, молочного и племенного животноводства в нашей стране. Одна из таких мер — введенные преференции на ввоз чистопородных племенных животных из-за рубежа: отсутствует импортная пошлина, а НДС сокращен до 10%. [1]

Проводимая политика позволила увеличить численность племенных хозяйств в нашей стране. Так, согласно данным Государственного племенного регистра, на начало 2019 года в России действовало 295 племенных хозяйств в области мясного скотоводства и 1247 племенных хозяйств в области молочного скотоводства.

Кроме того, растет число современных животноводческих комплексов как мясной, так и молочной направленности. Однако животных для таких комплексов, как правило, закупают импортных.

Рост инвестиционной активности в сельском хозяйстве, строительство крупных ферм, увеличение поголовья скота на действующих предприятиях, открытие и расширение племенных хозяйств — все это провоцирует спрос на качественных племенных животных и приводит к увеличению импорта.

Средняя цена одного ввезенного племенного животного составила в 2014 году 133 463,6 руб., при этом средняя стоимость нетели — 133 518,1 руб., быка — 136 990,9 руб., коровы — 104 463,5 руб.

Чистопородные племенные животные ввозились в нашу страну из 14 стран, лидерами среди поставщиков стали США (38,6%), Германия (23,6%) и Нидерланды (16,5%). [1], [2]

Только из одной Дании за последние 3 года в страну было завезено более 7 тысяч голов молодняка молочных пород.

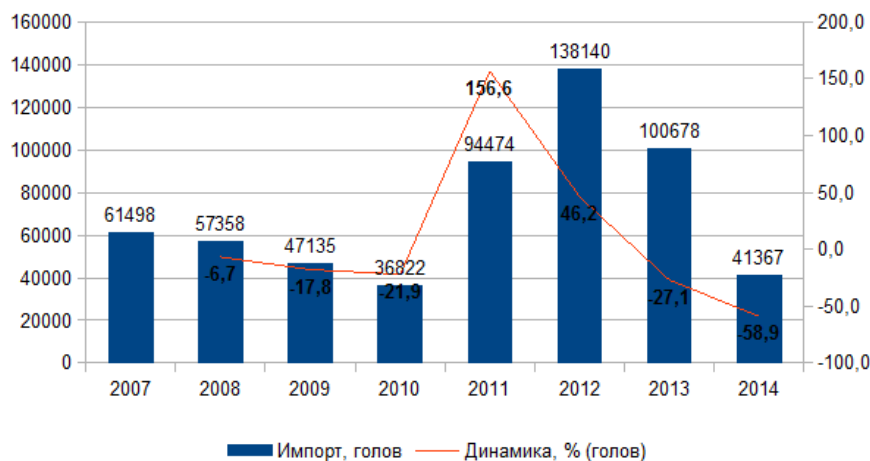


Рис. 1 – Динамика импорта поголовья

Средняя стоимость импортированного животного в 2014 году составила 133 463,6 руб. Самые дорогие животные были привезены из Словакии (183 тыс. руб.), Канады (181 тыс. руб.), Финляндии (173 тыс. руб.).

В рамках реализации Государственной программы развития сельского хозяйства на 2008-2012 гг., где даны основополагающие моменты совершенствования основных отраслей животноводства, возможность их дальнейшего развития в условиях рыночной экономики. В рамках этой программы были сформированы основные задачи и разработаны механизмы дальнейшего увеличения численности высокопродуктивного скота на территории Российской Федерации за счет разведения, как местного поголовья, так и животных, имеющих высокие генетические способности, закупленных за рубежом.

В связи с реализацией приоритетного национального проекта «Развитие АПК» внимание и интерес государства к развитию племенного животноводства существенно возросли, ключевым элементом роста эффективности производства свиноводческой продукции стало повышение генетического потенциала сельскохозяйственных животных.

