

№ 6 (84) ▪ 2019
Часть 1 ▪ Июнь

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЖУРНАЛ**

INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL

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

Екатеринбург
2019



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 (84) 2019
Часть 1
Июнь**

Дата выхода 18.06.2019
Подписано в печать 13.06.2019
Тираж 200 экз.
Цена: бесплатно.
Заказ 28912.
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 (Нижегород, Россия);
Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф., Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (Нижегород, 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);
Брылев 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
2019**

ОГЛАВЛЕНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

Джамалутинов В.М. АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СПОСОБ ЗАДАНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПРИ АДАПТАЦИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ.....	6
Гончаренко Д.К., Кулиш О.А., Ивахненко А.В., Сидько Н.В. РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ УВЕЛИЧЕНИЯ ДЛИНЫ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО КАНАЛА СВЯЗИ КВАНТОВО-КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	12
Казинец В.А. СИММЕТРИЧЕСКАЯ ГРУППА И ЕЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД.....	15
Лыу Тхи Ньян, Фам Май Ан, Нго Тхи Хоа, Нгуен Куанг Тхань, Нгуен Ван Мань, Зыонг Ву Чыонг, Ле Тхи Биль, Нгуен Тхань Чунг, Нгуен Ван Чуонг ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ Mn НА ФАЗОФОРМИРОВАНИЕ, РАЗМЕРЫ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ $BiFe_{1-x}Mn_xO_3$	19

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

Зыков А.В. ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗДУШНО-ОЗОНОВОЙ СРЕДЫ ПРИ КОНСЕРВАЦИИ СТЕБЕЛЬЧАТЫХ КОРМОВ.....	25
Дерягин М.В., Васильевский М.А., Колбасина Н.А. ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕТРОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТРАЖАТЕЛЯ АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ	29
Вершинин В.А. ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ПЕРЕДАЧА ДВОИЧНЫХ СООБЩЕНИЙ ЛИНЕЙНО НЕЗАВИСИМЫМИ СИГНАЛАМИ	34
Захаров А.М. РАЗРАБОТКА БАРАБАННО-РОЛИКОВОГО ОЧИСТИТЕЛЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ	44
Зыков А.В., Захаров А.М. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАШИННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ В СЕВЕРО- ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ РФ	48
Лозинская Н.Я. МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО ДОБЫЧЕ НЕФТИ	52
Михеенкова Е.С., Смирнова В.И. О ВЫБОРЕ ПРОЕКЦИЙ И ПРИМЕНЕНИИ УСЛОВНОСТЕЙ В КУРСЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ.....	57
Гринкруг М.С., Зайченко И.В., Соколова В.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХОЛОДА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	61
Файдрахманов Р.В., Файдрахманова Г.Ф. МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ О НАДЕЖНОСТИ.....	65
Чуваев И.А., Габельченко Н.И. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА 3D ПЕЧАТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАСС	70
Юнин В.А. СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ В ТЕХНОЛОГИИ ЗАГОТОВКИ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО СЕНА В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОГО УВЛАЖНЕНИЯ	76

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY

Агаева С.В., Фараджев А.Н. ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ОБМЕНА ГАМК В СТРУКТУРАХ ГОЛОВНОГО МОЗГА КРЫС ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТОЛУОЛА.....	80
Гаджиева Э.Т. ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЕРОТОНИНА В ЦНС КРОЛИКОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СРОКАХ ПИЩЕВОЙ ДЕПРИВАЦИИ И ЕЕ ОТМЕНЕ	84

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ / MEDICINE

Ермакова Л.А., Буравлев А.Ю., Андреева А.О., Журавлев А.С. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕРАПИИ РОЖИ	88
Кузнецова А.В., Наumenко Е.И., Просвирякова В.А., Овсянникова И.С., Суркова И.А. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА СУТОЧНОГО РИТМА СЕРДЦА У ДЕТЕЙ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ С ЭКСТРАСИСТОЛИЯМИ.....	91
Чаулин А.М., Александров А.Г., Карслян Л.С., Мазаев А.Ю. КАТЕСТАТИН В ДИАГНОСТИКЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ	93

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

Вагунин Д.А., Иванова Н.Н., Амбросимова Н.Н. МНОГОЛЕТНИЕ ТРАВСТОИ НА ОСНОВЕ НОВЫХ СОРТОВ <i>КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО</i> И ИНТЕНСИВНЫХ ВИДОВ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ	97
Каменчуков А.В., Светенко В.С. ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНОГО ВОДООТВОДА НА КАЧЕСТВО ДОРОГ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	101
Капсамун А.Д., Иванова Н.Н., Павлючик Е.Н., Пушкина Л.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ МОЛОЧНЫМИ КОРОВАМИ В ЛЕТНЕ- ПАСТБИЩНЫЙ ПЕРИОД.....	107
Костылев П.И., Галаян А.Г., Казакова А.С., Костылева Л.М. ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА ОБРАЗЦОВ РИСА НА ПРИСУТСТВИЕ ГЕНА УСТОЙЧИВОСТИ К ЗАТОПЛЕНИЮ SUB1A.....	111

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.001>**АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СПОСОБ ЗАДАНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПРИ АДАПТАЦИИ
ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

Научная статья

Джамалутинов В.М. *

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

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

Аннотация

Статья посвящена применению альтернативного способа задания проницаемости при адаптации гидродинамической модели. В данной работе был рассмотрен метод определения зависимости проницаемости от пористости на основе промысловых данных с помощью формул Дюпюи и Джоши. Проведенное исследование показало, что данная методика позволила получить зависимость проницаемости от пористости с хорошей достоверностью аппроксимации, что положительно сказалось при первом приближении гидродинамической модели, а также её адаптации.

Ключевые слова: проницаемость, пористость, гидродинамическая модель, дебит.

**ALTERNATIVE WAY OF SETTING PERMEABILITY WHILE HISTORY MATCHING IN HYDRODYNAMIC
MODEL**

Research article

Dzhamalutinov V.M.*

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

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

Abstract

The article is devoted to the application of an alternative way of setting permeability while history matching in hydrodynamic model. In this paper, we considered a method of determining the dependence of permeability on porosity based on field data using Dupuit and Joshi formulas. The research showed that this method allowed us to obtain the dependence of permeability on porosity with good accuracy of approximation, which had a positive effect on the first run of the hydrodynamic model, as well as its history matching.

Keywords: permeability, porosity, hydrodynamic model, production rate.

Проницаемость является одним из самых важных и одновременно трудным для предсказания свойством горных пород. При определении проницаемости как функции пористости возникают погрешности, связанные со слабой взаимосвязью фильтрационных и емкостных свойств коллекторов различной литологии. В связи с этим возникает необходимость применения альтернативных методов определения проницаемости при адаптации гидродинамической модели [1], [2]. Связь проницаемости и дебита имеет прямую зависимость, поэтому очень важно определить достоверное значение проницаемости при прогнозировании продуктивности скважин, времени прорыва воды, конусообразования и так далее. Знание о проницаемости коллектора, апробированные на гидродинамических моделях позволит более рационально подбирать технологии для разработки недр [3], [4].

Объектом исследования является залежь объекта БС₁₀³ месторождения «А», которое расположено в Западной Сибири. Данная залежь приурочена к южной части Миловидного локального поднятия, в контуре нефтеносности вскрыта 24 скважинами, в том числе одной разведочной. [5]

Зависимость скорости фильтрации от градиента давления выражается через закон Дарси:

$$u = -\frac{k}{\mu}(\nabla p - \rho g \nabla z) \quad (1)$$

где k – тензор абсолютной проницаемости пористой среды, μ – вязкость жидкости, g – ускорение свободного падения. Ось z направлена вниз. [6]

В рамках выполненной работы был применен метод определения проницаемости через формулы расчета дебита жидкости. Для наклоннонаправленных скважин – формула Дюпюи, которая является интегральной формой закона Дарси для плоскорадиального потока к скважине:

$$Q_v = \frac{2\pi K h_0 \Delta P}{\mu B \ln(R_k/r_c)} \quad (2)$$

где K – проницаемость пласта, h_0 – мощность пласта (вскрытая нефтенасыщенная толщина), ΔP – депрессия, μ – вязкость нефти, B – объемный коэффициент нефти, R_k – радиус контура питания скважины, r_c – радиус скважины [7], [8].

Для скважин с горизонтальным окончанием – формула Джоши:

$$Q_h = \frac{2\pi K h_0 \Delta P}{\mu B J} \quad (3)$$

где

$$J = \ln \frac{a + \sqrt{a^2 - 2,25L^2}}{0,5L} + \frac{\sqrt{K_x K_z} h_0}{L} \ln \frac{\sqrt{K_x K_z} h_0}{2\pi r_c} \quad (4)$$

$$a = L * \frac{\sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (2R_k/L)^4}}}{2} \quad (5)$$

Здесь L – длина горизонтального ствола, K_x – проницаемость по горизонтали, K_z – проницаемость по вертикали [9], [10].

Из (2) и (3) получаем формулы для расчета проницаемости для наклоннонаправленных и скважин с горизонтальным окончанием соответственно:

$$K = \frac{Q_v \mu B \ln(R_k/r_c)}{2\pi h_0 \Delta P} \quad (6)$$

$$K = \frac{Q_h \mu B J}{2\pi h_0 \Delta P} \quad (7)$$

Для каждой скважины была рассчитана проницаемость по входным дебитам и сопоставлена пористость. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Рассчитанная проницаемость по входным дебитам и пористость

Скважина	Проницаемость, мД	Пористость, д. ед.
122	58.2	0.219
123	58.0	0.212
128	61.5	0.223
129	41.8	0.218
130	65.0	0.223
132	2.8	0.215
134	56.0	0.22
135	71.2	0.218
136	49.3	0.215
137	14.3	0.21
138	31.8	0.205
132Л	56.9	0.199
136Л	28.5	0.209
137Л	17.2	0.193
138Л	26.3	0.195
223Г	55.5	0.198
225Г	24.1	0.187
226Г	36.8	0.199

На основе табличных данных был построен график зависимости проницаемости от пористости (рисунок 3) и выведена формула зависимости:

$$y = 1,0291e^{16.839x} \quad R^2 = 0,0576 \quad (8)$$

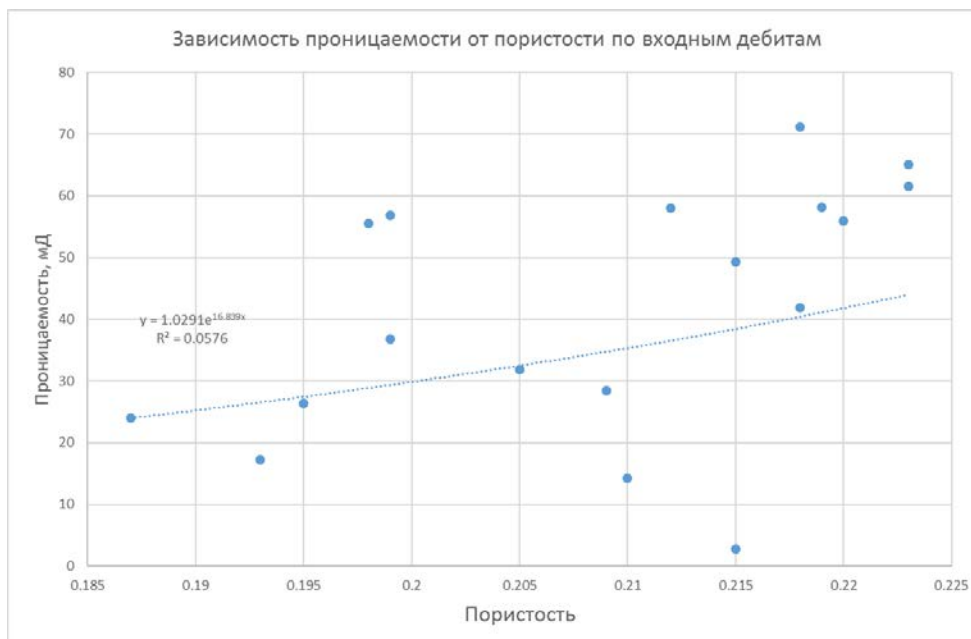


Рис. 1 – График зависимости проницаемости от пористости по входным дебитам

Так как достоверность аппроксимации очень низкая, было решено рассчитать проницаемость по максимальным дебитам скважин за всю историю разработки залежи (таблица 2, рисунок 2). Это позволит определить проницаемость, которая охарактеризует потенциал скважины, что даст более точное понимание о распределении проницаемости в залежи.

Таблица 2 – Рассчитанная проницаемость по максимальным дебитам и пористость

Скважина	Проницаемость, мД	Пористость, д. ед.
122	147.0	0.219
123	102.7	0.212
128	157.7	0.223
129	138.9	0.218
130	158.7	0.223
132	96.7	0.215
134	134.0	0.22
135	126.4	0.218
136	101.7	0.215
137	62.0	0.21
138	41.1	0.205
132Л	35.0	0.199
136Л	162.1	0.209
137Л	29.7	0.193
138Л	33.3	0.195
223Г	44.6	0.198
225Г	31.3	0.187
226Г	42.4	0.199

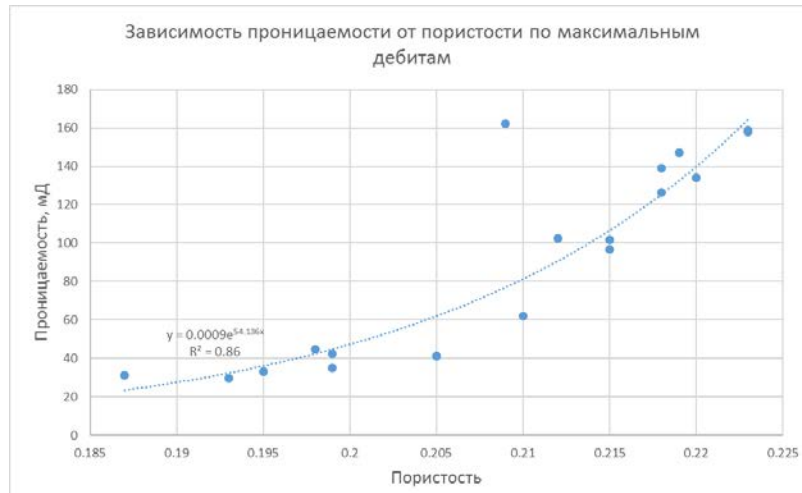


Рис. 2 – График зависимости проницаемости от пористости по максимальным дебитам

В итоге получена формула зависимости с высокой степенью аппроксимации:

$$y = 0,0009e^{54,136x} \quad R^2 = 0,86 \quad (9)$$

Куб проницаемости, рассчитанный в геологической модели, строится с учетом петрофизической зависимости и скважинных данных:

$$K_{np} = 0,15 * e^{42,15 * K_{n \text{ эфф}}} \quad (10)$$

$$K_{n \text{ эфф}} = 1,68K_n - 0,216 \quad (11)$$

где K_{np} – коэффициент проницаемости, $K_{n \text{ эфф}}$ – коэффициент эффективной пористости, K_n – коэффициент пористости.

На рисунке 3 показано сравнение зависимостей (9) и (10). Как мы видим из представленных данных, полученная на основе дебитов зависимость даёт более высокие значения проницаемости, при одинаковой пористости, чем петрофизическая зависимость.

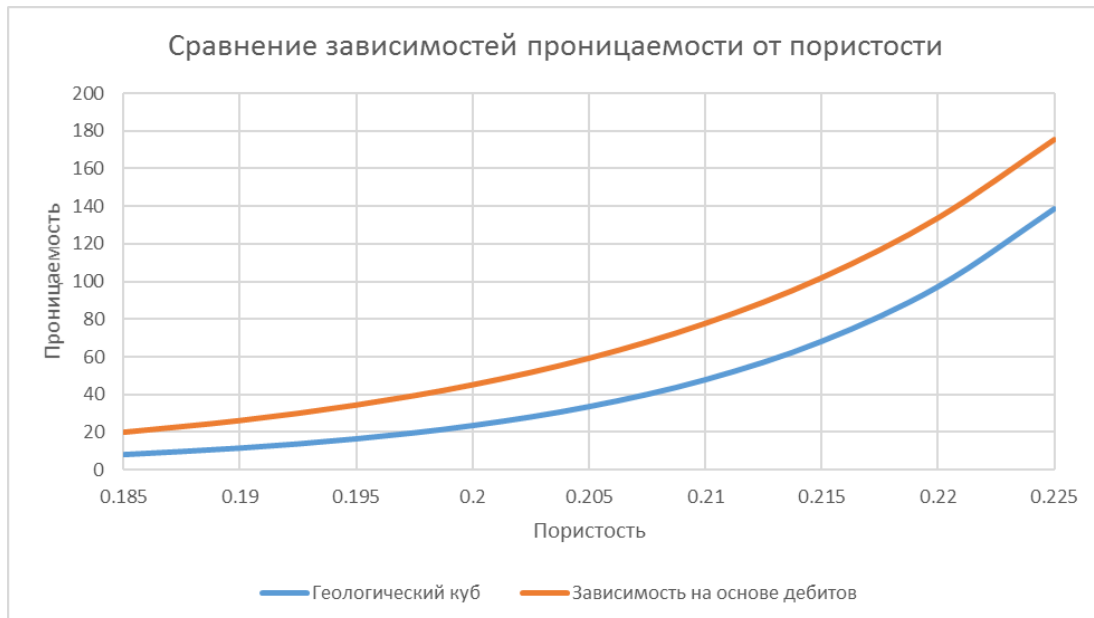


Рис. 3 – Сравнение зависимостей проницаемости от пористости

На рисунке 4 представлено сравнение показателей разработки начальных расчетов с одинаковыми входными параметрами на основе двух зависимостей и сопоставление их с фактическими данными. Мы видим, что сходимость показателей модели с фактом лучше с использованием задания проницаемости на основе зависимости от дебитов. Стоит также отметить, что при адаптации гидродинамической модели на историю разработки с заданием проницаемости на основе зависимости от дебитов потребовалось меньшее количество итераций, применено меньше модификаторов, а модификатор по проницаемости не применялся вовсе, в отличие от модели с заданием проницаемости по петрофизической зависимости.



Рис. 4 – Сравнение начальных расчетов на основе двух зависимостей

После адаптации, для оценки моделей, были проведены прогнозные расчеты за 2018 год. Здесь также наблюдается лучшая сходимость показателей модели с проницаемостью на основе зависимости от дебитов.