Племенное животноводство является важнейшим стратегическим ресурсом продовольственной безопасности, фактором активного влияния на продуктивный потенциал товарного животноводства, что послужило основанием для более пристальной государственной заботы и внимания. [5]

Не испытывающая ранее внешней конкуренции, отечественная племенная база оказалась не готовой ни в количественном, ни в качественном отношении удовлетворить возросший в таких масштабах спрос на племенной скот, который бы отвечал требованиям динамично меняющейся в технологическом плане отрасли молочного скотоводства. Именно это обстоятельство обусловило необходимость задействовать импортные племенные ресурсы высокопродуктивных и высокотехнологичных генотипов молочного скота.

В последнее время из-за рубежа завозят дорогостоящий племенной скот элитных молочных пород. С покупкой высокопродуктивных животных молочного направления возникают определенные проблемы из-за отсутствия знаний и определенных навыков работы с племенным скотом, завезенным из-за границы. В настоящее время можно констатировать, что роль импортного скота в молочном животноводстве России очевидно возрастает.

Но в процессе адаптации возникает ряд проблем. К основным относится то, что не во всех хозяйствах соблюдается технология кормления, обеспечивающая все физиологические потребности организма высокопродуктивных животных; несбалансированные или некачественные корма, что приводит к несвоевременной выбраковке завезенных животных, которых привезли в целях разведения. Так же, не отвечающая физиологическим потребностям и зоогигиеническим нормативам условия содержания, эксплуатация скота, исходя из этого у животных появляются производственные заболевания, в свою очередь ведущие к ранней выбраковке.

Недостаточная квалификация зооветеринарных специалистов равным образом имеет большое значение для раскрытия генетического потенциала завезенного скота.

Влияют и резкие отличия в климатических условиях там, где разводили животных, и куда их импортировали. Важно учитывать особенности климата в новой для скота местности.

Под влиянием факторов внешней среды могут изменяться физиологический статус, гомеостаз животных, их морфологические признаки и т.д. Однако адаптационные возможности организма не беспредельны, животные не всегда и не в полной мере могут приспособиться к тем или иным условиям среды.

Большинство исследователей определяют адаптацию как процесс достижения устойчивого уровня активности функциональных систем, органов и тканей, а также механизмов управления, что обеспечивает длительную жизнеспособность организма и способность к воспроизведению здорового потомства.

Заключение

Таким образом, работая с импортным скотом, специалисты хозяйств должны уделять большое внимание животным, начиная с момента прибытия их в хозяйство. Необходимо учитывать все факторы при планировании завоза и разведении скота, в противном случае это негативно скажется на здоровье, продуктивности, качестве получаемого от завезенного скота потомства и их продуктивного долголетия. Так как адаптационные болезни являются причиной выбытия животных, снижения их генетического потенциала и ослабления его передачи потомкам, выполнение правил предзакупочной подготовки, перевозки и адаптации снижает риск заболеваний животных, их выбытия и потери племенной ценности.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. [Электронный ресурс] URL: http://www.tsenovik.ru/bizness/archive/182/?ELEMENT_ID=30501 (дата обращения 20.04.2020)
2. [Электронный ресурс] URL: <https://techart.ru/publication/751> (дата обращения 10.05.2020)
3. Амерханов Х.А. Методические рекомендации по адаптации импортного высокопродуктивного молочного скота в Российской Федерации. - ФГНБУ «Росинформагротех», 2018. - 76 с.
4. Джупина С.И. Факторные инфекции болезни животных // Ветеринария. - №11. - 2001. - 6-9 с.
5. Федоренко В.Ф. Анализ состояния и перспективы улучшения генетического потенциала крупного рогатого скота молочных пород ФГНБУ «Росинформагротех», 2019. - 108 с.

Список литературы на английском языке/ References in English

1. [Electronic resource] URL: http://www.tsenovik.ru/bizness/archive/182/?ELEMENT_ID=30501 (accessed 04.20.2020) [in Russian]
2. [Electronic resource] <https://techart.ru/publication/751> (accessed: 10.05.2020) [in Russian]
3. Amerkhanov H.A. Metodicheskie rekomendacii po adaptacii importnogo vysokoproduktivnogo molochnogo skota v Rossijskoj Federacii [Methodological recommendations for the adaptation of imported highly productive dairy cattle in the Russian Federation]. - FSBI Rosinformagrotech, 2018. - 76 p. [in Russian]
4. Dzhupina S.I. Faktornye infekcii bolezni zhivotnyh [Factor infections of animal disease] // Veterinarija [Veterinary medicine]. - No. 11. - 2001. - 6-9 p. [in Russian]
5. Fedorenko V.F. Analiz sostojanija i perspektivy uluchshenija geneticheskogo potenciala krupnogo rogatogo skota molochnyh porod FGНBU «Rosinformagrotech» [Analysis of the state and prospects of improving the genetic potential of dairy cattle of the Federal State Budgetary Institution Rosinformagrotech], 2019. - 108 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.038>**ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ АБИОТОНИК**

Научная статья

Шантыз А.Х.¹, Дельцов А. А.², Марченко Е.Ю.^{3*}, Шантыз А.Ю.⁴¹ORCID: 0000-0001-6514-3510;³ORCID: 0000-0002-1529-9039;^{1, 3, 4} Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия;² Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина, Москва, Россия

*Корреспондирующий автор (superbananahead[at]mail.ru)

Аннотация

В данной статье приведены результаты исследования параметров токсичности биологически активной добавки для ветеринарного применения абитоник на белых беспородных крысах, белых нелинейных мышах и кроликах породы «советская шиншилла». Результаты исследований показали, что кормовая добавка абитоник относится к 4-му классу опасности в соответствии с нормативами ГОСТ 12.1.007-76 – вещества малоопасные, а также не обладает токсичностью при нанесении на слизистые оболочки и кожу и не обладает аллергенными и кожно-резорбтивными свойствами.

Ключевые слова: токсикологическое исследование, лабораторные животные, кормовая добавка, летальная доза.

EVALUATION OF THE TOXICITY OF THE BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVE OF ABIOTONIC

Research article

Shantiz A. Kh.¹, Del'cov A. A.², Marchenko E. Yu.^{3*}, Shantiz A. Y.⁴¹ORCID: 0000-0001-6514-3510;³ORCID: 0000-0002-1529-9039;^{1, 3, 4} Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia;² Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russia

*Corresponding author (superbananahead[at]mail.ru)

Abstract

This article presents the results of a study of the toxicity parameters of biologically active additive for veterinary use a Abiotonic in white laboratory rats and white laboratory mice and rabbits of breed «Soviet chinchilla». The results of our studies showed that the feed additive belongs to the 4th hazard class in accordance with the standards of GOST 12.1.007-76 - low-hazard substances, and also doesn't have toxicity when applied to mucous membranes and skin and doesn't have allergenic and skin-resorptive properties.

Keywords: toxicological research, laboratory animals, lethal dose, feed additive.

Введение

Одной из важнейших задач, стоящих перед специалистами в области животноводства, является сохранение высокого уровня продуктивности у сельскохозяйственных животных [9].

Несбалансированность рациона высокопродуктивных животных по комплексу питательных веществ в настоящее время является сдерживающим фактором развития животноводства [4].

Максимальный потенциал организма продуктивных животных может быть достигнут только при наличии полноценного кормления, сбалансированного не только по белкам, жирам и углеводам, но и по микроэлементам, макроэлементам, витаминам и аминокислотам. Основные рационы сельскохозяйственных животных – растительного происхождения, следовательно, они не могут обеспечить высокопродуктивных животных в полноценном белке, в том числе и в незаменимых аминокислотах [2], [3].

Недостаточное поступление белковых компонентов в организм приводит к различным патологиям. В таких случаях, для восстановления нарушенных функций, будет необходимо обеспечение организма всеми необходимыми питательными веществами [1], [10].