Полученная зависимость рассчитана для конкретной залежи, а не для объекта в целом. Проницаемость по модели в среднем увеличилась в 1,4 раза по сравнению с петрофизической зависимостью. Данный метод позволил повысить сходимость с историческими показателями разработки при первом расчете гидродинамической модели, сократил количество итераций и применения модификаторов при адаптации на историю разработки. Данный подход расчета проницаемости применим для фильтрационных моделей при адаптации на историю разработки, так как учитывает работу скважин. Стоит заметить, что процесс сбора данных, расчета проницаемости по формулам Дюпюи и Джоши и выведения зависимости проницаемости от пористости занимает довольно продолжительный промежуток времени.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

- Хабаров А. В. Оценка проницаемости терригенных пластов-коллекторов по керну, каротажу и промысловым данным / А. В. Хабаров, Я. Е. Волокитин // Каротажник. – 2009. – №12. – С. 167-211.
- Чарный И. А. Подземная гидрогазомеханика / И. А. Чарный. – М. : Гостоптехиздат, 1963. – 396 с.
- Гиматулинов Ш. К. Физика нефтяного и газового пласта: учеб. для вузов / Ш. К. Гиматулинов, А. И. Ширковский. – 4-е изд., стереотип. – М. : Недра, 2005. – 311 с.
- Гавура В.Е. Геология и разработка нефтяных и газонефтяных месторождений / В. Е. Гавура. – М. : ВНИИОЭНГ, 1995. – 496 с.
- Бембель С. Р. Геология и картирование особенностей строения месторождений нефти и газа Западной Сибири : монография / С. Р. Бембель. – Тюмень: ТИУ, 2016. – 215 с.
- Каневская Р. Д. Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов / Р. Д. Каневская. — М.-Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2002. – 140 с.
- Басниев К. С. Подземная гидравлика: учеб. для вузов / Басниев К. С., Власов А. М., Кочина И. Н. и др. – М. : Недра, 1986. – 303 с.
- Миклина, О. А. Оценка притока нефти в гидродинамически совершенную скважину: метод. указания / О. А. Миклина, А. А. Мордвинов. – Ухта : УГТУ, 2016. – 22 с.
- Джоши С. Д. Основы технологии горизонтальной скважины / С. Д. Джоши; пер. с англ. В. Ф. Будников, Е. Ю. Проселков, Ю. М. Проселков. – Краснодар : Советская Кубань, 2003. – 376 с.
- Брехунцов А. М. Развитие теории фильтрации жидкости и газа к горизонтальным стволам скважин / А. М. Брехунцов, А. П. Телков, В. К. Федорцов. – Тюмень : ОАО «СибНАЦ», 2004. – 290 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Habarov A. V. Ocenka pronicaemosti terrigennyh plastov-kollektorov po kernu, karotazhu i promyslovym dannym [Estimation of the permeability of terrigenous reservoirs by core, logging and field data] / A. V. Habarov, Ya. E. Volokitin // Karotazhnik. – 2009. – №12. – P. 167-211. [In Russian]
2. Charnyj I. A. Podzemnaya gidrogazomekhanika [Underground hydro and gas mechanics] / I. A. Charnyj. – M. : Gostoptekhizdat, 1963. – 396 p. [In Russian]
3. Gimatudinov Sh. K. Fizika neftyanogo i gazovogo plasta: ucheb. dlya vuzov [Physics of oil and gas reservoir: university textbook] / Sh. K. Gimatudinov, A. I. Shirkovskij. – 4th edition, stereotypical – M. : Nedra, 2005. – 311 p. [In Russian]
4. Gavura V.E. Geologiya i razrabotka neftyanykh i gazonefityanykh mestorozhdenij [Geology and Development of Oil and Gas and Oil Fields] / V. E. Gavura. – M.: VNIIOENG, 1995. – 496 p. [In Russian]
5. Bembel S. R. Geologiya i kartirovanie osobennostej stroeniya mestorozhdenij nefi i gaza Zapadnoj Sibiri : monografiya [Geology and mapping of structural features of oil and gas fields in Western Siberia: monograph] / S. R. Bembel. – Tyumen: TIU, 2016. – 215 p. [In Russian]
6. Kanevskaya R. D. Matematicheskoe modelirovanie gidrodinamicheskikh processov razrabotki mestorozhdenij uglevodorodov [Mathematical modeling of hydrodynamic processes of development of Oil and Gas fields] / R. D. Kanevskaya. — M.-Izhevsk : Institut kompyuternyh issledovanij, 2002. – 140 p. [In Russian]
7. Basniev K. S. Podzemnaya gidravlika: ucheb. dlya vuzov [Underground hydraulics: university textbook] / Basniev K. S., Vlasov A. M., Kochina I. N. and others. – M. : Nedra, 1986. – 303 p. [In Russian]
8. Miklina, O. A. Ocenka pritoka nefi v gidrodinamicheski sovershennuyu skvazhinu: metod. ukazaniya [Estimation of oil flow into a hydrodynamically perfect well: guidelines] / O. A. Miklina, A. A. Mordvinov. – Uhta : UGTU, 2016. – 22 p. [In Russian]
9. Dzhoshi S. D. Osnovy tekhnologii gorizontальной skvazhiny [Basics of horizontal well technology] / S. D. Dzhoshi; translated from English by V. F. Budnikov, E. YU. Proselkov, Yu. M. Proselkov. – Krasnodar : Sovetskaya Kuban, 2003. – 376 p. [In Russian]
10. Brekhuncov A. M. Razvitie teorii fil'tracii zhidkosti i gaza k gorizontальным stvolam skvazhin [The development of the theory of filtration of liquid and gas to horizontal wells] / A. M. Brekhuncov, A. P. Telkov, V. K. Fedorcov. – Tyumen : OAO «SibNAC», 2004. – 290 p. [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.002>РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ УВЕЛИЧЕНИЯ ДЛИНЫ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО КАНАЛА СВЯЗИ
КВАНТОВО-КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Научная статья

Гончаренко Д.К.^{1,*}, Кулиш О.А.², Ивахненко А.В.³, Сидько Н.В.⁴
^{1, 2, 3, 4} Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

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

Аннотация

В статье рассматривается способ увеличения длины волоконно-оптического канала связи квантово-криптографической системы. Так же в статье рассматривается техническая сторона физического ограничения длины волоконно-оптической линии связи: проведен расчет, анализ и визуализация в виде графиков ключевых зависимостей видности и квантового коэффициента ошибки от длины волоконной линии связи. Способом, рассматриваемым для увеличения длины волоконно-оптического канала связи, является установка квантового повторителя в квантовую криптосистему.

Ключевые слова: квантовые криптосистемы, передача данных, волоконные линии связи, квантовые повторители.

DEVELOPMENT OF METHODS FOR INCREASING THE LENGTH OF A FIBER-OPTICAL COMMUNICATION
CHANNEL OF A QUANTUM-CRYPTOGRAPHIC SYSTEM

Research article

Goncharenko D.K.^{1,*}, Kulish O.A.², Ivakhnenko A.V.³, Sidko N.V.⁴
^{1, 2, 3, 4} Kuban State University, Krasnodar, Russia

* Corresponding author (d_gon[at]list.ru)

Abstract

The article discusses the method for increasing the length of the fiber-optic communication channel of a quantum-cryptographic system. The article also discusses the technical side of the physical limitation of the length of the fiber-optic communication line: calculation, analysis and visualization in the form of graphs of the key dependences of the visibility and quantum error rate on the length of the fiber communication line were carried out. The installation of the quantum repeater in a quantum cryptosystem is considered as the method to increase the length of the fiber-optic communication channel.

Keywords: quantum cryptosystems, data transmission, fiber communication lines, quantum repeaters.

Введение

Динамичное развитие информационных технологий и систем удаленного управления существенно повышает потребность в новых принципах передачи, приема и обработки информации, в основу которых в ближайшем будущем могут лечь технологии квантовой информатики.

Перспективным подходом, обеспечивающим возможность передавать квантовые состояния в распределённых квантовых информационных системах в целях обеспечения безопасности передачи данных, является технология квантовой коммуникации.

Менее чем за 50 лет квантовая криптография прошла путь от идеи до воплощения в коммерческую систему квантового распределения ключей. Действующая аппаратура позволяет распределять ключи через квантовый канал на расстояние превышающие 100 км (рекорд 184 км), со скоростями достаточными для передачи ключей шифрования, но не достаточными для поточного шифрования магистральных каналов с помощью шифра Вернама.

Основные результаты

Технологическое применение квантовой криптографии существенным образом ограничивается экспоненциальным характером роста потерь в канале связи с увеличением расстояния передачи [9, С.157],[10, С.137].

В связи с этим были произведены расчеты, а так же были построены графики, визуализирующие ограниченность возможности применения квантовых систем.

Зависимость видности от длины волокна L определяется выражением

$$V = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} = \frac{\mu 10^{-\alpha L/10} \eta_{\phi}}{\mu 10^{-\alpha L/10} \eta_{\phi} + 2P_e} \quad (1)$$

где μ – среднее число фотонов исходящих от отправителя, $10^{-\alpha L/10}$ – затухание волокна длиной L , η_{ϕ} – эффективность детектора получателя, P_e – вероятность ошибочного отсчета на тактовый цикл. С подстановкой измеренных значений, которые включают в себя эффективность детектора и потери в аппарате получателя на уровне 5 дБ, принимая в расчет стандартное затухание волокна $\alpha = 0,2$ дБ/км, может быть определено расчетное значение видности от длины волны [7, С.57]. Зависимость видности от длины волоконной линии показана на рисунке 1.

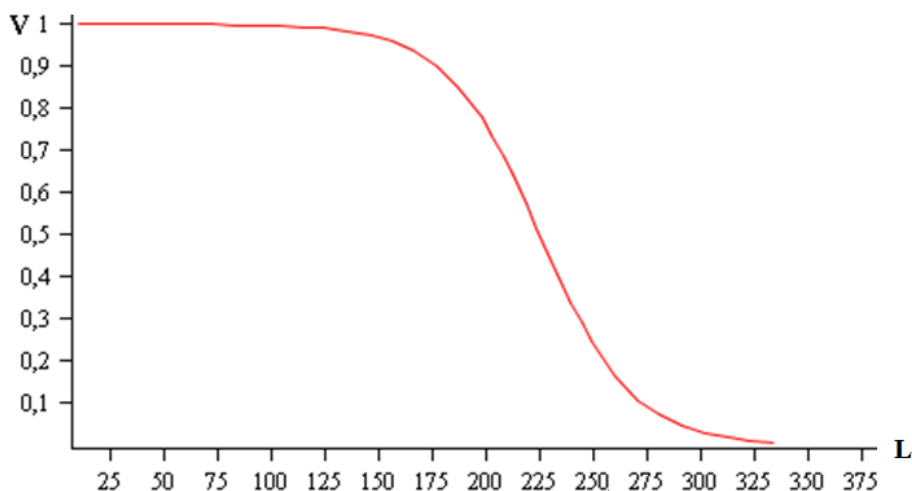


Рис. 1 – Зависимость видности от длины волоконной линии связи

Квантовый коэффициент ошибки может быть найден из значений квантовой интерференционной видности. Для протокола BB84 квантовый коэффициент ошибки e может быть представлен как:

$$QBER = \frac{0,5P_e}{0,5 \times \mu 10^{-\alpha L/10} \eta_e + P_e} \quad (2)$$

Если $QBER$ меньше, чем 11% отправитель и получатель могут сформировать общий ключ с минимальной информацией, доступной злоумышленнику, путем применения классических кодов, корректирующих ошибки. Коэффициент ошибки, вычисленный по формуле (2) с учетом значения $P_e = 8,5 \cdot 10^{-7}$ представлен на рисунке 2.

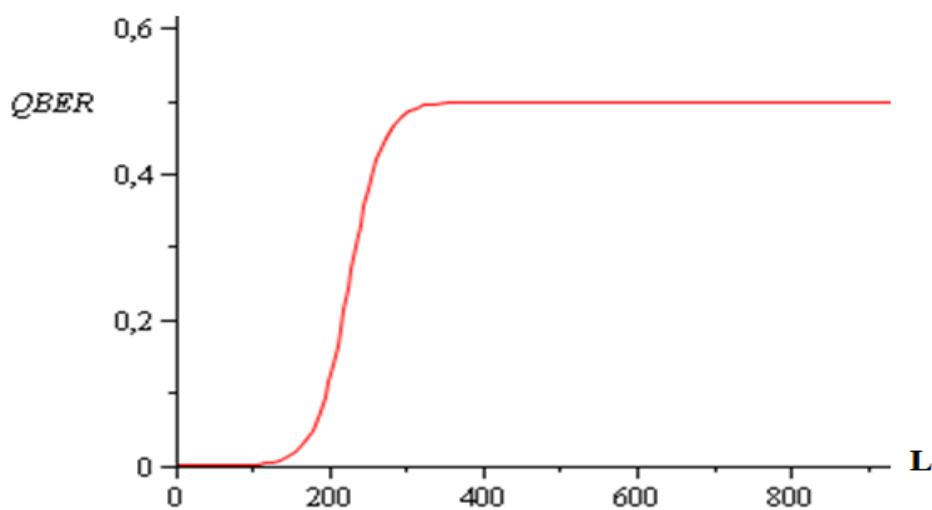


Рис. 2 – График зависимости коэффициента ошибки от длины волоконной линии связи

Из рисунка 1 видно, что при допустимом уровне видности 0,9 длина волоконной линии связи составит примерно 175 км. Из рисунка 2 следует, что допустимый квантовый коэффициент ошибки 11% достигается при длине волоконной линии связи около 200 км.

В случае классической коммуникации проблема потерь решается путем усиления сигнала в промежуточных узлах в процессе передачи, то есть использованием повторителей [4, С.188]. При передаче квантовой информации, однако, мы не можем “усилить” сигнал подобным образом из-за невозможности клонирования квантового состояния [2, С.123]. Тем не менее можно создать квантовый аналог повторителя, дающий возможность передачи квантовой информации на большие расстояния с помощью создания перепутанного состояния между отправителем и получателем [5, С.137], [6, С.772]. Это перепутывание затем может быть использовано при квантовой коммуникации, в частности, при квантовой телепортации или в протоколах квантового распределения ключа [8, С.176]. Суть протокола квантового повторителя состоит в том, что между отправителем А и получателем В помещается ряд промежуточных узлов C_1, C_2, \dots, C_{N-1} , и изначально перепутывание создается между соседними из них (см. рисунок 3). Следующим шагом является создание на основе этого перепутывания перепутанного состояния между более далекими узлами — так называемый перенос перепутывания, или свопинг [1, С.50], [3, С.517]: если над кубитами в среднем из трех последовательных узлов произвести измерение, проектирующее их на состояния Белла $\{|\Phi^+\rangle, |\Phi^-\rangle, |\Psi^+\rangle, |\Psi^-\rangle\}$, а затем выполнить над крайними кубитами некоторые унитарные преобразования, зависящие от результата белловского измерения, то эти крайние кубиты (которые, заметим, никогда не взаимодействовали между

собой) в результате окажутся в перепутанном состоянии (см. рис. 4). Проведение свопинга во всех узлах приведет к появлению требуемого перепутывания между узлами А и В.

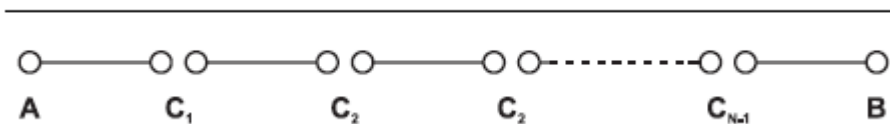


Рис. 3 – Схема повторителя: между крайними узлами передачи А и В помещаются промежуточные узлы C_1, C_2, \dots, C_{N-1} , между которыми создается перепутывание

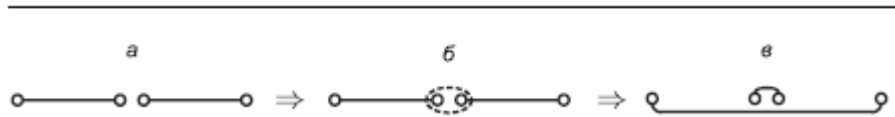


Рис. 4 – Перенос перепутывания(свопинг): после создания перепутывания между соседними узлами (а) производится белловское измерение кубитов среднего узла (б), в результате чего крайние кубиты оказываются в перепутанном состоянии (в)

Заключение

В статье были рассчитаны, проанализированы и визуализированы в виде графиков ключевые зависимости видности и квантового коэффициента ошибки от длины волоконной линии связи. Была выявлена закономерная ограниченность дальности распространения сигнала, что обусловлено принципиальной невозможностью клонировать одиночный фотон и вытекающей из этого невозможности ретрансляции одиночного фотона с целью увеличения дальности его распространения. Так же было численно определено, при заявленных числовых характеристиках системы, максимально допустимое значение длины волоконной линии связи при сохранении приемлемых для передачи информации характеристик. Был рассмотрен классический способ увеличения длины волоконно-оптической линии связи с сохранением необходимых для передачи информации ключевых характеристик - установка квантовых повторителей.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Бауместер Д. Физика квантовой информации / Бауместер Д., Экерт А., Цайлингер А. – М.: Постмаркет, 2002. – С. 50–51.
2. Ермаков А.И. Квантовая механика. Учебник и практикум для академического бакалавриата / А.И. Ермаков –М.: Юрайт, 2017. – С. 120–125.
3. Нильсен М. Квантовые вычисления и квантовая информация / Нильсен М., Чанг И. – М.: Мир, 2006. – С. 513–521.
4. Байков Ю.А. Квантовая механика / Ю.А. Байков, Кузнецов В.М. – М.: Бином, 2019. – С. 186–191.
5. Ермаков О.Н. Оптоэлектроника / О.Н. Ермаков, С.А. Тарасов. – М.: ЯНУС-К, 2011. – С. 136–138.
6. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника / А.Н. Игнатов. – М.: Лань, 2017. – С. 772–773.
7. Шабанов В.Ф. Метаматериалы и структурно организованные среды для оптоэлектроники, СВЧ-техники и нанофотоники / В.Ф. Шабанов, В.Я. Зырянов, В.Г. Архипкин. –М.: СО РАН, 2013. –С. 55–58.
8. Щапова И.А. Основы оптоэлектроники и лазерной техники / И.А. Щапова. –М.: Флинта, 2017. – С. 176–177.
9. Цуканов В.Н. Волоконно-оптическая техника / В.Н. Цуканов, М.Я. Яковлев. –М.: Инфра-Инженерия, 2015. – С. 155–159.
10. Раскин А.А. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники / А.А. Раскин, В.К. Прокофьева. – М.: Бином, 2012. – С. 136–138.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Baumerster D. Fizika kvantovoy informacii [Physics of quantum information] / Baumerster D., Ekert A., Cajlinger A. – М.: Postmarket, 2002. – P. 50–51. [in Russian]
2. Ermakov A.I. Kvantovaya mekhanika. Uchebnik i praktikum dlya akademicheskogo bakalavriata [Quantum mechanics. Textbook and workshop for academic undergraduate] / A.I. Ermakov –М.: YUrajt, 2017. – P. 120–125. [in Russian]
3. Nil'sen M. Kvantovye vychisleniya i kvantovaya informaciya [Quantum computing and quantum information] / Nil'sen M., Chang I. – М.: Mir, 2006. – P. 513–521. [in Russian]
4. Bajkov Yu.A. Kvantovaya mekhanika [Quantum mechanics] / Bajkov Yu.A., Kuznecov V.M. – М.: Binom, 2019. – P. 186–191. [in Russian]
5. Ermakov O.N. Optoelektronika [Optoelectronics] / O.N. Ermakov, S.A. Tarasov. – М.: YANUS-K, 2011. – P. 136–138. [in Russian]
6. Ignatov A.N. Optoelektronika i nanofotonika [Optoelectronics and nanophotonics] / A.N. Ignatov. – М.: Lan', 2017. – P. 772–773. [in Russian]
7. Shabanov V.F. Metamaterialy i strukturno organizovannye sredy dlya optoelektroniki, SVCH-tehniki i nanofotoniki [Metamaterials and structurally organized environments for optoelectronics, microwave technology and nanophotonics] / V.F. Shabanov, V.Ya. Zyryanov, V.G. Arhipkin. –М.: SO RAN, 2013. –P. 55–58. [in Russian]
8. Shchapova I.A. Osnovy optoelektroniki i lazernoj tekhniki [Fundamentals of optoelectronics and laser technology] / I.A. Shchapova. –М.: Flinta, 2017. – P. 176–177. [in Russian]
9. Cukanov V.N. Volokonno-opticheskaya tekhnika [Fiber optic technology] / V.N. Cukanov, M.Ya. Yakovlev. –М.: Infra-Inzheneriya, 2015. – P. 155–159. [in Russian]
10. Raskin A.A. Tekhnologiya materialov mikro-, opto- i nanoelektroniki [Technology of materials micro-, opto- and nanoelectronics] / A.A. Raskin, V.K. Prokof'eva. – М.: Binom, 2012. – P. 136–138. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.003>

СИММЕТРИЧЕСКАЯ ГРУППА И ЕЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД

Научная статья

Казинец В.А. *

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

* Корреспондирующий автор (kazinec[at]khspu.ru)

Аннотация

Описание генетического кода симметрической группы. Предложен новый подход к построению генетических кодов симметрической группы. На основании данного подхода получено однозначное представление элементов группы в виде произведения циклов. Используя такое представление, изучены некоторые свойства группы S_n . Представление элементов группы в виде одночлена позволяет построить ортогональные базисы в пространстве комплекснозначных функций на группе.