Чтобы избежать проблем с падением продуктивности у сельскохозяйственных животных, в нашей стране расширяется производство синтетических аминокислот, которые получают путем гидролиза и применяют в качестве добавок к рационам у высокопродуктивных животных [3].

К группе таких препаратов и кормовых добавок относится биологически активная добавка абитоник производитель ООО фирма А-БИО (г. Москва, РФ).

В связи с этим, было решено провести точную токсикологическую оценку новой кормовой добавки абитоник для исследования возможных неблагоприятных последствий для организма животных.

Методы и материалы исследования

Объект исследования – кормовая добавка абитоник, которая представляет собой раствор, в основе – гидролизат соевого белка средней степени расщепления с комплексом витаминов и микроэлементов.

В токсикологических экспериментах в общей сложности участвовало 80 белых лабораторных мышей, 120 белых беспородных крыс и 10 кроликов породы «Советская шиншилла».

Все исследования проводили согласно официальным методическим указаниям и регламентирующим документам [6], [8].

Для определения параметров острой токсичности, в экспериментах было задействовано 60 белых лабораторных мышей с массой тела 18-20 г и 60 белых беспородных крыс, массой тела 180-200 г.

Перед началом опыта, животные выдерживали голодную диету (12 часов для крыс и 6 часов для мышей), после чего проводилось взвешивание, и методом «случайных чисел», используя критерий массы тела (отклонения от среднего значения массы тела не превышали 10 %), подопытные животные были распределены на шесть равных групп в каждой 10 голов. Из них 5 групп опытных групп, им задавалась исследуемая кормовая добавка, 6-я - контрольная, которой вводили физиологический раствор.

Кормовую добавку вводили внутривентрикулярно, с помощью металлических питательных трубок с шарообразным наконечником, утром, натощак. Было подобрано пять различных дозировок как для мышей, так и для крыс. При превышении максимально допустимого разового введения (1 мл для мышей и 5 мл для крыс), введение осуществляли повторно в течение суток с интервалом 4-6 часов.

В течении двух недель велось регулярное наблюдение за общим состоянием подопытных животных. Регистрировали общее клиническое состояние, следили за поведенческой реакцией, оценивали реакцию на раздражители, следили за потреблением воды и корма.

По окончании эксперимента, для проведения патологоанатомического исследования, все животные были подвергнуты эвтаназии.

Расчёт параметров острой токсичности кормовой добавки проводили по учету смертности животных от вводимых доз изучаемого препарата (метод Литчфилда и Уилкоксона). Класс опасности препарата определяли согласно ГОСТ 12.1.007-76 [14].

Изучение раздражающих свойств кормовой добавки проводили методом конъюнктивальной пробы на 10 кроликах породы «Советская шиншилла». Кормовую добавку Абиотоник закапывали в конъюнктивальный мешок левого глаза с помощью травмобезопасной офтальмологической пипетки в дозе 2 капли. Правый глаз служил контролем, в него, по аналогии, тем же подопытным животным закапывали изотонический раствор натрия хлорида.

Состояние слизистых оболочек глаз фиксировали в течение 2-х суток. Результаты наблюдений фиксировали через 5 минут, 30 минут, 1, 3, 6, 24 и 48 часов. Оценивали степень гиперемии, отечность, состояние сосудов склеры и роговицы, ширину зрачка, состояние век.

Изучение местно-раздражающего действия кормовой добавки абиотоник проводили на 2-х группах белых беспородных крыс массой тела 180-200 г, по 10 животных в каждой (1 – опыт, 2 – контроль).

Выстригали волосяной покров и обезжиривали кожу, после чего на подготовленный участок площадью, равной 6 см² подопытным животным наносили кормовую добавку абиотоник, а контрольным аналогичным способом дистиллированную воду. Наличие раздражающего действия определяли по возникновению эритемы или отека, утолщения кожной складки, расчесов на месте нанесения, трещин кожи, корок и геморрагий. По реакции животных, пальпацией определяли болезненность участка аппликаций.

Кожно-резорбтивное действие кормовой добавки абиотоник проводили «пробирочным методом» по М.Н. Аргунову. Было сформировано по 2 группы белых лабораторных мышей массой тела 18-20 г, и белых беспородных крыс массой тела 180-200 г, по 10 голов в каждой. Хвосты подопытных животных опускали в пробирку кормовой добавкой для опытных групп и с дистиллированной водой для контрольных на 2/3 длины.

Реакцию фиксировали через 4 часа, после погружения хвоста в изучаемую добавку. Отмечали проявление местных изменений на коже хвоста в форме гиперемии, отека или некроза; уровень проявления интоксикации; изменение массы тела; число летальных исходов.

Изучение алергизирующих свойств изучаемой кормовой добавки проводили с помощью метода накожных аппликаций. В опыте было задействовано 2 группы белых беспородных крыс весом от 180 до 200 г, по 10 голов в каждой. Первая служила опытом, вторая контролем. Кормовая добавка абиотоник наносилась многократными аппликациями на выстриженную кожу боковых поверхностей туловища животных площадью 6см² в соотношении 0,1 мл/см² ежедневно, в течение 20 дней. Оценку алергенных свойств производили по развитию дерматита, отека кожи, гиперемии, эритемы в месте аппликации. Реакцию кожи учитывали по шкале оценки проб.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования острой токсичности кормовой добавки абиотоник на лабораторных животных представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования острой токсичности кормовой добавки абиотоник

| Группа | Вид животных | Количество животных | Объем введения, мл | Пало/Выжило |
|----------|--------------|---------------------|--------------------|-------------|
| 1 | мыши | 10 | 0,50 | 0/10 |
| 2 | мыши | 10 | 0,75 | 0/10 |
| 3 | мыши | 10 | 1,00 | 0/10 |
| 4 | мыши | 10 | 1,25 | 0/10 |
| 5 | мыши | 10 | 1,50 | 0/10 |
| Контроль | мыши | 10 | 1,50 | 0/10 |
| 1 | крысы | 10 | 5,0 | 0/10 |
| 2 | крысы | 10 | 7,5 | 0/10 |
| 3 | крысы | 10 | 10,0 | 0/10 |
| 4 | крысы | 10 | 12,5 | 0/10 |
| 5 | крысы | 10 | 15,0 | 0/10 |
| Контроль | крысы | 10 | 15,0 | 0/10 |

Полученные нами данные демонстрируют, что при введении кормовой добавки абиотоник, у данных видов лабораторных животных отсутствуют видимые признаки токсикоза. После введения указанной добавки было отмечено кратковременное угнетение мышей и крыс всех групп в течение 1-3х часов. У животных наблюдалась вялость и снижение активности, что связано со стрессом от насильственного введения больших доз изучаемого препарата. Удовлетворительным сохранялось общее состояние животных; реакция на внешние раздражители была адекватной; потребление воды и корма в пределах возрастных физиологических норм; акт дефекации и мочеиспускания без видимых изменений, характерных для данных видов животных; слизистые оболочки бледно-розовые; кожа эластичная, шерстный покров гладкий и блестящий. На протяжении всего эксперимента летальных случаев не зарегистрировано.

В связи с полученными данными, посчитать величины летальных доз ЛД₅₀ и ЛД₁₀₀, не представилось возможным. Максимально введенные дозировки для мышей и крыс соответствуют 375 000 Ед/кг витамина А и 15 000 мг/кг гидролизата растительного белка.

Согласно классификации, указанной в отраслевом стандарте [14], по степени воздействия на организм кормовую добавку абиотоник следует отнести к веществам малоопасным (4-й класс опасности).

При проведении патологоанатомического вскрытия явных изменений в строении органов выявлено не было. Массовые коэффициенты органов животных опытных групп не отличался от значений, полученных у контрольных групп, как у лабораторных мышей, так и у крыс. Макроскопическая характеристика органов соответствовала здоровому организму.