Ключевые слова: Симметрическая группа, генетический код, подгруппы.

SYMMETRIC GROUP AND ITS GENETIC CODE

Research article

Kazinets V.A. *

Pacific State University, Khabarovsk, Russia

* Corresponding author (kazinec[at]khspu.ru)

Abstract

The article contains the description of the genetic code of the symmetric group. A new approach to the construction of the genetic codes of the symmetric group is proposed. Based on this approach, an unambiguous representation of the elements of the group in the form of a product of cycles is obtained. Using this representation, we studied some properties of the S_n group. The representation of the elements of the group as a monomial allows constructing orthogonal bases in the space of complex-valued functions on the group.

Keywords: Symmetric group, genetic code, subgroups.

Введение

Симметрическая группа играет существенную роль в теории групп, так как любая конечная группа является ее подгруппой, при этом на представлениях этой группы во многом базируются представления классических матричных групп, подгруппа четных перестановок является группой Вейля. Неприводимые представления S_n обычно описывают с помощью диаграмм и таблиц Юнга [2], что приводит к серьезным комбинаторным сложностям, рассматривать функции с аргументом в виде таблиц Юнга не очень удобно. Мы предлагаем другой подход к описанию группы S_n , который позволит однозначно представить элементы группы в виде одночлена.

$$g = y_1^{\beta_1} y_2^{\beta_2} \dots y_{n-1}^{\beta_{n-1}}$$

Накладывая условия на степени данного одночлена, получим подгруппы симметрической группы. Заметим, что комплекснозначные функции на группе являются периодическими функциями от $n-1$ переменной с периодом $T=i+1$ по i -той переменной, что позволит построить ортогональный базис.

Обычно, конечная группа задается таблицей Кэли, но когда порядок группы достаточно велик, эту таблицу затруднительно выписать в явном виде. Описание групп с указанием множества порождающих элементов и множества определяющих соотношений между порождающими элементами, имеющее название копредставление или генетический код, является более компактным методом описания конечных групп. Такое описание позволяет описать некоторые свойства группы и элементов группы, но мало что говорит о строении самой группы.

Первые определения, теоремы и проблемы теории групп, возникшие в трудах Лагранжа, Абеля и Галуа, относились к группам перестановок (симметрической группе). В соответствии с теоремой Кэли, любая конечная группа изоморфна некоторой подгруппе группы перестановок, что указывает на значимость симметрической группы в теории групп.

Существует достаточно много генетических кодов группы S_n , [8], [9].

1.) Код Бернсайда

$$r^n = r_1^2 = (rr_1)^{n-1} = [r^{-k+1}(rr_1)^{k-1}]^k = (r^{-i}r_1r^i r_1)^2 = e, 2 \leq k \leq n, 2 \leq i \leq \frac{n}{2}$$

в порождающих $r = (123 \dots n)$, $r_1 = 12$. Данный код содержит лишние соотношения.

2.) Код Мура

$$r^n = r_1^2 = (rr_1)^{n-1} = (r_1r^{-1}r_1r)^3 = (r_1r^{-i}r_1r^i)^2 = e, 2 \leq i \leq n-2.$$

Мур указал и следующий код

$$\begin{aligned} r_1^2 &= r_2^2 = \dots = r_{n-1}^2 = e, \\ (r_i r_{i+1})^3 &= e \text{ при } 1 \leq i \leq n-2, \\ (r_i r_k)^2 &= e \text{ при } i \leq k-2 \end{aligned}$$

В порождающих $r_1 = (1,2)$, $r_2 = (2,3)$, ..., $r_{n-1} = (n-1, n)$.

В настоящее время наиболее часто используется следующее представление

$$\begin{aligned} r_i^2 &= e, \\ r_i r_{i+1} r_i &= r_{i+1} r_i r_{i+1}, 1 \leq i \leq n-2 \\ r_i r_k &= r_k r_i, i \leq k-2. \end{aligned}$$

В работах [1],[3],[4] предложен генетический код симметрической группы, определяемый тождествами:

$$\begin{aligned} x_i^{i+1} &= e, 1 \leq i \leq n-1 \\ x_k x_i &= x_i x_{i+1} x_k, k > i \end{aligned} \quad (1)$$

В настоящей работе предлагается возможность получить набор генетических кодов, позволяющих исследовать структуру симметрической группы.

Основные результаты

Теорема 1. Пусть y_1, y_2, \dots, y_{n-1} порождающие группы, тогда тождества

$$y_i^{i+1} = e, y_k y_i = y_{i-1} y_{k-1}^{k-1} y_k^2 \quad (2)$$

$$y_i^{i+1} = e, y_k y_i = y_{i-1} y_{k-1}^{k-1} y_k^2 \quad (2)$$

Являются генетическим кодом группы S_n

Доказательства: Обозначим через $x_i = y_i^i$, тогда $x_i^{i+1} = (y_i^i)^{i+1} (y_i^{i+1})^i = e$

$$x_k x_i = y_k^k y_i^i = y_1 y_{i+1}^{i+1} y_k^k = x_1 x_{i+1} x_k$$

То есть тождества (2) порождают тождества (1).

Обратно, пусть $y_i = x_i^i$, тогда $y_i^{i+1} = (x_i^i)^{i+1} = e$,

$$y_k y_i = x_k^k x_i^i = x_{i-1}^{i-1} x_{k-1}^{k-1} x_k^{k-1} = y_{i-1} y_{k-1}^{k-1} y_k^2$$

Тождества (1) порождают тождества (2), что и доказывает теорему.

Теорема 2. Любой элемент $g \in S_n$ однозначно представим в виде

$$g = y_1^{\beta_1} y_2^{\beta_2} \dots y_{n-1}^{\beta_{n-1}}$$

Рассмотрим действие элемента $g \in S_n$ на множестве $\{0, 1, 2, \dots, n-1\}$, обычно элемент g представляют в виде перестановки

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & \dots & n-1 \\ \gamma_0 & \gamma_1 & \dots & \gamma_{n-1} \end{pmatrix}.$$

Теорема 3. Имеет место равенство

$$\gamma_i = (((i + \beta_i)_{i+1} + \beta_{i+1})_{i+2} + \dots + \beta_{n-1})_n, \text{ где } (x)_k - \text{остаток от деления числа } x \text{ на } k.$$

Для доказательства данного утверждения достаточно заметить, что y_i - это цикл $(0, 1, 2, \dots, i-1)$, а $y_i^{\beta_i}$ сдвиг цикла на β_i по модулю $i+1$.

Обратная задача решается несколько сложнее, раскрывая равенства из теоремы 3, мы получим систему уравнений, исключая промежуточные переменные получим следующий результат.

$$g = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & \dots & n-1 \\ \gamma(0) & \gamma(1) & \gamma(2) & \dots & \gamma(n-1) \end{pmatrix}, \text{ тогда степени } \beta_i, \text{ элемента}$$

Теорема 4. Пусть задана перестановка $g = y_1^{\beta_1} \dots y_{n-1}^{\beta_{n-1}}$ являются решением системы линейных уравнений

$$\begin{cases} 1 + \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_{n-1} = 2t_{01} + 3t_{02} + \dots + nt_{0, n-1} + \gamma(1) \\ \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_{n-1} = 2t_{11} + 3t_{12} + \dots + nt_{1, n-1} + \gamma(0) \\ k + \beta_k + \beta_{k-1} + \dots + \beta_{n-1} = (k+1)t_{k0} + \dots + n2t_{k1} + 3t_{k2} + \dots + ntk_{1, n-1} + \gamma(k) \\ n-1 + \beta_{n-1} = nt_{n-1, n} + \gamma(n-1) \\ t_{01} + t_{11} = \beta_1 \\ t_{02} + t_{12} + t_{22} = \beta_2 \\ t_{0k} + t_{kk} + \dots + t_{kk} = \beta_k \\ t_{0, n-1} + t_{1, n-1} + \dots + t_{n-1, n-1} = \beta_{n-1} \end{cases}$$

Все величины в системе неотрицательные целые числа, при этом $0 \leq \beta_i \leq i, t_{ij} = \{0, 1\}$

Теорема 3 позволяет сформулировать следующее утверждение

Замечание. Пусть дан набор чисел $(k_1, k_2, \dots, k_{n-1})$, удовлетворяющих условиям

$$1 \leq k_i \leq i, (k_i, i+1) = 1$$

$(k_i, i+1)$ взаимнопростые числа), тогда $y_1^{k_1}, y_2^{k_2}, \dots, y_{n-1}^{k_{n-1}}$ порождающие элементы группы S_n , тождества между которыми легко получить используя формулы (2).

Полученные генетические коды позволяют описать некоторые подгруппы симметрической группы. Например:

а) Элемент $g = y_1^{\beta_1} y_2^{\beta_2} \dots y_{n-1}^{\beta_{n-1}}$ принадлежит A_n , подгруппе четных перестановок, тогда и только тогда, когда

$$\sum_{i=0}^{n-1} \beta_i \cdot i \equiv 0 \pmod{2}$$

б) Множество элементов $g \in S_n$, удовлетворяющих условиям

$$((i + \beta_i)_{i+1} + \beta_{i+1})_{i+2} + \dots + \beta_{n-1})_n = i$$

образуют подгруппу изоморфную S_{n-1} .

Так как $y_i^{i+1} = e$, то функции на группе S_n являются периодическими с периодом $i+1$ по i -той переменной. То есть, если $g = y_1^{\beta_1} y_2^{\beta_2} \dots y_{n-1}^{\beta_{n-1}}$, то

$$f(g) = f(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{n-1}) = f(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_i + i + 1, \dots, \beta_{n-1})$$

Теорема. Пусть набор целых чисел $(k_1, k_2, \dots, k_{n-1}) = k$ удовлетворяет условию $0 \leq k_i \leq i$, тогда множество функций

$$\varphi_k = \exp \left(2\pi i \left(\frac{k_1 \beta_1}{2} + \frac{k_2 \beta_2}{3} + \dots + \frac{k_{n-1} \beta_{n-1}}{n} \right) \right)$$

образует ортогональный базис в пространстве комплекснозначных функций на группе S_n относительно стандартного скалярного произведения $(f(g), \varphi(g)) = \frac{1}{|G|} \sum_{g \in G} f(g) \overline{\varphi(g)}$

Поставим каждому элементу $g = y_1^{\beta_1} y_2^{\beta_2} \dots y_{n-1}^{\beta_{n-1}}$ в соответствие целое число $N(g) = \beta_1 \cdot 1! + \beta_2 \cdot 2! + \dots + \beta_{n-1} \cdot (n-1)!$

Легко показать, что данное соответствие является взаимно-однозначным. То есть группа S_n взаимно-однозначно отображается на множестве целых чисел отрезка $[0; n! - 1]$, тогда функцию $f(g)$ можно рассматривать как функцию $f(N(g))$.

Теорема. Пусть $0 \leq m \leq n! - 1$, m - целое. Тогда функции $\psi_m(g) = \exp 2\pi i \frac{mN(g)}{n!}$, образуют ортогональный базис в пространстве комплекснозначных функций на группе S_n .

Заключение. Полученные результаты позволяют перейти к изучению свойств симметрической группы, описанию ее подгрупп, рассмотрению функций, определяющих умножение в группе [4], описанию сопряженных элементов, построению неприводимых представлений симметрической группы без использования диаграмм Юнга. Обратим внимание на интересные тождества, получаемые при описании группы в терминах одночленов.

$$\sum_{g \in S_n} g = \prod_{i=1}^{n-1} (1 + x_i + \dots + x_i^i),$$

$$\sum_{g \in S_n} \text{sgn}(g) \cdot g = \prod_{i=1}^{n-1} (1 + (-x_i) + \dots + (-x_i)^i).$$

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Богоутдинов Д. Г. Свойства операции умножения в группе S_n / Д. Г. Богоутдинов // XXXIV Дальневосточная математическая школа-семинар им. ак. Е. В. Золотова «Фундаментальные проблемы математики и информационных наук»: тез. докл. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2009. – С. 10-12.
2. Джеймс Г. Теория представлений симметрических групп: пер. с англ. / Г. Джеймс. – М.: Мир, 1982. – 216 с.
3. Казинец В. А. Копредставление симметрической группы / В. А. Казинец // XXXIV Дальневосточная математическая школа-семинар им. ак. Е. В. Золотова «Фундаментальные проблемы математики и информационных наук»: тез. докл. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, – 2009. – С. 33-35.
4. Казинец В. А. Умножение в симметрической группе, заданной генетическим кодом / В. А. Казинец // Действие торов: топология, геометрия, теория чисел: тезисы докладов Международной открытой российско-китайской конференции, Хабаровск, 2-7 сентября 2013 г. / под научной ред. Бухштабера В. М., Быковского В. А. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, – 2013. – С. 89-90.
5. Казинец В. А. Умножение в конечных группах, заданных генетическим кодом / В. А. Казинец, А.Ю. Разумовская // Научно-образовательный журнал «Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема»/ Биробиджан: Изд-во ФГБОУ ВПО «ПГУ им. Шолом-Алейхема», – 2014. – №4(17). – С. 83-86.
6. Казинец В. А. Некоторые свойства группы S_n , заданной генетическим кодом / В.А. Казинец, И.Ю. Духовникова // Интеграция науки и практики в современных условиях : Материалы XII Международной научно-практической конференции (19 июня 2018г.): сборник научных трудов / Научный ред. канд. техн. наук, доц. Щечоева А.Х.- М.:Издательство «Перо», 2018. – С.63-65.
7. Казинец В. А. Некоторые свойства группы S_n , заданной генетическим кодом / В.А. Казинец, И.Ю. Духовникова // Интеграция науки и практики в современных условиях : Материалы XII Международной научно-практической конференции (19 июня 2018г.): сборник научных трудов / Научный ред. канд. техн. наук, доц. Щечоева А.Х.- М.:Издательство «Перо», 2018. – С.63-65.
8. Коксетер Г. С. М. Порождающие элементы и определяющие соотношения дискретных групп: пер. с англ. / Г. С. М. Коксетер, У. О. Дж. Мозер; под ред. Ю. И. Мерзлякова. – М.: Наука, – 1980. – 240с.

9. Магнус В. Комбинаторная теория групп. Представление групп в терминах образующих и соотношений / В. Магнус, А. Каррас, Д. Солитэр; пер. с англ. Д. И. Молдавского, А. А. Фридмана, Ю. И. Хмелевского; под ред. М. Д. Гриндлинга. – М.: Наука, 1974. – 456с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bogoutdinov D. G. voystva operacii umnozheniya v grupe [Properties of multiplication operations in a group] / D. G. Bogoutdinov // XXXIV Dal'nevostochnaya matematicheskaya shkola-seminar im. ak. E. V. Zolotova «Fundamental'nye problemy matematiki i informacionnyh nauk [XXXIV Far-Eastern Mathematical School-Seminar named after. ac EV Zolotov, "Fundamental Problems of Mathematics and Information Sciences"]»: mes. report - Khabarovsk: Pacific Publishing House. state University, 2009. - p. 10-12.

2. James G. Teoriya predstavlenii simmetricheskikh grupp [Theory of Representation of Symmetric Groups]: Per. from English / G. James. - M.: Mir, 1982. - 216 p.

3. Kazinets V. A. Kopredstavlenie simmetricheskoy gruppy [Coproduct of a symmetric group] / V. A. Kazinets // XXXIV Dal'nevostochnaya matematicheskaya shkola-seminar im. ak. E. V. Zolotova «Fundamental'nye problemy matematiki i informacionnyh nauk [XXXIV Far-Eastern Mathematical School-Seminar. ac EV Zolotov, "Fundamental Problems of Mathematics and Information Sciences"]»: mes. report - Khabarovsk: Pacific Publishing House. state University, - 2009. - p. 33-35.

4. Kazinets V. A. Umnozhenie v simmetricheskoy grupe, zadannoy geneticheskim kodom [Multiplication in the symmetric group given by the genetic code] / V. A. Kazinets // Dejstvie torov: topologiya, geometriya, teoriya chisel: tezisy dokladov Mezhdunarodnoj otkrytoj rossijsko-kitajskoj konferencii [Action of tori: topology, geometry, number theory: abstracts of the International Open Russian-Chinese Conference], Khabarovsk, 2-7 September 2013 city / under scientific ed. Buchstaber V.M., Bykovsky V.A. - Khabarovsk: Pacific Publishing House. state University, - 2013. - p. 89-90.

5. Kazinets V. A. Umnozhenie v konechnykh gruppah, zadannykh geneticheskim kodom [Multiplication in finite groups defined by the genetic code] / V. A. Kazinets, A. Yu. Razumovskaya // Nauchno-obrazovatel'nyj zhurnal «Vestnik Priamurskogo gosudarstvennogo universiteta im. SHolom-Alejhema [Scientific and educational journal "Bulletin of the Amur State University. Sholem Aleichem "] / Birobidzhan: Publishing House of FSBEI HPE" PSU them. Sholem Aleichem ", - 2014. - №4 (17) .- P. 83-86.

6. Kazinets, V. A. Nekotorye svoystva gruppy ,zadannoy geneticheskim kodom [Some properties of a group given by a genetic code] / V.A. Kazinets, I.Yu. Dukhovnikova // Integraciya nauki i praktiki v sovremennykh usloviyakh : Materialy XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (19 iyunya 2018g.): sbornik nauchnykh trudov [Integration of science and practice in modern conditions: Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference] (June 19, 2018): collection of scientific papers / Scientific Ed. Cand. tech. Sciences, Assoc. Tsechoev A.Kh.- M.: Perot Publishing House, 2018. - P.63-65.

7. Kazinets V. A. ekotorye svoystva gruppy, zadannoy geneticheskim kodom [Some properties of a group given by a genetic code] / V.A. Kazinets, I.Yu. Dukhovnikova // Integraciya nauki i praktiki v sovremennykh usloviyakh : Materialy XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (19 iyunya 2018g.): sbornik nauchnykh trudov [Integration of science and practice in modern conditions: Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference (June 19, 2018)]: collection of scientific papers / Scientific Ed. Cand. tech. Sciences, Assoc. Tsechoev A.Kh.- M.: Perot Publishing House, 2018. - P.63-65.

8. Coxeter, G.S.M. Porozhdayushchie elementy i opredelyayushchie sootnosheniya diskretnykh grupp: per. s angl [The generating elements and the defining relations of discrete groups: Per. from English] / G.S.M. Coxeter, W. O. J. Moser; by ed. Yu. I. Merzlyakov. - M.: Science, - 1980. - 240s.