Раздражающие свойства кормовой добавки абиотоник при нанесении на слизистые оболочки изучали методом конъюнктивальных проб на кроликах. Анализ зафиксированных реакций проведения конъюнктивальной пробы не выявил отклонений в клиническом состоянии животных. В течение первых 2-5 минут наблюдалось учащенное моргание, которое по истечении указанного времени прошло самопроизвольно. Температура тела, частота пульса и дыхания оставались в пределах физиологической нормы. Изменений кровенаполнения конъюнктивы и состояния роговицы и век, наличия лагримации и выделений также не было отмечено. В связи с чем можно утверждать, что кормовая добавка не оказывает токсического воздействия на слизистые оболочки.

При изучении воздействия кормовой добавки на кожные покровы установлено, что абиотоник не выявил изменений кожи, изменений толщины кожной складки. Гиперемия сосудов и болезненность при пальпации не наблюдались, отечность, трещины, корки и геморрагии отсутствовали. Симптомы интоксикации не наблюдались, также не были зафиксированы летальные исходы при нанесении препарата на кожные покровы каждый день на протяжении 10 суток.

Результаты исследований аллергенных свойств кормовой добавки абиотоник представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Аллергенные свойства кормовой добавки абиотоник

| Группа | Срок наблюдения, сутки | Симптомы | | |
|----------|------------------------|-----------|-----------|-------------|
| | | гиперемия | отек кожи | десквамация |
| Опыт | 10 сутки | 0/10 | 0/10 | 0/10 |
| | 14 сутки | 0/10 | 0/10 | 0/10 |
| | 21 сутки | 0/10 | 0/10 | 0/10 |
| Контроль | 10 сутки | 0/10 | 0/10 | 0/10 |
| | 14 сутки | 0/10 | 0/10 | 0/10 |
| | 21 сутки | 0/10 | 0/10 | 0/10 |

На протяжении всего опыта, у животных опытной группы, не наблюдались явления гиперемии в месте сенсibilизации, отека кожи, десквамации эпителия. Полученные данные свидетельствуют об отсутствии аллергенных свойств кормовой добавки абиотоник.

Заключение

Исходя из результатов проведенных экспериментов, можно сделать следующие выводы.

Величина LD₅₀ кормовой добавки абиотоник для белых мышей и крыс составляет более 5000мг/кг (375 000 Ед/кг вит. А и 15 000 мг/кг гидролизата для белых крыс и мышей). Следовательно, согласно ГОСТ 12.1.007- 76 [6], кормовая добавка абиотоник относится к 4-му классу опасности – малоопасные вещества.

Кормовая добавка абиотоник не обладает токсичностью при нанесении на слизистые оболочки и кожные покровы; не обладает аллергенными и кожно-резорбтивными свойствами.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Антипов В. А. К вопросу применения белковых гидролизатов в ветеринарии / В. А. Антипов, М. П. Семенов, О. Н. Тюпенькова // Материалы II Сибирского ветеринарного конгресса 25-26 февраля 2010 г. «Актуальные вопросы ветеринарной медицины». – Новосибирск, 2010. – С. 216.
2. Антонов М. Масло и жмых собственного производства / М. Антонов // Комбикорма. - 2009. - № 8. - С. 35-36.