9. Magnus V. Kombinatornaya teoriya grupp. Predstavlenie grupp v terminah obrazuyushchih i sootnoshenij [Combinatorial group theory. Representation of groups in terms of generators and relations] / V. Magnus, A. Karras, D. Solitaire; per. from English D.I. Moldavsky, A.A. Fridman, Yu.I. Khmelevsky; by ed. Md grindlinger - M.: Science, 1974. - 456s.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.004>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ Mn НА ФАЗОФОРМИРОВАНИЕ, РАЗМЕРЫ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ $\text{BiFe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$

Научная статья

Лыу Тхи Ньян¹, Фам Май Ан², Нго Тхи Хоа³, Нгуен Куанг Тхань⁴, Нгуен Ван Мань⁵, Зыонг Ву Чыонг⁶, Ле Тхи Биль⁷, Нгуен Тхань Чунг⁸, Нгуен Ван Чуонг⁹^{1,3,4,5,6} Ханойский индустриальный университет, Ханой, Вьетнам;^{2,7} Тхайнгуенский педагогический университет, Провинция Тхайнгуен, Вьетнам;⁸ Тхайнгуенский педагогический колледж, Провинция Тхайнгуен, Вьетнам;⁹ Донгхоаская старшая школа, Провинция Хайфонг, Вьетнам

* Корреспондирующий автор (phammaian[at]dhsptn.edu.vn, luu.nhan[at]hau.edu.vn)

Аннотация

Объектами исследования выступили наноразмерные мультиферроические порошки $\text{BiFe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$ ($x = 0.00, 0.05, 0.075$), синтезированные золь-гель методом. Образцы кальцинировали при соответствующих температурах и в заданный период времени. Фазовый анализ образцов проводили с помощью рентгеновской дифрактометрии (РД). Морфологию частиц порошка $\text{BiFe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$ исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ). Спектры УФ-видимого поглощения образцов были получены с помощью спектрофотометрической системы Cary 5000 UV-Vis-NIR Spectrophotometer. Результаты показывают, что легирование Mn с определенным соотношением поможет удалить вторичную фазу и создать образцы с однофазной BFO, и приведет к уменьшению размера частиц. Исследование спектров поглощения в УФ-видимой области изготовленных образцов было показано, что легирование Mn расширило и сместило поглощающий край образцов в направлении большей длины волны, и уменьшило ширину запрещенной зоны. Это увеличит фотокаталитическую активность системы материалов BFO, что сделает применение более практичным.

Ключевые слова: феррит висмута, мультиферроик, фазовый состав, микроскопическая структура, спектр поглощения.

STUDY OF MN CONCENTRATION EFFECT ON PHASE-FORMATION, DIMENSIONS AND OPTICAL PROPERTIES OF $\text{BiFe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$ NANOPARTICLES

Research article

Luu Thi Nhan¹, Pham Mai An², Ngo Thi Hoa³, Nguyen Quang Thanh⁴, Nguyen Van Manh⁵, Duong Vu Truong⁶, Le Thi Binh⁷, Nguyen Thanh Trung⁸, Nguyen Van Chuong⁹^{1,3,4,5,6} Ha Noi University of Industry, Ha Noi, Vietnam;^{2,7} Thai Nguyen University of Education, Thai Nguyen province, Vietnam;⁸ Thai Nguyen Teacher Training College, Thai Nguyen Province, Vietnam;⁹ Donghoa hight school, Hai Phong city, Vietnam

* Corresponding author (phammaian[at]dhsptn.edu.vn, luu.nhan[at]hau.edu.vn)

Abstract

Nanoscale multiferroic powders $\text{BiFe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$ ($x = 0.00, 0.05, 0.075$) synthesized by the sol-gel method are the object of the study. Samples are calcined at appropriate temperatures and for a specified period. Phase analysis of the samples is performed with the use of x-ray diffraction (XRD). The morphology of $\text{BiFe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$ ($x = 0.00, 0.05, 0.075$) powder particles is investigated using a scanning electron microscope (SEM). The spectra of UV-visible absorption of the samples are obtained using a spectrophotometric system Cary 5000 UV-Vis-NIR Spectrophotometer. The results show that Mn doping with a certain ratio will help to remove the secondary phase and create samples with single-phase BFO, and this will lead to a decrease in particle size. The study of the absorption spectra in the UV-visible region of the fabricated samples showed that Mn doping expanded and shifted the absorbing edge of the samples towards large wavelength, and reduced the width of the forbidden band. This will increase the photocatalytic activity of the BFO material system, which will make the application more practical.

Keywords: bismuth ferrite, multiferroic, phase composition, microscopic structure, the absorption spectrum.

Введение

Феррит висмута (BiFeO_3 , BFO) – классический мультиферроик продолжает оставаться в центре внимания исследователей как модельный объект материалов, которые при комнатных температурах проявляют магнитоэлектрические свойства. Характерной особенностью этих материалов с практической точки зрения является плохая проводимость, высокие значения температур магнитного ($T_N \sim 640$ K) и сегнетоэлектрического упорядочения ($T_C \sim 1100$ K) [1], [2]. Эти материалы перспективны для новой области квантовой электроники – спиновой электроники, основанной на транспорте спин-поляризованных электронов, сенсорной техники, магнитной памяти [3]–[6]. С другой стороны, наночастицы BFO также показывают хорошую фотокаталитическую активность в области видимого света из-за узкой ширины запрещенной зоны (2,1-2,7 эВ) [7]. Такие материалы могут использоваться в качестве новых фотокатализаторов, реагирующих на видимый свет, для разложения органических загрязнителей или для образования H_2 из воды [8].

В последние годы внимание исследователей обращено на освоение методик получения наночастиц и исследование физических, химических свойств наноструктурированных материалов BFO. Исследовательское

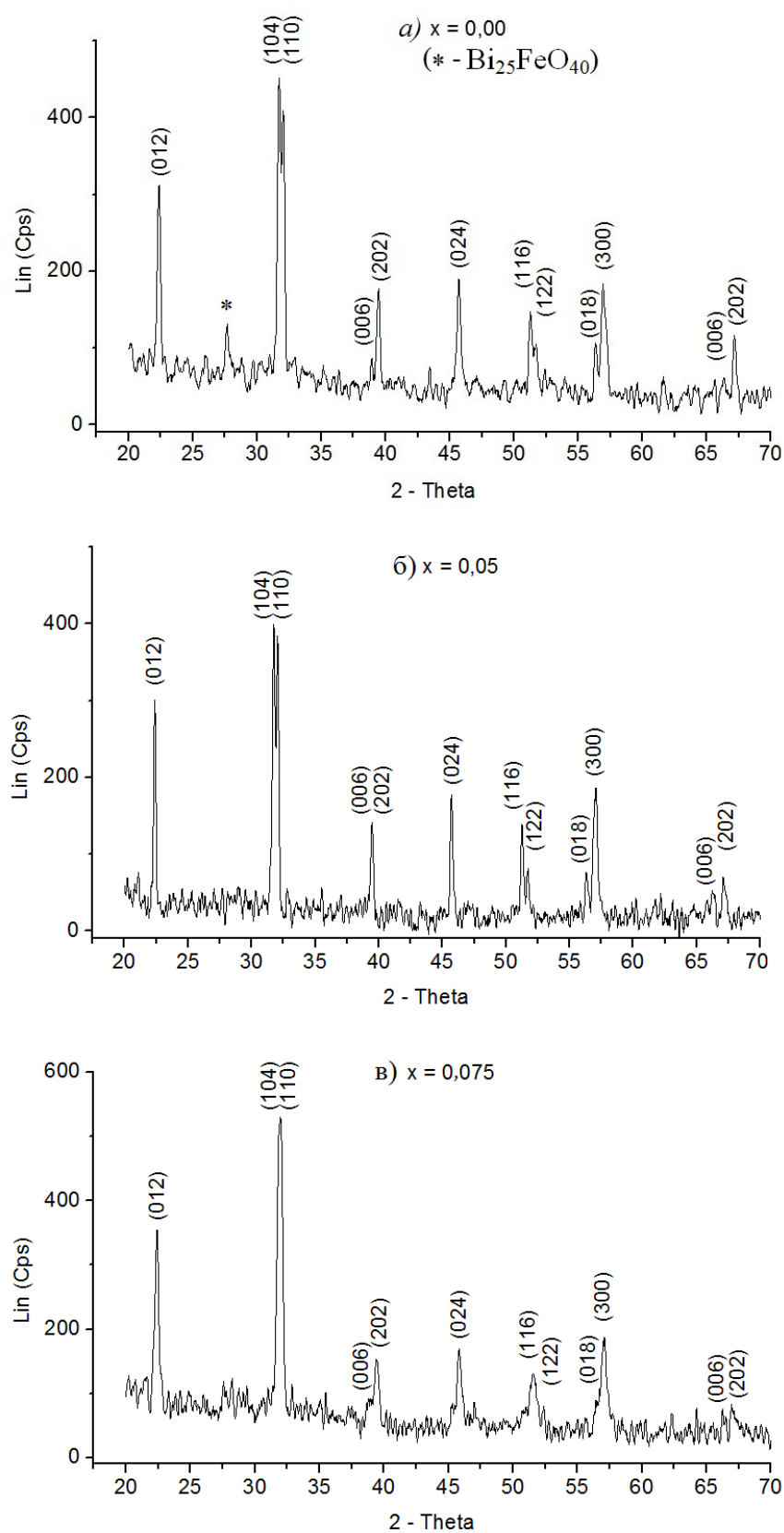
направление также очень заинтересовано в легировании редкоземельных элементов или 3d-групп в нанобразцах BFO для улучшения электромагнитных свойств, улучшения фотокаталитической способности, легкого восстановления и повторного использования. В представленной работе описаны результаты исследования влияния концентрации Mn на фазообразование, размеры и оптические свойства наночастиц $\text{BiFe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$ ($x=0.00; 0.05; 0.075$).

Образцы и методика измерений

Объектами исследования выступили наноразмерные мультиферроические порошки $\text{BiFe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$ ($x=0.00-0.075$), синтезированные золь-гель методом в педагогическом университете ТхайНгуена, провинция Тхайнгуен, Вьетнам, с использованием нитрата висмута $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (чистота $\geq 99\%$), нитрата железа $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (чистота $\geq 98,5\%$), моногидрат лимонной кислоты $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (чистота $\geq 99,5\%$), раствора нитрата марганца $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ 50% и NH_3 (NH_4OH). Образцы кальцинировали при соответствующих температурах и в заданный период времени. Рентгенографические исследования при комнатной температуре проводили методом порошковой дифракции с использованием дифрактометра X - XRD D8 Advance. Морфология частиц порошка исследовалась с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Hitachi S-4800. Спектры поглощения в УФ-видимой области изготовленных образцов выполнялись абсорбционной спектроскопией UV-Vis на спектрофотометрической системе Cary 5000 UV-Vis-NIR.

Экспериментальные результаты и обсуждений

В этой работе, мы успешно получили порошки $\text{BiFe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$ с соотношением $x = 0\%, 5\%$ и $7,5\%$. Рентгенофазовый анализ порошков при комнатной температуре представлял на рис 1. Анализ рентгенограмм показывает, что образцы имеют высокую фазовую чистоту. В нелегированных образцах (рис.1- а) существует вторичная фаза $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{40}$, однако эта вторичная фаза очень низкая. Причина появления этой вторичной фазы объясняется нестабильной фазой BiFeO_3 . Кроме того, высоколетучий оксид висмута изменяет соотношение предшественников, образуя вторичную фазу, связанную с фазой BFO в процессе синтеза материала [9].

Рис. 1 – Рентгенофазовый анализ порошков $\text{Bi}_{1-x}\text{Mn}_x\text{FeO}_3$ ($x=0.00; 0.05; 0.075$)*Примечание: при комнатной температуре*

Образцы при $x = 0.05$ и 0.075 (рисунки 1 - б и в) содержали только фазу BFO. Это показывает, что легирование Mn с определенным соотношением поможет удалить вторичную фазу и создать образцы с однофазной BFO. Исходя из

рентгенограмм, мы также оцениваем, что средний размер образцов с соотношением 0%, 5% и 7,5% составляет соответственно 23,2 нм; 24,3 нм и 39,1 нм.

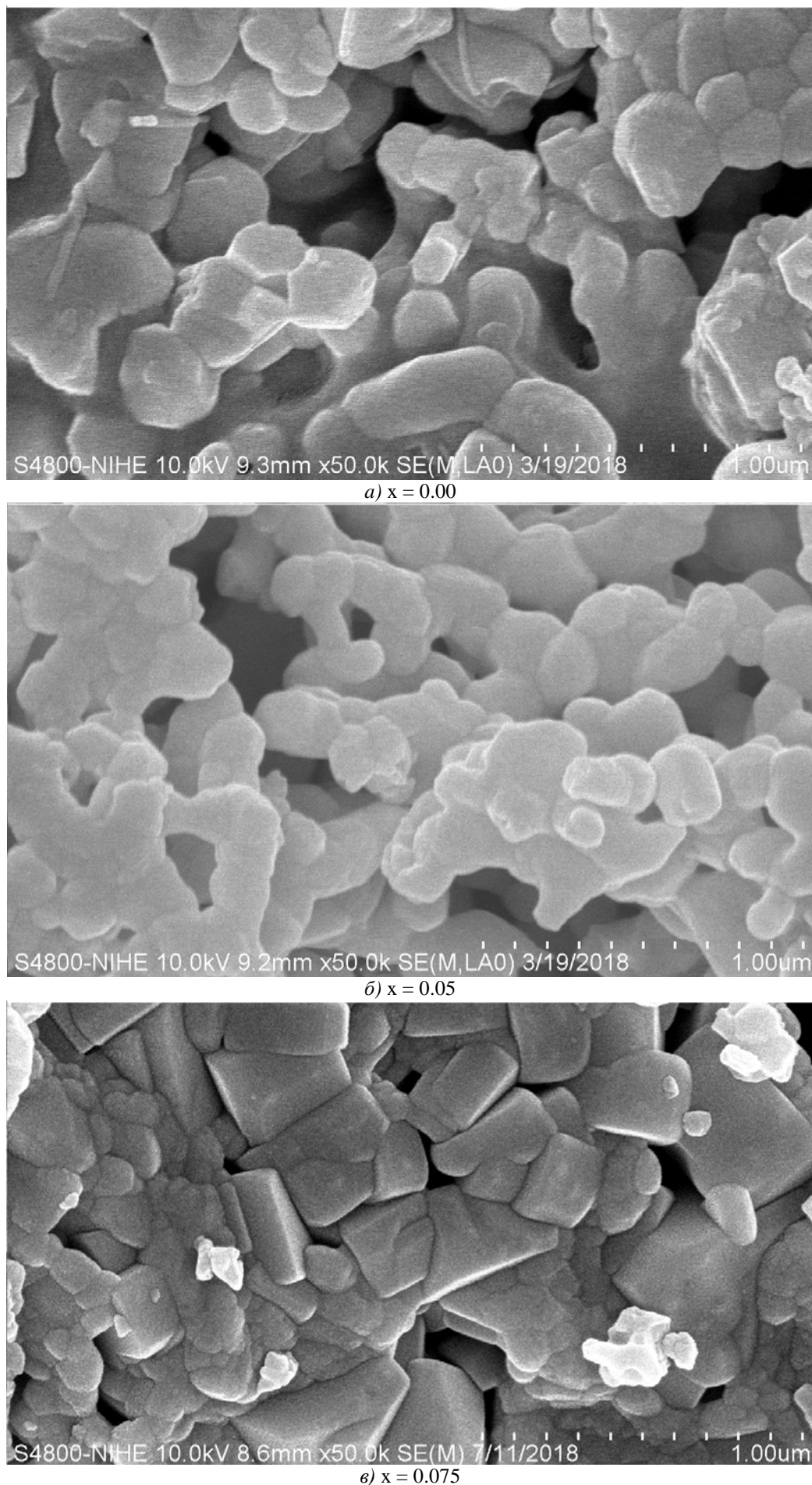


Рис. 2 – Микроскопическая структура порошков $\text{Bi}_{1-x}\text{Mn}_x\text{FeO}_3$ ($x=0.00$; 0.05; 0.075)

Микроскопическая структура исследуемых образцов $\text{Bi}_{1-x}\text{Mn}_x\text{FeO}_3$, представленная на рис. 2, является неоднородной по форме и размеру.

В нелегированных образцах (рис. 2-а) форма частиц более однородна, чем в других образцах с размером от нескольких десятков до около 500 нм. В образце с частотой Mn, равной 5% (рис. 2-б), частицы меньше по размеру, от примерно нескольких десятков до примерно 200 нм. При повышении концентрации Mn до 7,5%, частицы имеют форму кубов или стержней, форма и размер частиц становятся очень неоднородными, размеры частиц достигают 700 - 800 нм (рис 2-в). Эти результаты, показывают, что легирование Mn в образцах с определенным соотношением приведет к уменьшению размера частиц. Однако, при повышении концентрации Mn выше предельных значений (в этой работе 7,5%), то образующие образцы имеют крупные размеры. Поэтому должно продолжать исследовать образцы с различными концентрациями Mn, чтобы получить более убедительные выводы.

Для оценки оптических абсорбционных свойств образцов мы выполнили абсорбционную спектрометрию UV-Vis на спектрофотометрической системе Cary 5000 UV-Vis-NIR. На рис. 3-а показан спектр поглощения образца нанопорошка $\text{Bi}_{1-x}\text{Mn}_x\text{FeO}_3$ ($x=0.00$). Анализ спектра поглощения образцов показал, что полоса сильного поглощения нелегированного образца BFO простирается от диапазона длин волн от 210 до 515 нм. Абсорбционный центр расположен в положении, соответствующем длине волны 548 нм. Для определения ширины запрещенной области материала мы используем метод Таус [10], [11]. Результаты, показанные на рисунке 3-б, определяют ширину запрещенной зоны образца на 2,11 эВ. Этот результат согласуется с некоторыми недавними публикациями [10], [12], [13].

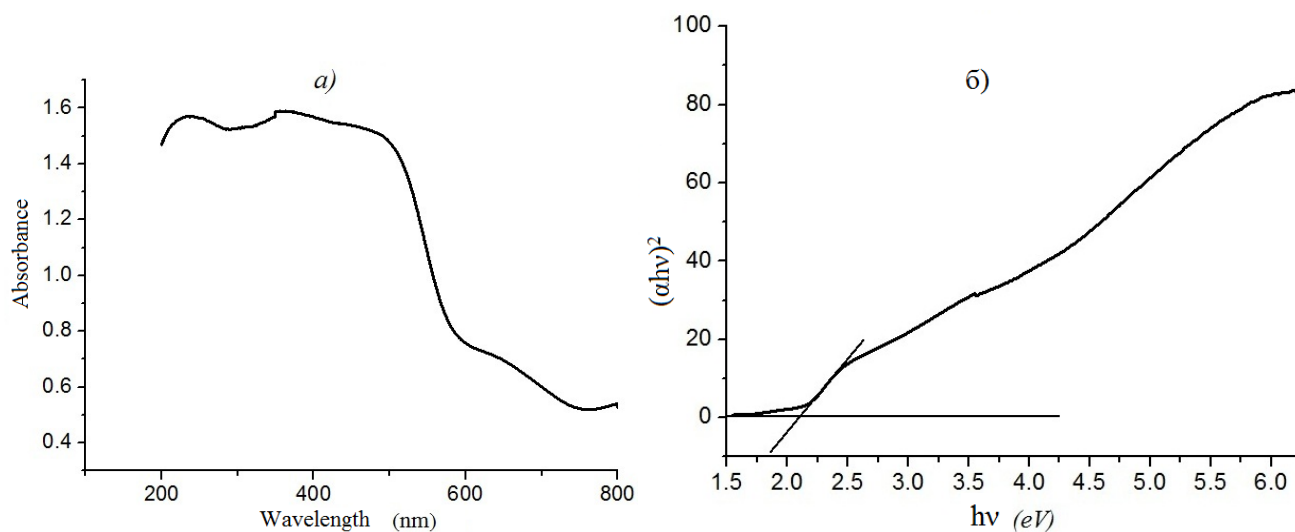


Рис. 3 – а) Спектр УФ-видимого поглощения нанопорошка $\text{Bi}_1\text{MnFeO}_3$;
б) Зависимость $(\alpha h\nu)^2$ от энергии $h\nu$

Аналогично, анализ спектра поглощения образцов $\text{Bi}_{1-x}\text{Mn}_x\text{FeO}_3$ ($x=0.05$; 0.075) показал, что полоса сильного поглощения образца $\text{Bi}_{1-x}\text{Mn}_x\text{FeO}_3$ ($x=0.05$) простирается от диапазона длин волн от 216 до 520 нм. Абсорбционный центр расположен в положении, соответствующем длине волны 561 нм (рис. 4-а), а для случая $\text{Bi}_{1-x}\text{Mn}_x\text{FeO}_3$ ($x=0.075$), от 221 до 519 нм. Абсорбционный центр расположен в положении, соответствующем длине волны 556 нм (рис 5-а). И также определяют запрещенные энергии соответственно 1,97 эВ ($x=0.05$) (рис. 4-б) , 1,94 эВ ($x=0.075$) (рис. 5-б).

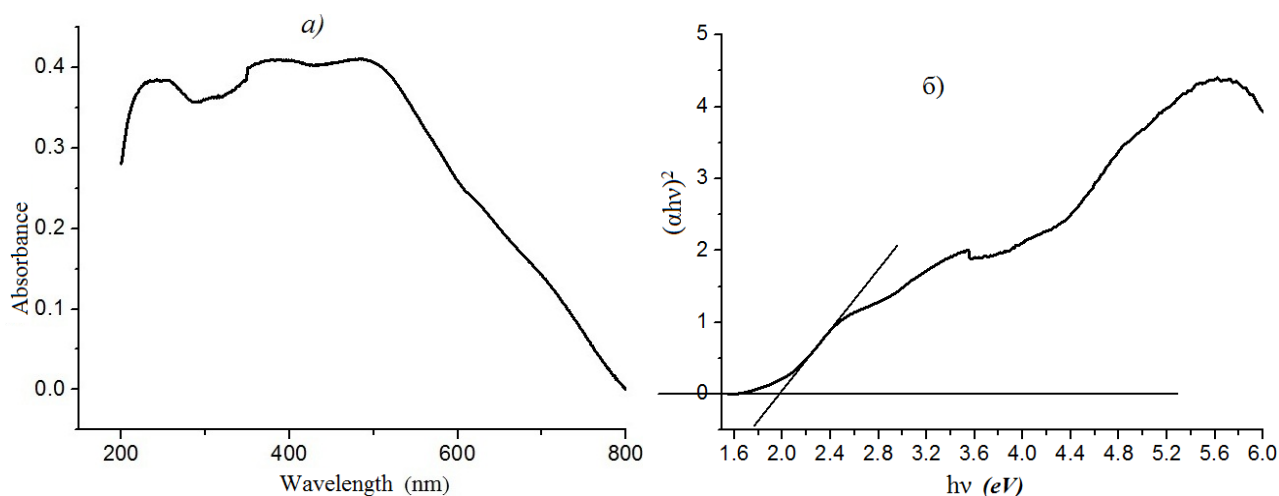


Рис. 4 – а) Спектр УФ-видимого поглощения нанопорошка $\text{BiFe}_{0.95}\text{Mn}_{0.05}\text{O}_3$;
б) Зависимость $(\alpha h\nu)^2$ от энергии $h\nu$

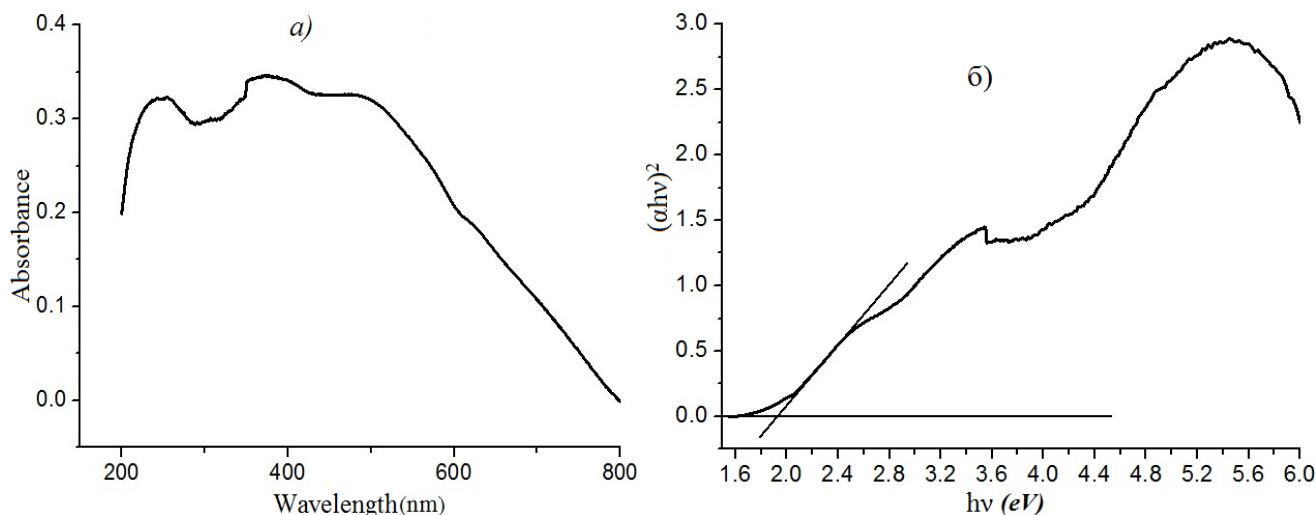


Рис. 5 – а) Спектр УФ-видимого поглощения нанопорошка $\text{BiFe}_{0.925}\text{Mn}_{0.075}\text{O}_3$;
б) Зависимость $(\alpha h\nu)^2$ от энергии $h\nu$

И так, исследование спектров поглощения в УФ-видимой области изготовленных образцов было показано, что легирование Mn расширило и сместило поглощающий край образца в направлении большей длины волны и уменьшило ширину запрещенной зоны. Это увеличивает фотокаталитическую активность системы материалов BFO, что делает применение более практичным.

Заключение

Таким образом, в настоящей работе, получили образцы порошок $\text{BiFe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$ с соотношением $x = 0\%, 5\%$ и $7,5\%$. Полученные результаты показывают, что легирование Mn с определенным соотношением поможет удалить вторичную фазу и создать образцы с однофазной BFO; и приведет к уменьшению размера частиц. Однако, при повышении концентрации Mn выше предельных значений (в этой работе $7,5\%$), то образующие образцы имеют крупные размеры. Исследование спектров поглощения в УФ-видимой области изготовленных образцов было показано, что легирование Mn расширило и сместило поглощающий край образца в направлении большей длины волны и уменьшило ширину запрещенной зоны. Это увеличивает фотокаталитическую активность системы материалов BFO, что делает применение более практичным.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. D.H. Wang, W.C. Goh, M. Ning, C.K. Ong // Appl. Phys. Lett. – 2006. – V. 88. – P. 21290.
2. P. Uniyal, K.L. Yadav // J. Alloys Comp. – 2012. – V. 511. – P. 149.
3. W. Eerenstein, N. D. Mathur, J.F. Scott // Nature. – 2006. – V. 442. – P. 759 – 765.
4. R. Ramesh, N.A. Spaldin. // Nature Mater. – 2007. – V. 6. – P. 21.
5. G. Catalan, J.F. Scott. // Adv. Mater. – 2009. – V. 21. – P. 2463.
6. А.П. Пятаков, А.К. Звездин. // УФН. – 2012. – Т. 182. – С. 593.
7. T. Gao, Z. Chen, Q. Huang, F. Niu, X. Huang, L. Qin, Y. Huang // Rev. Adv. Mater. Sci. – 2015. – V. 40. – P. 97-109.
8. J. Deng, S. Banerjee, S.K. Mohapatra, Y.R. Smith, M. Misra // J. Fundam. Renew. Energy Appl. – 2011. – V. 1. – P. 1.
9. Luu Hoàng Anh Thu. Chế tạo và nghiên cứu vật liệu BiFeO_3 pha tạp Eu^{3+} / Luu Hoàng Anh Thu // Luận văn thạc sĩ khoa học, Khoa Vật lý, ĐH. Khoa học Tự Nhiên ĐHQGHN, Hà Nội – 2014.
10. Đào Việt Thắng. Chế tạo vật liệu BiFeO_3 , pha tạp và nghiên cứu một số tính chất / Đào Việt Thắng // Luận án tiến sĩ vật lý, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội – 2017.
11. Manpreet Kaur, Yadav K. L., Poonam Uniyal. Investigations on multiferroic, optical and photocatalytic properties of lanthanum doped bismuth ferrite nanoparticles / Manpreet Kaur, K. L. Yadav, Poonam Uniyal // Adv. Mater. Lett. – 2015. – V. 6(10). – P. 895-901.
12. Han Y. et al. Substitution-driven structural, optical and magnetic transformation of Mn, Zn doped BiFeO_3 / Y. Han et al // Ceramics International 41 – 2015. – P. 2476–2483.
13. Tong Gao et al. Preparation of bismuth ferrite nanoparticles and its application in visible – light induced photocatalyses / Tong Gao et al // Rev. Adv. Mater. Sci. 40 – 2015. – P. 97 – 109.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.005>

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗДУШНО-ОЗОНОВОЙ СРЕДЫ ПРИ КОНСЕРВАЦИИ СТЕБЕЛЬЧАТЫХ КОРМОВ

Научная статья

Зыков А.В. *

ORCID: 0000-0002-3435-7468,

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства - филиал ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (zav35[at]list.ru)

Аннотация

Исследования проводили с целью изучения особенностей влияния воздушно-озоновой среды на качественные показатели стебельчатой массы при хранении. В работе использовали образцы растительной стебельчатой массы влажностью - 20%, 24% и 35%. Озон получали на оригинальной экспериментальной установке методом барьерного разряда. Диапазон изучаемых доз составил от 120 до $25 \cdot 10^3$ мг·мин/м³. В качестве основных показателей были выбраны сохранение питательных элементов и как косвенный - температура образцов. Полученные в ходе исследований данные свидетельствуют об эффективности воздействия воздушно-озоновой среды на стебельчатую массу.

Ключевые слова: прессованная стебельчатая масса, технология, способ консервации, воздушно-озоновая среда, питательные вещества.

APPLICATION OF AIR-OZONE ENVIRONMENT FOR CONSERVATION OF CAULINE FEED

Research article

Zykov A.V. *

ORCID: 0000-0002-3435-7468,

Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production – Branch Federal Scientific Agroengineering Center VIM, St. Petersburg, Russia

* Corresponding author (zav35[at]list.ru)

Abstract

The authors studied the peculiarities of the influence of the air-ozone environment on the quality indicators of cauline feed during storage. Samples of cauline vegetable feed with humidity of 20%, 24%, and 35% were used in work. Ozone was obtained on the original experimental assembly by the method of barrier discharge. The range of doses studied is from 120 to $25 \cdot 10^3$ mg·min/m³. Conservation of nutrients was selected as the leading indicators, and the temperature of the samples was selected as indirect indicators. The data obtained in the course of the research indicate the effectiveness of the effect of the air-ozone medium on the cauline feed.

Keywords: pressed cauline feed, technology, method of conservation, air-ozone environment, nutrients.

Введение

Применяемые в хозяйствах технологии заготовки одного из важнейших видов кормов – сена, находятся в большей зависимости от погодных условий и связаны с потерями значительного количества питательных веществ, накопленных в сырье. Особенно велики количественные и качественные потери при заготовке сена в Северо-Западном регионе РФ, в период сенокоса в котором наблюдается большая влажность и низкая температура воздуха, частые туманы и выпадение росы, незначительное число солнечных дней и дождливая погода, что существенно замедляет процесс сушки скошенной травы. Общие потери в процессе заготовки сена в технологии полевой сушки в таких весьма неблагоприятных погодных условиях составляют 30 – 40% сухого вещества и 45 – 50% протеина.

В настоящее время одной из прогрессивных является технология заготовки сена в прессованном виде. В последние годы в нашей стране и за рубежом получает наибольшее распространение технология заготовки сена в рулонах с внесением жидких консервирующих препаратов. Она позволяет заготовить корм низкой себестоимости, решить проблему уборки и снизить потери питательных веществ в 2,5 – 3 раза связанных с неблагоприятными погодными условиями [1], [2].

Однако технология заготовки сена в рулонах имеет существенный недостаток в том, что она сопряжена с необходимостью досушивания скошенного сырья до более низкой влажности, что при естественной полевой сушке требует значительного времени (4–6 дней), неоднократного ворошения и приводит к большей потере протеина в корме [3], [4].

В настоящее время проводятся интенсивные поиски способов заготовки сена из стебельчатой массы повышенной влажности, с целью сохранения и уменьшения потерь питательных веществ. Одним из таких способов является обработка воздушно-озоновой средой стебельчатой массы влажностью не более 25% прессованной в рулоны. Однако, этот вопрос пока остается мало изученным и до настоящего времени консервирование высоковлажной стебельчатой массы для получения сена носит в основном экспериментальный характер.

В связи с этим возникла необходимость в проведении исследований по разработке способа консервации за счет воздушно-озоновой среды стебельчатой массы повышенной влажности для получения прессованного сена класса не ниже второго.

Одним из способов повышения эффективности ряда технологических процессов в сельскохозяйственном производстве, в частности при производстве биогаза в периодических и непрерывных системах с использованием навоза животных и сельскохозяйственных отходов, а также в нефтяной промышленности является использование воздушно-озоновых сред [5], [6]. Это обусловлено участием озона во многих биохимических процессах, являющихся основой обмена веществ и энергий в сельскохозяйственных объектах [7], [8]. В связи с разнообразными областями использования озона особую актуальность приобретают задачи разработки научно обоснованной технологии применения электроозонирования в сельскохозяйственном производстве. Разработка высокоэффективных озонных технологий и электроозонирующих устройств имеет большое значение и требует исследования теоретических положений и анализа экспериментальных данных [9], [10].

Из анализа литературных источников в области озонирования сельскохозяйственных продуктов и объектов таких учёных, как В.Н. Авдеева, С.В. Вербицкой, И.В. Горского, Н.В. Ксенз, Д.А. Нормова, М.А. Сигачёва, В.Ф. Сторчевого, И.В. Шестерина, Р.И. Штанько, Р.С. Шхалахова и др. можно сделать вывод, что обработка озонам стационарного слоя стебельчатой массы ставит под сомнение равномерность обработки. Время жизни молекулы озона на поверхности стебельчатой массы зависит от свойств поверхности, но всегда составляет 10^{-8} сек. при температуре 20-25⁰С. К тому же озон реагирует с веществами, находящимися внутри растений, при этом происходит падение его концентрации [5], [6], [7].

Распределение воздушно-озоновой среды в процессе продува рулона стебельчатой массы можно представить схематично, что продемонстрировано на рисунке 1.

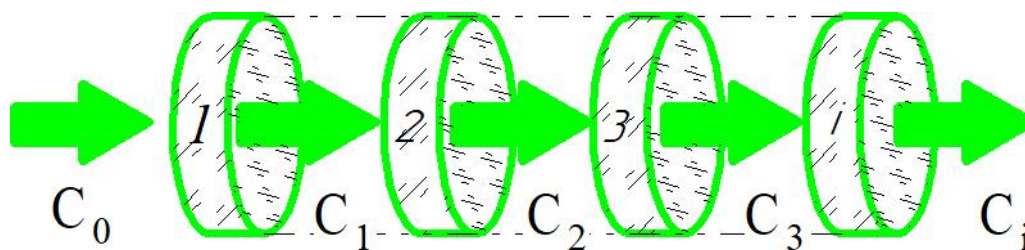


Рис. 1 – Распределение воздушно-озоновой среды по слоям рулона

Тогда изменение концентрации озона по слоям будет происходить в соответствии с выражением:

$$C_i = C_0 - \frac{(g_{адс} + g_{разл.} + g_{обм.} + g_{хим.р.}) \cdot t}{W}, \text{ мг/м}^3 \quad (1)$$

где:

C_0 – начальная концентрация озона, мг/м³;

$g_{адс}$ – количество адсорбированного озона, мг/м³;

$g_{разл.}$ – количество разложившегося озона, мг/м³;

$g_{хим.р.}$ – количество озона, вступившего в химические реакции, мг/м³;

$g_{обм.}$ – количество разложившегося озона в обрабатываемом объеме, мг/м³;

W – расход воздушно-озоновой среды (через слой рулона, мг/м³;

$t_{кр}$ – время контакта с рулоном, час.

При прохождении воздушно-озоновой среды через рулон, каждый слой поглощает определенную величину поступающего озона. С увеличением плотности и высоты рулона будет происходить уменьшение концентрации озона на величину равную количеству поглощенного и разложившегося озона в этом слое за определенное время.

Для проверки способа обработки провяленного растительного сырья воздушно-озоновой средой была изготовлена экспериментальная установка, моделирующая оборудование для внесения озона в прессованный рулон стебельчатой массы.

Величину концентрации озона на выходе из озонатора возможно изменять, регулируя частоту задающего генератора, также следует учесть, что изменение скорости воздуха, проходящего через разрядную камеру, влияет на концентрацию воздушно-озоновой среды на выходе из озонатора.

Для проведения лабораторных опытов разработана установка, представленная на рисунке 2, которая позволяет обрабатывать стебельчатую массу с рабочими дозами озона от 30 до 500 мг/м³ и скоростью воздушного потока в смесительной камере – не более 0,5 м/с.

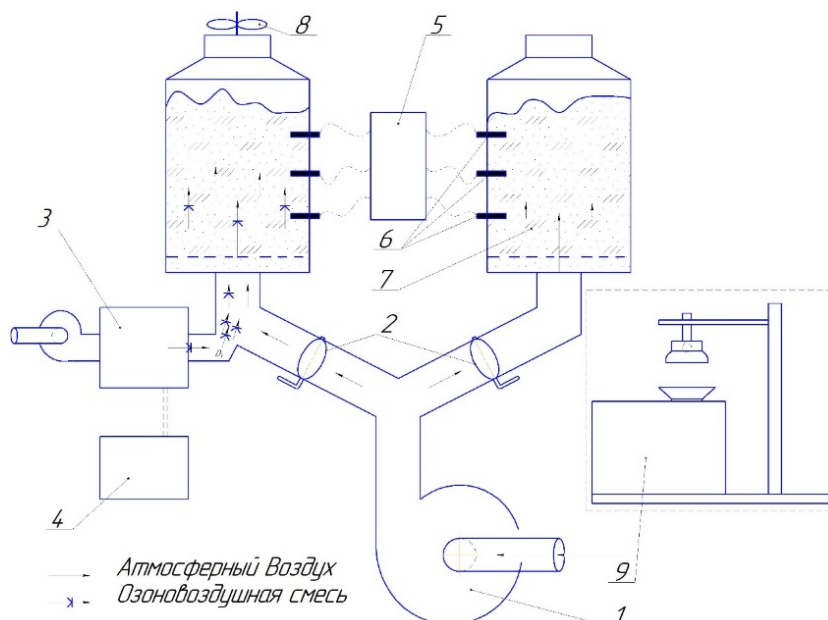


Рис. 2 – Схема экспериментальной установки для консервации стебельчатой массы в воздушно-озоновой среде: 1 – вентилятор, 2 – шиберные заслонки, 3 – генератор озона, 4 – блок управления генератором, 5 – термометры, 6 – датчики температуры, 7 – проба стебельчатой массы, 8 – датчик расхода воздуха, 9 – установка для экспресс-анализа влажности стебельчатой массы

Исследования проведены по изменению показателей качества корма в зависимости от влажности, закладываемой на хранение, провяленной массы. Опыты проводились на двух образцах разной влажности и плотности. Опыт № 1 был заложен в период с 20.07.18 по 01.08.18, проводился на провяленной массе влажностью 30-32% и плотностью прессования 85-130 кг/см³, опыт № 2 проводился в период с 01.08.18 по 10.08.18 на провяленной массе влажностью 22-26% плотность прессования 100-130 кг/см³.