3. Макарецов Н. Г. Кормление сельскохозяйственных животных / Н. Г. Макарецов. – Калуга: ГУП «Облиздат», 1999. – 645 с.
4. Маликова М. Г. Эффективность скармливания нового пробиотического препарата Вотоспорин-Ж в рационах телят молочного периода / М. Г. Маликова и др. // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. -2012. - № 11. -С. 10-15.
5. Мирошниченко П. В. Эффективность нового препарата при экспериментальном микотоксикозе на лабораторных животных / П. В. Мирошниченко, А. Н. Трошин, Е. В. Панфилина и др. // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». – 2016. – № 3 (19). – С. 105-109.
6. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / под общ. ред. Р.У. Хабриева. – М. - ОАО Издательство «Медицина», 2005 - 832 с.
7. Савинков А. В. Опыт использования природных минеральных соединений при нарушении обмена веществ у крупного рогатого скота / А. В. Савинков, М. П. Семенов, А. Г. Коцаев / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 124. – С. 1065-1084.
8. Смирнов, А. М. Научно-методологические аспекты исследования токсических свойств фармакологических лекарственных средств для животных: монография / А. М. Смирнов, В. И. Дорожкин. – М. : Россельхозакадемия, 2008. – 18-22 с.
9. Табаков Н. А. Использование плющеного ячменя в рационах дойных коров / Н. А. Табаков, М. А. Юдахина // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. -2012. - № 1. -С. 27-32.
10. Тюпенькова О. Н. Фармако-токсикологическое обоснование применения препарата абиопептид : дис ... канд. вет. наук: 06.02.03 : защищена 22.02.2012 / Тюпенькова Оксана Николаевна – М., –2011. – 137 с.
11. Хайруллин Д. Д. Токсикологическая оценка углеводно-витаминно-минерального концентрата «Лизуец Солевит» (Лакто Элита) на белых крысах / Д. Д. Хайруллин, Ш. К. Шакиров // Международный вестник ветеринарии. – 2019. – №1. – С. 72-76.
12. Хайруллин Д. Д. Токсикологическая оценка углеводно-витаминно-минерального концентрата "Лизуец Солевит" (Л-2) / Д. Д. Хайруллин, Ш. К. Шакиров, Ю. В. Ларина // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. - 2019. – Том 238 (2). – С. 220-224.
13. Шантыз А. Х. Оценка острой токсичности препарата Гидропептон-плюс / А. Х. Шантыз, А. А. Дельцов // Актуальные проблемы современной ветеринарной науки и практики: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Краснодарского научно-исследовательского ветеринарного института. – 2016. – С. 137-140.
14. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – Введ. 1977-01-01. – М. : Стандартинформ, 2007 – 7с.

Список литературы на английском языке/ References in English

1. Antipov V. A. K voprosu primeneniya belkovykh gidrolizatov v veterinarii [On the use of protein hydrolysates in veterinary medicine] / V. A. Antipov, M. P. Semenenko, O. N. Tjupen'kova // Materialy II Sibirskogo veterinarnogo kongressa 25-26 fevralja 2010 g. «Aktual'nye voprosy veterinarnoj mediciny» [Materials of the II Siberian Veterinary Congress February 25-26, 2010 "Actual issues of veterinary medicine"] - Novosibirsk, 2010. – 216 p. [in Russian]
2. Antonov M. Maslo i zhmyh sobstvennogo proizvodstva [Oil and oilcake of own production] / M. Antonov // Kombikorma [Compound feed]. - 2009. - № 8. - P. 35-36. [in Russian]
3. Makarcev N. G. Kormlenie sel'skohozjajstvennykh zhivotnykh [Feeding farm animals] / N. G. Makarcev – Kaluga: GUP «Oblizdat», 1999. – 645 p. [in Russian]
4. Malikova M. G. Jefferktivnost' skarmlivaniya novogo probioticheskogo preparata Votosporin-Zh v racionah teljat molochnogo perioda [The feeding efficiency of the new probiotic preparation Votosporin-Zh in the diets of dairy calves] / M. G. Malikova and others // Kormlenie sel'skohozjajstvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo [Farm animal feeding and feed production]. -2012. - № 11. -P. 10-15. [in Russian]
5. Miroshnichenko P. V. Jefferktivnost' novogo preparata pri jeksperimental'nom mikotoksikoze na laboratornykh zhivotnykh [The effectiveness of the new drug in experimental mycotoxicosis in laboratory animals] / P. V. Miroshnichenko, A. N. Troshin, E. V. Panfilkina and others. // Rossijskij zhurnal «Problemy veterinarnoj sanitarii, gigieny i jekologii» [Russian journal "Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology"]. – 2016. – № 3 (19). – P. 105-109. [in Russian]
6. Rukovodstvo po jeksperimental'nomu (doklinicheskomu) izucheniju novykh farmakologicheskikh veshhestv [Guidelines for the experimental (preclinical) study of new pharmacological substances] / edited by R.U. Habriev. - M. – ОАО Izdatel'stvo «Medicina», 2005 - 832 p. [in Russian]
7. Savinkov A. V. Opyt ispol'zovaniya prirodnykh mineral'nykh soedinenij pri narushenii obmena veshhestv u krupnogo rogatogo skota [The experience of using natural mineral compounds in metabolic disorders in cattle] / A. V. Savinkov, M. P. Semenenko, A. G. Koshhaev / Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [polythematic Internet electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University]. – 2016. – № 124. – P. 1065-1084. [in Russian]
8. Smirnov, A. M. Nauchno-metodologicheskie aspekty issledovaniya toksicheskikh svojstv farmakologicheskikh lekarstvennykh sredstv dlja zhivotnykh: monografija [Scientific and methodological aspects of the study of the toxic properties of pharmacological drugs for animals: monograph] / A. M. Smirnov, V. I. Dorozhkin. – M. : Rossel'hozakademija, 2008. – 18-22 p. [in Russian]
9. Tabakov N. A. Ispol'zovanie pljushhenogo jachmenja v racionah dojnykh korov [The use of flattened barley in the diets of dairy cows] / N. A. Tabakov, M. A. Judahina // Kormlenie sel'skohozjajstvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo [Farm animal feeding and feed production]. -2012. - № 1. -P. 27-32. [in Russian]