Для оценки влияния озона на показатели стебельчатой массы при продувании её воздушно-озоновой средой в 2018 году были выполнены поисковые экспериментальные исследования, при которых оценивалось влияние озона на температуру травы и её кормовые качества. Всего выполнено две серии опытов по четыре повторности в каждой.

Для предварительного анализа и принятия решения по проверке эффективности способа обработки был выполнен предварительный анализ данных путём их графического представления.

Анализ влияния воздушно-озоновой среды на качественные показатели стебельчатой массы показал сохранение массовой доли сырого протеина и обменной энергии в целом, в сравнении с контролем. В графическом виде приведены данные изменения протеина поискового эксперимента в сравнении с контролем без использования воздушно-озоновой среды.

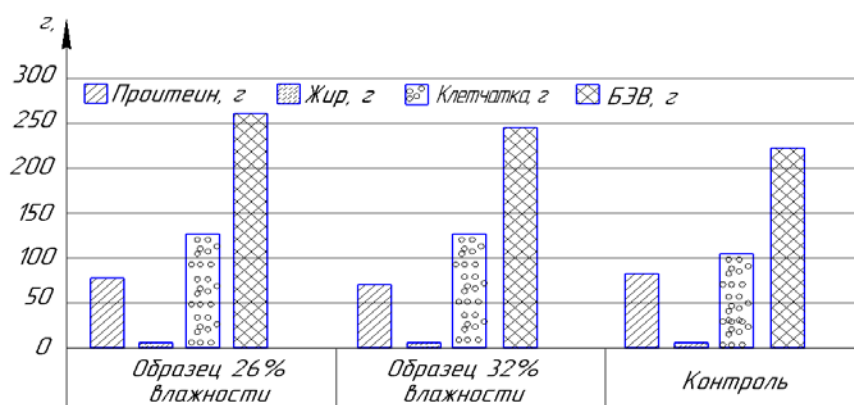


Рис. 3 – Содержание переваримых питательных веществ в корме после обработки воздушно-озоновой средой в сравнении с контролем

Органолептическая оценка показала резкое снижение качества не обработанного воздушно-озоновой средой контроля с образцами прессованной стебельчатой массы и наличие выраженных очагов плесневения.

Заключение

Консервирование кормов из трав с применением озона в качестве консерванта способствует увеличению скорости консервирования и снижению влажности травы, в свою очередь это позволяет снизить количество патогенной микрофлоры, которая развивается в рулонах сена высокой влажности. В результате исследования озона, была разработана лабораторная установка для консервации травы с использованием воздушно-озоновой среды.

В результате проведенных поисковых исследований установлено, что способ обработки воздушно-озоновой средой стебельчатой массы влажностью от 22-32% является эффективным и позволяет сократить потери питательных веществ на 20% при хранении сырья и предотвратить самосогревание за счет угнетения нежелательной микрофлоры в стебельчатой массе повышенной влажности.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Попов В. Д. Основы управления технологиями низкотемпературной сушки растительной стебельчатой массы / Попов В.Д., Ахмедов М.Ш., Сухопаров А.И. и др. - ИАЭП. 2017. 142 с.
2. 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.
3. Зыков А.В. Эффективность химических консервантов при заготовке прессованного в рулоны сена повышенной влажности / А.В. Зыков, В.А. Юнин, А.М. Захаров // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 98. С. 133-140.
4. Зыков А.В. Эффективность применения химических консервантов при заготовке кормов трав, прессованных в рулоны / А.В. Зыков, В.А. Юнин, А.М. Захаров // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2018. – №96. – С. 138 – 145.
5. Авдеева В.Н. Применение экологических методов подавления патогенной микрофлоры зерна озимой пшеницы при хранении: дис. ... канд. с.-х. наук: 03.00.16 Ставрополь, 2009. – 141 с.
6. Вербицкая С.В. Предпосевная обработка семян фасоли озоном и магнитным полем: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 Зерноград, – 2001. – 167 с.
7. Голубкович А.В. Интенсификация процессов временного хранения и сушки зерна озонированием сушильного агента / А.В. Голубкович, А.Г. Чижиков, Ю.Н. Выговский // [Электронный ресурс]. – URL: http://www.kge.msu.ru/ozone/ar-chives/1rus_conf_pr/Presentations/Golubkovich.pdf (дата обращения: 05.12.2018).
8. Ксенз Н.В. Электроозонирование воздушной среды животноводческих помещений: автореф. Дис. д-ра техн. наук: 05.20.02 М., – 1992. – 27 с.
9. Нормов Д.А. Озон в отраслях АПК // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. Краснодар: КубГАУ, – 2002. – С. 86–89.
10. Саед Е.К.М. Биологическая активность озона как средства дезинсекции хранящегося зерна: дис. канд. биол. наук: 06.01.11 М., – 2004. – 134 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Popov V. D. Osnovy` upravleniya texnologiyami nizkotemperaturnoj sushki rastitel`noy stebel`chatoj massy` [Fundamentals of technology management of low-temperature drying vegetable stalked mass] / Popov V.D., Axmedov M.Sh., Suxoparov A.I. and others - IAE P. 2017. 142 p. [in Russian]
2. 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]
3. Zy`kov A.V. E`ffektivnost` ximicheskix konservantov pri zagotovke pressovannogo v rulony` sena povы`shennoj vlazhnosti [The effectiveness of chemical preservatives in the preparation of compressed baled hay high humidity] / A.V. Zy`kov, V.A. Yunin, A.M. Zaxarov // Texnologii i texnicheskie sredstva mexanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva [Technologies and technical means of the mechanized crop production and livestock]. 2019. № 98. P. 133-140. [in Russian]
4. Zy`kov A.V. E`ffektivnost` primeneniya ximicheskix konservantov pri zagotovke kormov trav, pressovanny`x v rulony` [Efficacy of chemical preservatives with fodder grasses, pressed into rolls] / A.V. Zy`kov, V.A. Yunin, A.M. Zaxarov // Texnologii i texnicheskie sredstva mexanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva [Technologies and technical means of the mechanized crop production and livestock]. – 2018. – №96. – P. 138 – 145. [in Russian]
5. Avdeeva V.N. Primenenie e`kologicheskix metodov podavleniya patogennoj mikroflory` zerna ozimoy pshenicy pri xranenii [The use of environmental methods of suppressing pathogenic microflora of winter wheat grain during storage]: dis. ... Cand. S.-H. Sciences: 03.00.16 Stavropol`, 2009. – 141 p. [in Russian]
6. Verbizkaya S.V. Predposevnaya obrabotka semyan fasoli ozonom i magnitny`m polem [Presowing treatment of bean seeds with ozone and magnetic field]: dis. ... Cand. tech. Sciences: 05.20.02 Zernograd, – 2001. – 167 p. [in Russian]
7. Golubkovich A.V. Intensifikaciya processov vremennogo xraneniya i sushki zerna ozonirovaniem sushil`nogo agenta [Intensification of the processes of temporary storage and drying of grain by ozonization of the drying agent] / A.V. Golubkovich, A.G. Chizhikov, Yu.N. Vy`govskij // [Electronic source]. – Rezhim dostupa: http://www.kge.msu.ru/ozone/ar-chives/1rus_conf_pr/Presentations/Golubkovich.pdf (accessed: 05.12.2018). [in Russian]
8. Ksenz N.V. E`lektroozonirovanie vozduшной sredy` zhivotnovodcheskix pomeshhenij [Electrozonation of the air environment of livestock buildings: author] : avtoref. Dis. Dr. techn. Sciences: 05.20.02 M., – 1992. – 27 p. [in Russian]
9. Normov D.A. Ozon v otraslyax APK // Nauchnoe obespechenie agropromы`shlennogo kompleksa [Ozone in the branches of the agroindustrial complex // Scientific support of the agroindustrial complex]: sb. nauch. tr. Krasnodar: KubGAU [Sat scientific tr. Krasnodar: KubGAU], – 2002. – P. 86–89. [in Russian]
10. Saeed E.K.M. Biologicheskaya aktivnost` ozona kak sredstva dezinsekcii xranяshhegosya zerna [Biological activity of ozone as a means of disinsection of stored grain]: dis. Cand. biol. Sciences: 06.01.11 M., – 2004. – 134 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.006>**ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕТРОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТРАЖАТЕЛЯ АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ**

Научная статья

Дерягин М.В.¹, Васильевский М.А.^{2,*}, Колбасина Н.А.³
^{1, 2, 3} Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

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

Аннотация

В статье описаны основные этапы создания параметрической конечно-элементной модели для определения силового воздействия на параболический отражатель антенной системы стационарного базирования со стороны набегающего воздушного потока. Автоматизирован процесс гидрогазодинамического расчета при изменяемом угле атаки, определяемом позиционированием антенной системы в пространстве. В работе описана технология задания входного и выходного потоков переменных для реализации параметризованного конечно-элементного расчета.

Ключевые слова: конечно-элементный анализ, параметризация, гидродинамический расчет.

PARAMETERIZATION OF FINITE ELEMENT MODEL FOR DETERMINING WIND RESISTANCE OF ANTENNA SYSTEM REFLECTOR

Research article

Deryagin M.V.¹, Vasilovsky M.A.^{2,*}, Kolbasina N.A.³
^{1, 2, 3} Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

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

Abstract

The article describes the main stages of creating a parameterization finite element model for determining the force effect on a parabolic reflector of a stationary-based antenna system from the oncoming air flow. The process of hydro-gas-dynamic calculation is automated at a variable angle of attack determined by the positioning of the antenna system in space. The paper describes the technology of specifying the input and output variable flows for the implementation of a parameterization finite element calculation.

Keywords: finite element analysis, parameterization, hydrodynamic calculation.

Введение

При расчете и проектировании антенных систем стационарного базирования необходимо учитывать количество степеней свободы многозвенной конструкции, обеспечивающих изменение положения отражателя в пространстве и взаимное положение элементов конструкции относительно друг друга. При оценке прочности и жесткости основания антенной системы рассматриваются различные источники силового воздействия. Одним из наиболее существенных источников является воздействие набегающего ветрового потока, который может привести как к деформации самого рефлектора, с последующей потерей мощности сигнала, так и повлиять на точность наведения антенной системы, за счет деформации элементов опорно-поворотного устройства [1]. При этом необходимо учитывать, что величина подобного воздействия изменяется в зависимости от положения элементов конструкции антенной системы и особенно рефлектора как самого большого из них по площади относительно набегающего воздушного потока.

При проектировании антенных систем стационарного базирования, как правило, реализуется одна или две степени свободы рефлектора с изменением угла по азимуту и угла места.

С учетом того, что геометрия параболоида симметрична относительно его оси, при определении ветрового давления существенным является определение угла между вектором скорости набегающего воздушного потока и осью параболоида. В данном случае вектор силы, действующий на параболоид, лежит в плоскости, образуемой векторами скорости ветра и оси параболоида. Зная в любой момент положения рефлектора антенной системы в пространстве и направление ветрового потока, можно определить аэродинамические силы, используя значения аэродинамических коэффициентов, полученных при круговом обдуве отражателя [2].

В настоящее время аэродинамические коэффициенты целесообразнее определять с помощью конечно-элементных расчетов, имитирующих обтекание объектов воздушным или водным потоком.

Использование конечно-элементных расчетов, моделирующих течение газа, позволяет определить значение ветровых нагрузок на исследуемый объект. Полученные результаты могут служить в качестве исходных данных для определения жесткости конструкции антенной системы. Данный подход используется на этапе проектирования для прогнозирования эксплуатационных свойств конструкции.

Сила, действующая на обдуваемый объект зависит от скорости ветрового потока, геометрических параметров объекта и угла атаки набегающего потока. В данной работе в качестве объекта рассматривается рефлектор антенной системы наземного базирования с одной вращательной степенью свободы. Ориентация отражателя относительно вектора скорости набегающего потока определяет угол атаки. Ниже представлена формула определения сопротивления ветровому потоку:

$$F = C \frac{\rho V^2}{2} S, \quad (1)$$

где C – аэродинамический коэффициент, ρ – плотность среды, V – скорость ветрового потока, S – характерная площадь.

Аэродинамический коэффициент зависит от формы обтекаемого тела и его ориентации относительно вектора скорости.

Звенья антенной системы, базирующейся на движущемся объекте, находятся в постоянном движении для сохранения точности фокусировки, что меняет и положение отражателя в пространстве. В каждом положении рефлектор испытывает различные значения ветровой нагрузки. Выполнение конечно-элементного расчета для этих состояний вручную превращается в рутинную задачу, требующую больших временных затрат и постоянного контроля на этапе перестроения модели при изменении параметров расчёта. Существенно сократить время позволит параметризация расчёта с автоматизированным изменением положения отражателя в пространстве.

Для конечно-элементного расчёта применен программный продукт ANSYS, в частности пакет CFX, моделирующий течение жидкости/газа.

Для создания конечно-элементной модели необходимо выполнить следующие этапы:

1. создать геометрическую модель системы;
2. сгенерировать конечно-элементную сетку;
3. задать нагрузки, граничные условия и параметры среды;
4. задать параметры анализа с учётом требуемой точности расчёта.

Созданная геометрическая модель среды и отражателя антенной системы представлена ниже (см. рисунок 1). Рабочее тело расчётной модели – воздух, обтекающий поверхность рефлектора антенной системы. Пространство модели ограничено стенками, на которых задаются граничные условия. Изменение положения рефлектора в пространстве модели позволяет задать угол обдува.

Geometry
11.05.2019 12:48

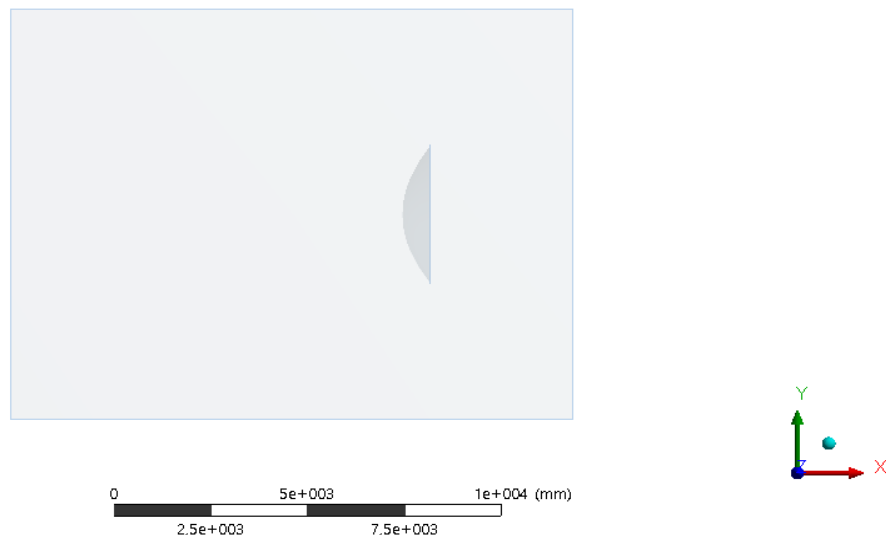


Рис. 1 – Геометрическая модель задачи

Далее необходимо сгенерировать сетку требуемой плотности. Далее представлена созданная конечно-элементная модель (см. рисунок 2).

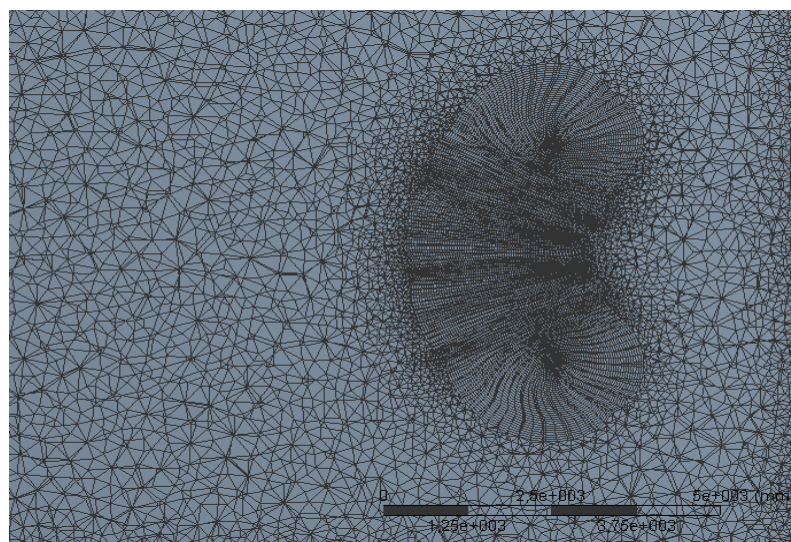


Рис. 2 – Структура конечно-элементной сетки в области рефлектора

Плотность сетки вблизи рефлектора максимальна, к границам расчётной области сетка становится более редкой, что позволяет уменьшить время расчёта.

На следующем этапе задаются поверхности входа и выхода ветрового потока, граничные условия, включая условия прилипания на границах рефлектора, скорость ветрового потока, параметры среды, модели турбулентности.

При задании анализа учитываем требуемую точность расчёта. Необходимо учитывать, что при больших углах атаки может потребоваться существенное увеличение итерации при расчёте, в случае если этот параметр задается в ручную следует выбирать большие значения. Однако необходимо учитывать, что это увеличит время расчёта.

Ниже представлено полученное в результате расчёта распределение давления (см. рисунок 3).

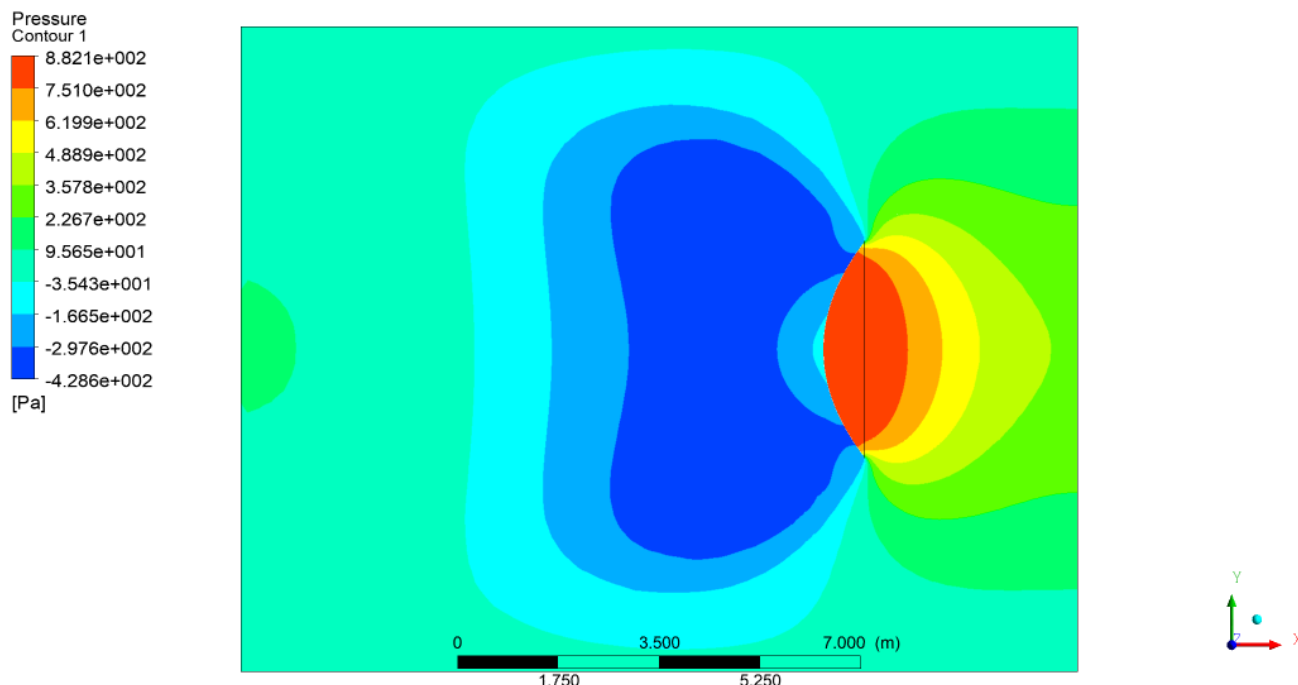


Рис. 3 – Распределение давления

Для автоматизации процесса расчёта при изменении положения рефлектора в пространстве используем возможности параметрического задания элементов расчётной модели. В частности, в данном случае параметризуется угол поворота рефлектора относительно своей оси.

При необходимости мы можем параметризовать несколько параметров, например скорость набегающего потока. При параметризации перед расчётом необходимо создать переменные (как входные, так и выходные).

Входным параметром является угол поворота отражателя, который задается, как представлено далее (см. рисунок 4).

Details View	
Details of Rotate1	
Rotate	Rotate1
Preserve Bodies?	No
Bodies	1
Axis Definition	Components
<input type="checkbox"/> FD6, X Component	0
<input type="checkbox"/> FD7, Y Component	0
<input type="checkbox"/> FD8, Z Component	1
<input type="checkbox"/> FD10, X Coordinate	0 m
<input type="checkbox"/> FD11, Y Coordinate	0 m
<input type="checkbox"/> FD12, Z Coordinate	0 m
<input checked="" type="checkbox"/> FD9, Angle	0 °

Рис. 4 – Создание входного параметра

Выходными параметрами являются полученные силы и рассчитанные по формуле 1 аэродинамические коэффициенты.

После этого необходимо использовать компонент «Response surface», в котором можно создавать/редактировать шаги расчёта. Ниже представлена таблица параметризации расчетов (см. рисунок 5). Также представлены результаты расчетов.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Name	Update Order	P1 - ANG (degree)	P14 - SPE	P2 - FX (N)	P3 - FY (N)	P4 - FZ (N)	P5 - MX (J)	P6 - MY (J)	P7 - MZ (J)	P8 - CX
2	18	18	30	30	-8877,1	-5652,4	-0,67314	-1,5268	2,5711	-1493,4	-1,419
3	20	19	45	5	-225,35	-259,27	0,033481	0,051869	-0,053791	-77,945	-1,2968
4	21	20	45	10	-898,91	-1035,3	0,018352	0,024947	-0,012559	-312,94	-1,2932
5	22	21	45	15	-2018,8	-2319,4	-0,11228	-0,34145	0,37131	-691,3	-1,2908
6	23	22	45	20	-3581,8	-4110,9	-0,63633	-1,5116	1,5593	-1218,8	-1,2882
7	19	23	45	25	-5584,1	-6404,2	-1,1887	-2,7884	2,8664	-1890,1	-1,2853
8	24	24	45	30	-8026,3	-9199,8	-1,8199	-4,2517	4,371	-2705,7	-1,283
9	29	25	60	5	-135,06	-276,45	-0,018177	-0,017187	0,02323	-77,725	-0,77716
10	25	26	60	10	-540,67	-1106,9	-0,09484	-0,12742	0,12353	-310,02	-0,7778
11	26	27	60	15	-1216,9	-2491,4	-0,23797	-0,35192	0,31152	-696,3	-0,77808
12	27	28	60	20	-2164	-4429,8	-0,44779	-0,69021	0,58456	-1235,9	-0,77826
13	28	29	60	25	-3381,8	-6922,1	-0,72462	-1,1476	0,94413	-1928,2	-0,7784
14	31	30	60	30	-4870,5	-9968,2	-1,0828	-1,7564	1,41	-2773,2	-0,77851

Рис. 5 – Таблица параметризации

В результате данного анализа было получено 90 шагов (от 0 до 90°). При этом определены силы и моменты сопротивления рефлектора ветровому потоку по осям, а также получены аэродинамические коэффициенты. Было принято решение выбрать шаг такой размерности, т.к. это позволит точнее интерполировать данные при других углах поворота отражателя.

Далее представлен график зависимости значений аэродинамических коэффициентов от угла поворота (см. рисунок 6).

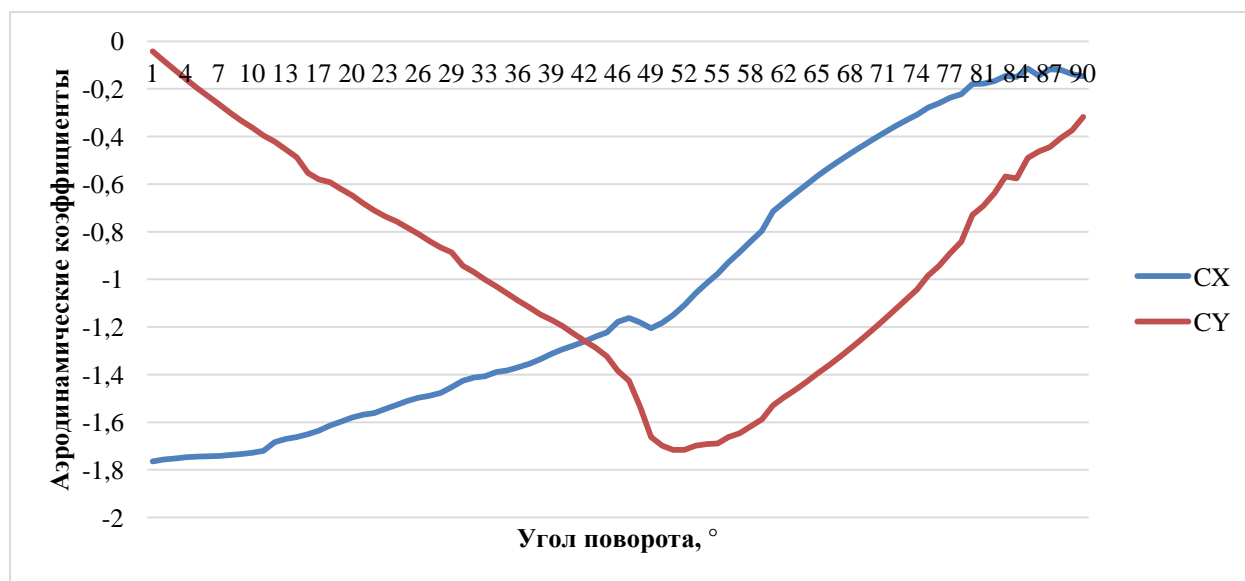


Рис. 5 – Таблица параметризации

Заключение

Использование параметризированной расчётной конечно-элементной модели позволяет сократить время подготовки к расчету и самого расчёта, даёт возможность удобного контроля полученных данных.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

- Кузин Д. В. Анализ влияния ветрового воздействия на опорно-поворотное устройство антенного модуля миллиметрового диапазона / Д.В. Кузин, М. В. Дерягин, М. Г. Гришечкина// Системы связи и радионавигации: сб. тезисов / науч. ред. В. Ф. Шабанов; отв. за вып. Г.П. Лопардина. – Красноярск: АО «НПП «Радиосвязь» – С. 131-134.
- Жуков Н. П. Гидрогазодинамика: учебное пособие / Н.П. Жуков. –Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 92 с.
- Денисов М. А. КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ. ANSYS: [учебное пособие] / М. А. Денисов Екатеринбург : Изд-во Урал, ун-та, 2014. - 77 с.
- Каплун А. Б. ANSYS в руках инженера: практическое руковод-ство. / Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А.; Издательство: Едито-риал УРСС (Москва, 2003).

5. Константин Басов. Ansys в примерах и задачах. / Константин Басов - М.: Машиностроение, 2002. - 224 с.
6. Чигарев А. В., ANSYS для инженеров: справ. Пособие / А.В. Чигарев.- М.: Машиностроение-1, 2004. - С. 512
7. Бруйка В. А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Учебное пособие. / В. А. Бруйка, В. Г. Фокин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – Т.1. - 271 с.
1. 8.Фрик П. Г. Турбулентность: модели и подходы, часть 1. / Фрик П.Г. – Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 1998. 108 с.
8. Кулагин, В. А. Газодинамика [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие /В. А. Кулагин, Е. П. Грищенко. – Электрон. дан. (6 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009.
9. Сергелъ О. С. Прикладная газодинамика: учебник для авиационных вузов. / О. С. Сергелъ , 1981. – 374 с.

Список литературы на английском языке / References in English*

1. Kuzin D.V. Analiz vliyaniya vetrovogo vozdeistviya na oporno-povorotnoye ustroystvo antennogo modulya millimetrovogo diapazona [Analysis of Impact of Wind Exposure on Turntable of Millimeter-wave Antenna Module] // D.V. Kuzin, M. V. Deryagin, M. G. Grishechkina // [Communication and radio navigation systems: Collection of articles. Abstracts] / ed. by V.F. Shabanov; resp. G.P. Lopardina. – Krasnoyarsk: Radiocommunication Scientific-Production Company JSC – P. 131-134. [In Russian]
2. Zhukov N. P. Gidrogazodinamika: uchebnoye posobiye [Hydrogasdynamics: study guide] / N.P. Zhukov. – Tambov: TSTU Publishing house, 2011. – 92 p. [In Russian]
3. Denisov M. A. KOMP'YUTERNOYE PROYEKTIROVANIYE. ANSYS: [uchebnoye posobiye] [ANSYS COMPUTER DESIGN. ANSYS: [study guide] / M.A. Denisov Ekaterinburg: Ural Publishing House, University, 2014. – 77 p. [In Russian]
4. Kaplun A. B. ANSYS v rukakh inzhenera: prakticheskoye rukovodstvo [ANSYS in the hands of an engineer: practical guidance] / Kaplun AB, Morozov EM, Olferyeva MA; Publisher: Edito-rial URSS (Moscow, 2003). [In Russian]
5. Konstantin Basov. Ansys v primerakh i zadachakh [Ansys in examples and tasks] / Konstantin Basov – М.: Mashinostroenie, 2002. – 224 p. [In Russian]
6. Chigarev A.V. ANSYS dlya inzhenerov: sprav. Posobiye [ANSYS for engineers: ref. Manual] / A.V. Chigarev. – М.: Mashinostroenie-1, 2004. – p. 512 [In Russian]
7. Bruyaka V. A. Inzhenernyy analiz v ANSYS Workbench: Uchebnoye posobiye [Engineering Analysis at ANSYS Workbench: Study Guide] / V. A. Bruyaka, V. G. Fokin. – Samara: Samar. state tech. Univ., 2010. – V.1. – 271 p. [In Russian]
8. Frik P. G. Turbulentnost': modeli i podkhody, chast' 1 [Turbulence: Models and Approaches, Part 1] / Frik P.G. – Perm. state tech. un-t Perm, 1998. 108 p. [In Russian]
9. Kulagin V. A. Gidrogazodinamika [Elektronnyy resurs]: elektron. ucheb. posobiye [Hydrogasdynamics [Electronic resource]: electron. studies. allowance] / V. A. Kulagin, E. P. Grishchenko. – Electron. Dan. (6 MB) – Krasnoyarsk: IPK SFU, 2009. [In Russian]
10. Sergegel O.S. Prikladnaya gidrogazodinamika: uchebnik dlya aviatsionnykh vuzov [Applied Fluid Dynamics: a textbook for aviation universities] / O. S. Sergegel, 1981. – 374 p. [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.007>**ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ПЕРЕДАЧА ДВОИЧНЫХ СООБЩЕНИЙ ЛИНЕЙНО НЕЗАВИСИМЫМИ СИГНАЛАМИ**

Научная статья

Вершинин В.А. *

ORCID: 0000-0002-0803-0680,

Рыбинский государственный авиационный технический университет, Рыбинск, Россия

* Корреспондирующий автор (vershinin-vladimir[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье рассматривается параллельная передача двоичных сообщений. Перед передачей двоичное сообщение делится на блоки. Элементы блоков поступают для передачи одновременно и передаются с использованием элементарных сигналов одинаковой длительности. Таким образом, сигналы, соответствующие элементам каждого блока, полностью перекрываются во времени. Проанализированы удельные затраты полосы частот, пик-фактор и помехоустойчивость передачи. Использование линейно независимых сигналов по сравнению с ортогональными сигналами позволяет получить приемлемые удельные затраты полосы частот при меньшем числе элементарных сигналов и, соответственно, меньшем пик-факторе. Однако при этом ухудшается помехоустойчивость. Применение ортогональных сигналов по сравнению с линейно независимыми сигналами позволяет получить существенно лучшую помехоустойчивость независимо от числа элементарных сигналов. Приведены ортогональные сигналы, которые по сравнению с синусоидальными ортогональными сигналами позволяют получить приемлемые удельные затраты полосы частот при меньшем числе элементарных сигналов.

Ключевые слова: параллельная передача, линейно независимые сигналы, ортогональные сигналы, полоса частот, помехоустойчивость, пик-фактор.

PARALLEL TRANSFER OF BINARY COMMUNICATIONS BY LINEAR INDEPENDENT SIGNALS

Research article

Vershinin V.A. *

ORCID: 0000-0002-0803-0680,

Rybinsk State Aviation Technical University, Rybinsk, Russia

* Corresponding author(vershinin-vladimir [at] yandex.ru)

Abstract

The article discusses the parallel transfer of binary messages. Before transmission, the binary message is divided into blocks. Block elements are transmitted simultaneously and transmitted using elementary signals of the same length. Thus, the signals corresponding to the elements of each block completely overlap in time. The specific cost bandwidth, peak factor, and noise immunity of the transmission were analyzed. The use of linearly independent signals in comparison with orthogonal signals allows obtaining acceptable specific costs of the frequency band with a smaller number of elementary signals and, accordingly, a smaller peak factor. However, this deteriorates the noise immunity. The use of orthogonal signals in comparison with linearly independent signals allows obtaining significantly better noise immunity regardless of the number of elementary signals. Orthogonal signals are given which, in comparison with sinusoidal orthogonal signals, make it possible to obtain acceptable unit costs of a frequency band with a smaller number of elementary signals.

Keywords: parallel transmission, linearly independent signals, orthogonal signals, frequency band, noise immunity, peak factor.

Введение

В последнее время уделяется внимание параллельной передаче информации на основе технологии OFDM [1]. Технология используется в зарубежных стандартах DVB-S2, DVB-T2, DVB-C2, IEEE 802.11 и в российском стандарте [2]. Метод параллельной передачи данных с помощью OFDM заключается в использовании большого количества ортогональных синусоидальных сигналов, передача на которых ведется одновременно. Прием ведется на основе ортогонального разделения сигналов. Необходимо отметить, что основы теории линейного (в том числе ортогонального) уплотнения и разделения сигналов разработаны советским ученым Д.В.Агеевым [3], [4], [5].

Рассмотрим параллельную передачу двоичных сообщений с помощью ортогональных синусоидальных сигналов. При этом под двоичным сообщением будем понимать последовательность элементов, предназначенных для передачи. Элемент сообщения может принимать два значения. При параллельной передаче двоичное сообщение делится на блоки. Блок содержит L элементов. Элементы блока поступают для передачи одновременно и передаются с использованием L элементарных сигналов длительностью T . Таким образом, сигналы, соответствующие элементам каждого блока, полностью перекрываются во времени. Прием ведется на основе ортогональности элементарных сигналов. Определим на интервале времени $-T/2 \leq t < T/2$ множество ортогональных синусоидальных сигналов следующего вида:

$$v_i(t) = \sqrt{2} \cos 2\pi(K + i)t/T; \quad w_i(t) = \sqrt{2} \sin 2\pi(K + i)t/T; \quad i = 0, 1, \dots, L/2 - 1 \quad (1)$$

Здесь K – целое положительное число, определяющее расположение полосы частот, занимаемой сигналом на выходе модулятора; значение L предполагается четным.

Сигнал на выходе модулятора на интервале от $-T/2$ до $T/2$ передачи блока

$$y(t) = \sum_{i=0}^{L/2-1} a_i v_i(t) + \sum_{i=0}^{L/2-1} b_i w_i(t) \quad (2)$$

Здесь предполагается, что блок передаваемых элементов делится пополам. При этом a_i принимает значение A или $-A$ в зависимости от значения i -го элемента первой половины блока, а b_i принимает значение A или $-A$ в зависимости от значения i -го элемента второй половины блока. Энергия сигнала $a_i v_i(t)$ или $b_i w_i(t)$ определяется как

$$W_s = \int_{-T/2}^{T/2} [a_i v_i(t)]^2 dt = \int_{-T/2}^{T/2} [b_i w_i(t)]^2 dt = A^2 T, \text{ энергия сигнала (2) равна}$$

$$W = L W_s = L A^2 T.$$

Определим полосу частот, занимаемую сигналом (2). Этот сигнал в общем случае является случайным сигналом. Будем считать элементы двоичного сообщения независимыми случайными величинами, принимающими два значения с равной вероятностью. Полосу частот F , занимаемую сигналом определим, исходя из спектральной плотности мощности этого сигнала $Y(f)$, где f – частота. При этом будем считать [6], что в полосе частот F должно быть сосредоточено 99% средней мощности сигнала P . Тогда

$$F = f_2 - f_1 \quad (3)$$

где f_1 и f_2 – нижняя и верхняя граничные частоты определяются из выражений: $\int_0^{f_1} Y(f) df = 0.005 P$;

$$\int_{f_2}^{\infty} Y(f) df = 0.005 P; \quad P = \int_0^{\infty} Y(f) df.$$

Спектральная плотность мощности сигнала (2)

$$Y(f) = \sum_{i=0}^{L/2-1} Y_{1i}(f) + \sum_{i=0}^{L/2-1} Y_{2i}(f) \quad (4)$$

$$\text{где [7]} \quad Y_{1i}(f) = \frac{2A^2}{T} |V_i(f)|^2; \quad Y_{2i}(f) = \frac{2A^2}{T} |W_i(f)|^2;$$

$$|V_i(f)| = \left| \int_{-T/2}^{T/2} v_i(t) e^{-j2\pi f t} dt \right| = \frac{\sqrt{2} f T^2 \sin(\pi f T)}{\pi [(fT)^2 - (i-K)^2]}; \quad |W_i(f)| = \left| \int_{-T/2}^{T/2} w_i(t) e^{-j2\pi f t} dt \right| = \frac{\sqrt{2} T (i+K) \sin(\pi f T)}{\pi [(fT)^2 - (i+K)^2]}.$$

С использованием (4) получена зависимость $Y(f)$ при $K = 30$ для $L = 64$, приведенная на рис. 1 в нормированном виде.