10. Tjupen'kova O.N. Farmako-toksikologicheskoe obosnovanie primeneniya preparata abiopeptid [Pharmaco-toxicological rationale for the use of the drug abiopeptide]: dis ... PhD in veterinary: 06.02.03: defense of the thesis 22.02.2012 / Tjupen'kova Oksana Nikolaevna – M., –2011 – 137p. [in Russian]
11. Hajrullin D. D. Toksikologicheskaja ocenka uglevodno-vitaminno-mineral'nogo koncentrata «Lizunec Solevit» (Lakto Jelita) na belyh kryсах [Toxicological evaluation of carbohydrate-vitamin-mineral concentrate "Lysun Solevit" (Lacto Elite) on white rats] / D. D. Hajrullin, Sh. K. Shakirov // Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii [International Journal of Veterinary Medicine]. – 2019. – №1. – P. 72-76. [in Russian]
12. Hajrullin D. D. Toksikologicheskaja ocenka uglevodno-vitaminno-mineral'nogo koncentrata "Lizunec Solevit" (L-2) [Toxicological Assessment of carbohydrate-vitamin-mineral concentrate "Lysun Solevit" (L-2)] / D. D. Hajrullin, Sh. K. Shakirov, Ju. V. Larina // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N.E. Baumana [Scientific notes of Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman]. - 2019. – Vol. 238 (2). – P. 220-224. [in Russian]
13. Shantyz A. H. Ocenka ostroj toksichnosti preparata Gidropepton-pljus [Assessment of acute toxicity of the drug Hydropepton-plus] / A. H. Shantyz, A. A. Del'cov // Aktual'nye problemy sovremennoj veterinarnoj nauki i praktiki: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj 70-letiju Krasnodarskogo nauchno-issledovatel'skogo veterinarnogo instituta [Actual problems of modern veterinary science and practice: materials of the International scientific-practical conference dedicated to the 70th anniversary of the Krasnodar Scientific Research Veterinary Institute]. – 2016. – P. 137-140. [in Russian]
14. GOST 12.1.007-76 Sistema standartov bezopasnosti truda (SSBT). Vrednye veshhestva. Klassifikacija i obshhie trebovanija bezopasnosti [Occupational safety standards system (SSBT). Harmful substances. Classification and general safety requirements]. Vved. 1977-01-01. – M – 2007 – 7p. [in Russian]