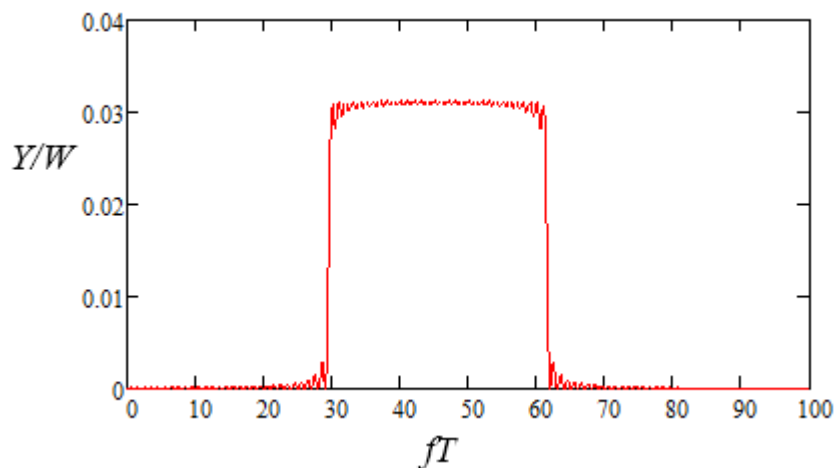


Рис. 1 – Нормированная зависимость $Y(f)$ для $L = 64$

Полосу частот F , занимаемую сигналом (2), вычислим при $K = 30$ для значений $L = 64$ и $L = 128$, эта полоса равна соответственно $34.78/T$ и $64.67/T$. Удельные затраты полосы, определяемые как F/R , где $R = L/T$ – скорость передачи информации (бит/с), равны соответственно 0.543 и 0.505. Определим пик-фактор сигнала (2) как отношение максимального значения сигнала к \sqrt{P} . Тогда значениям $L = 64$ и $L = 128$ соответствует пик-фактор 7.9 и 11.

Оценим помехоустойчивость параллельной передачи при использовании ортогональных сигналов. Будем полагать, что на сигнал (2), в линии связи воздействует аддитивная помеха $n(t)$ в виде белого шума с односторонней спектральной плотностью мощности N . Тогда на входе демодулятора на интервале $-T/2 \leq t < T/2$ имеет место сигнал

$$z(t) = y(t) + n(t) \quad (5)$$

Демодулятор принимает решение о переданных значениях a_i и b_i по следующему алгоритму, реализующему правило максимального правдоподобия [8]:

$$\begin{cases} a_i = A \text{ нпу} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} z(t) v_i(t) dt > 0, \\ a_i = -A \text{ нпу} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} z(t) v_i(t) dt \leq 0, \\ b_i = A \text{ нпу} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} z(t) w_i(t) dt > 0, \\ b_i = -A \text{ нпу} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} z(t) w_i(t) dt \leq 0. \end{cases}$$

С учетом (5) и ортогональности сигналов (1)

$$\begin{aligned} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} z(t) v_i(t) dt &= \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} y(t) v_i(t) dt + \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} n(t) v_i(t) dt = a_i + \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} n(t) v_i(t) dt, \\ \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} z(t) w_i(t) dt &= \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} y(t) w_i(t) dt + \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} n(t) w_i(t) dt = b_i + \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} n(t) w_i(t) dt. \end{aligned}$$

Здесь $\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} n(t) v_i(t) dt$ и $\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} n(t) w_i(t) dt$ являются случайными величинами, распределенными по нормальному

закону с нулевым математическим ожиданием и дисперсией $D = \frac{N}{2T} E$, где

$$E = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} [v_i(t)]^2 dt = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} [w_i(t)]^2 dt = 1. \text{ Тогда вероятность ошибки при приеме элемента сообщения}$$

$$p_э = 1 - F\left(\frac{A}{\sqrt{D}}\right) = 1 - F\left(\sqrt{\frac{2A^2T}{N}}\right) = 1 - F\left(\sqrt{\frac{2W_э}{N}}\right) = 1 - F(\sqrt{2h^2}) \quad (6)$$

где $F(x) = \left(1/\sqrt{2\pi}\right) \int_{-\infty}^x \exp(-y^2/2) dy$; $h^2 = W_{\vartheta}/N$.

Определим теперь на интервале времени $-T/2 \leq t < T/2$ множество линейно независимых сигналов следующего вида:

$$c_i(t) = \cos 2\pi(K+i)t/T + \cos 2\pi(K+i+1)t/T;$$

$$s_i(t) = \sin 2\pi(K+i)t/T + \sin 2\pi(K+i+1)t/T; i = 0, 1, 2, \dots, L/2 - 1 \quad (7)$$

Различные сигналы $c_i(t)$ множества линейно независимы, различные сигналы $s_i(t)$ тоже линейно независимы, а любые пары сигналов $c_i(t)$ и $s_i(t)$ ортогональны. На рис. 2 и рис. 3 в нормированном виде показаны сигналы $c_0(t)$ и $s_0(t)$ соответственно при $K = 5$.

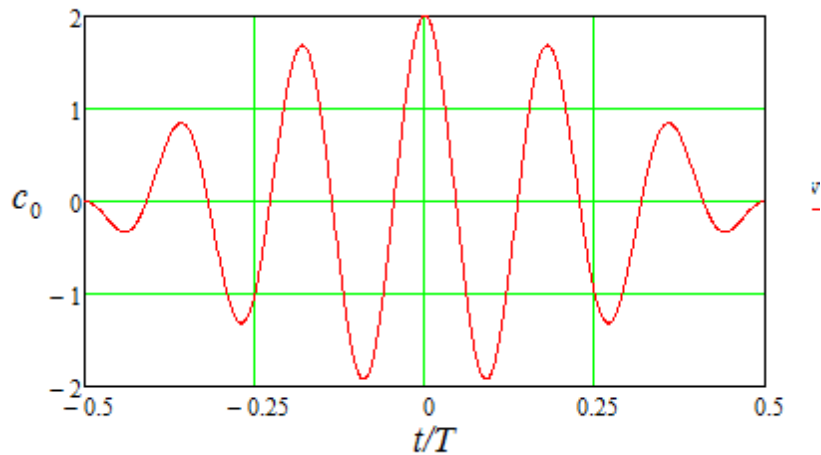


Рис. 2 – Нормированный сигнал $c_0(t)$

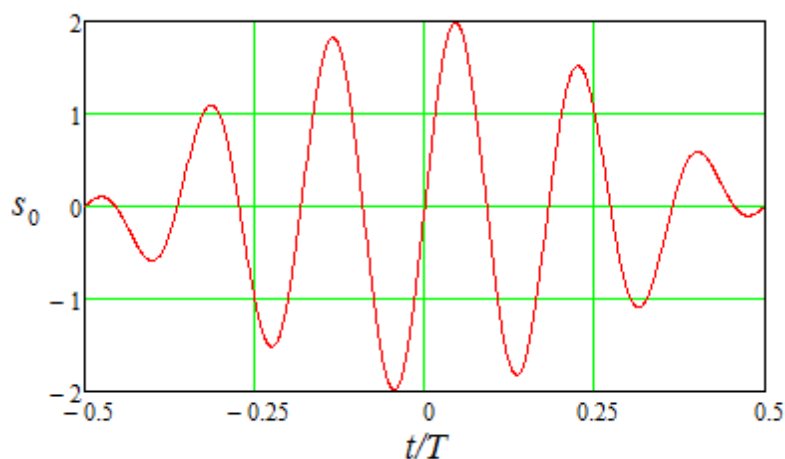


Рис. 3 – Нормированный сигнал $s_0(t)$

В [9] рассматривалось использование для параллельной передачи множества ортогональных сигналов, полученных из сигналов (7) с помощью процедуры Грамма – Шмидта:

$$v_i(t) = \frac{(i+1)\cos[2\pi(K+i+1)t/T] + \sum_{j=0}^i \{(-1)^j \cos[2\pi(K+i-j)t/T]\}}{\sqrt{(i+1)(i+2)/2}};$$

$$w_i(t) = \frac{(i+1)\sin[2\pi(K+i+1)t/T] + \sum_{j=0}^i \{(-1)^j \sin[2\pi(K+i-j)t/T]\}}{\sqrt{(i+1)(i+2)/2}};$$

$$i = 0, 1, 2, \dots, L/2 - 1. \quad (8)$$

При $K = 10$ для значений $L = 32$ и $L = 64$ удельные затраты полосы равны соответственно 0.539 и 0.516, пик-фактор 5.7 и 7.8. Оценка помехоустойчивости – по формуле (6)

Целью данной работы является исследование эффективности непосредственного использования для параллельной передачи линейно независимых сигналов (7).

Использование линейно независимых сигналов

Сигнал на выходе модулятора на интервале передачи блока от $-T/2$ до $T/2$

$$y(t) = \sum_{i=0}^{L/2-1} a_i k_i c_i(t) + \sum_{i=0}^{L/2-1} b_i k_i s_i(t) \quad (9)$$

Коэффициенты k_i ($i = 0, 1, 2, \dots, L/2 - 1$) вводятся для получения одинаковой вероятности ошибки при приеме элементов блока, эти коэффициенты зависят от значения L . При $L = 8$ выбирается $k_0 = 0.894$, $k_1 = 1.095$, $k_2 = 1.095$, $k_3 = 0.894$. При $L = 16$ выбирается $k_0 = 0.730$, $k_1 = 0.966$, $k_2 = 1.095$, $k_3 = 1.155$, $k_4 = 1.155$, $k_5 = 1.095$, $k_6 = 0.966$, $k_7 = 0.730$. О выборе коэффициентов будет сказано ниже.

Определим полосу частот, занимаемую сигналом (9), используя (3). Спектральная плотность мощности сигнала

$$Y(f) = \sum_{i=0}^{L/2-1} Y_{1i}(f) + \sum_{i=0}^{L/2-1} Y_{2i}(f) \quad (10)$$

$$\text{где } Y_{1i}(f) = \frac{2k_i^2 A^2}{T} |C_i(f)|^2; \quad Y_{2i}(f) = \frac{2k_i^2 A^2}{T} |S_i(f)|^2; \quad C_i(f) = \int_{-T/2}^{T/2} c_i(t) e^{-j2\pi ft} dt - \text{спектральная}$$

плотность сигнала $c_i(t)$; $S_i(f) = \int_{-T/2}^{T/2} s_i(t) e^{-j2\pi ft} dt$ – спектральная плотность сигнала $s_i(t)$. С учетом (7)

$$\begin{aligned} Y_{1i}(f) &= \frac{A^2 k_i^2 T}{2} \left[\frac{\sin \pi(fT - K - i)}{\pi(fT - K - i)} + \frac{\sin \pi(fT + K + i)}{\pi(fT + K + i)} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\sin \pi(fT - K - i - 1)}{\pi(fT - K - i - 1)} + \frac{\sin \pi(fT + K + i + 1)}{\pi(fT + K + i + 1)} \right]^2, \\ Y_{2i}(f) &= \frac{A^2 k_i^2 T}{2} \left[\frac{\sin \pi(fT - K - i)}{\pi(fT - K - i)} - \frac{\sin \pi(fT + K + i)}{\pi(fT + K + i)} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\sin \pi(fT - K - i - 1)}{\pi(fT - K - i - 1)} - \frac{\sin \pi(fT + K + i + 1)}{\pi(fT + K + i + 1)} \right]^2. \end{aligned}$$

Средняя мощность $P = \int_0^\infty Y(f) df = 2A^2 \sum_{i=0}^{L/2-1} k_i^2$. Выбор коэффициентов k_i ($i = 0, 1, 2, \dots, L/2 - 1$), в частности, осуществляется так, что $\sum_{i=0}^{L/2-1} k_i^2 = \frac{L}{2}$. Тогда $P = A^2 L$, средняя энергия сигнала (9) $W = A^2 T L$. Средняя энергия сигнала (9), приходящаяся на элемент передаваемого сообщения $W_s = \frac{W}{L} = A^2 T$. Полностью выбор коэффициентов будет пояснен ниже.

С использованием (10) получена зависимость $Y(f)$ при $K = 5$ для $L = 8$, приведенная на рис. 4 в нормированном виде.

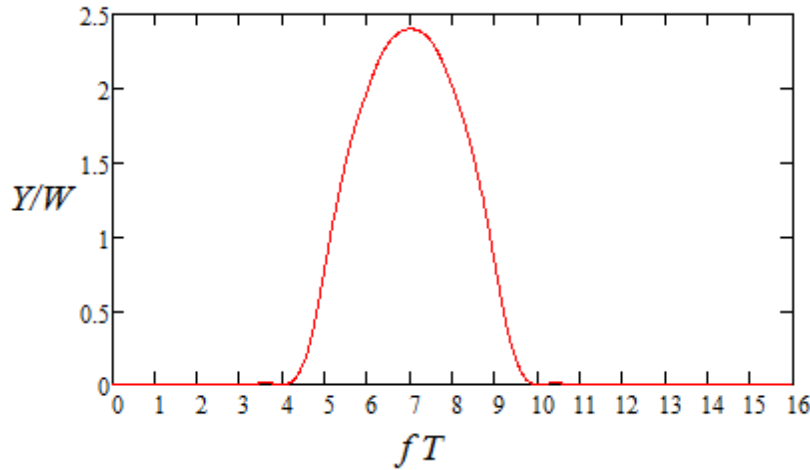


Рис. 4 – Нормированная зависимость $Y(f)$ для $L = 8$

При $K = 5$ для значений $L = 8$ и $L = 16$ полоса частот, занимаемая сигналом (7) равна соответственно $4.86/T$, $8.41/T$; удельные затраты полосы 0.607 и 0.526; пик-фактор 4.1 и 5.5.

Перейдем к организации приема сигнала (9). Используя методику, приведенную в [10], определим взаимный базис для сигналов (7) в виде: $v_i(t) = \frac{1}{k_i} \sum_{j=0}^{L/2-1} X_{ij} c_j(t)$ и $w_i(t) = \frac{1}{k_i} \sum_{j=0}^{L/2-1} X_{ij} s_j(t)$ соответственно. Здесь X_{ij} – элементы матрицы X обратной по отношению к матрице R с элементами $R_{ij} = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} c_i(t) c_j(t) dt = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s_i(t) s_j(t) dt$.

При $L = 8$:

$$\begin{aligned} v_0(t) &= [X_{00}c_0(t) + X_{01}c_1(t) + X_{02}c_2(t) + X_{03}c_3(t)]/k_0, \\ v_1(t) &= [X_{10}c_0(t) + X_{11}c_1(t) + X_{12}c_2(t) + X_{13}c_3(t)]/k_1, \\ v_2(t) &= [X_{20}c_0(t) + X_{21}c_1(t) + X_{22}c_2(t) + X_{23}c_3(t)]/k_2, \\ v_3(t) &= [X_{30}c_0(t) + X_{31}c_1(t) + X_{32}c_2(t) + X_{33}c_3(t)]/k_3, \\ w_0(t) &= [X_{00}s_0(t) + X_{01}s_1(t) + X_{02}s_2(t) + X_{03}s_3(t)]/k_0, \\ w_1(t) &= [X_{10}s_0(t) + X_{11}s_1(t) + X_{12}s_2(t) + X_{13}s_3(t)]/k_1, \\ w_2(t) &= [X_{20}s_0(t) + X_{21}s_1(t) + X_{22}s_2(t) + X_{23}s_3(t)]/k_2, \\ w_3(t) &= [X_{30}s_0(t) + X_{31}s_1(t) + X_{32}s_2(t) + X_{33}s_3(t)]/k_3, \end{aligned}$$

где независимо от K

$$X = \begin{bmatrix} 1.6 & -1.2 & 0.8 & -0.4 \\ -1.2 & 2.4 & -1.6 & 0.8 \\ 0.8 & -1.6 & 2.4 & -1.6 \\ -0.4 & 0.8 & -1.6 & 1.6 \end{bmatrix}.$$

Сигналы $v_i(t)$ и $w_i(t)$ обладают следующими свойствами:

$$\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} y(t)v_i(t)dt = a_i, \quad \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} y(t)w_i(t)dt = b_i \quad (11)$$

На основании этих свойств осуществляется прием блока элементов двоичного сообщения. На рис. 5 показан в нормированном виде сигнал $v_0(t)$, а на рис. 6 – сигнал $w_0(t)$ при $K = 5$ и $L = 8$.

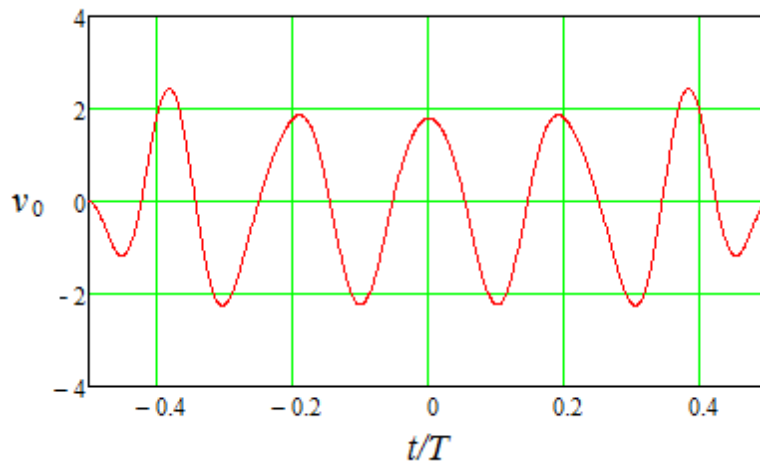


Рис. 5 – Нормированный сигнал $v_0(t)$

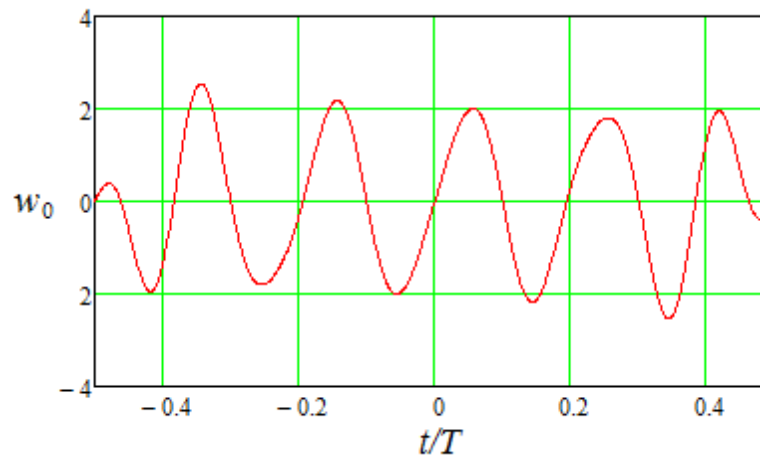


Рис. 6 – Нормированный сигнал $w_0(t)$

Оценим помехоустойчивость передачи при использовании линейно независимых сигналов. Будем полагать, что на сигнал (9), в линии связи действует аддитивная помеха $n(t)$ в виде белого шума с односторонней спектральной плотностью мощности N . Тогда на входе демодулятора на интервале $-T/2 \leq t < T/2$ имеет место сигнал

$$z(t) = y(t) + n(t) \quad (12)$$

Демодулятор принимает решение о переданных значениях a_i и b_i по следующему алгоритму:

$$\begin{cases} a_i = A n p u \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} z(t) v_i(t) dt > 0, \\ a_i = -A n p u \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} z(t) v_i(t) dt \leq 0, \\ b_i = A n p u \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} z(t) w_i(t) dt > 0, \\ b_i = -A n p u \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} z(t) w_i(t) dt \leq 0. \end{cases}$$

С учетом (11) и (12)

$$\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} z(t) v_i(t) dt = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} y(t) v_i(t) dt + \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} n(t) v_i(t) dt = a_i + \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} n(t) v_i(t) dt,$$

$$\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} z(t) w_i(t) dt = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} y(t) w_i(t) dt + \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} n(t) w_i(t) dt = b_i + \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} n(t) w_i(t) dt.$$

Здесь $\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} n(t) v_i(t) dt$ и $\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} n(t) w_i(t) dt$ являются случайными величинами, распределенными по

нормальному закону с нулевым математическим ожиданием и дисперсией $D_i = \frac{N}{2T} E_i$, где

$$E_i = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} [v_i(t)]^2 dt = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} [w_i(t)]^2 dt. \text{ Выбор } k_i, \text{ прежде всего, осуществляется так, что}$$

$E_0 = E_1 = E_2 = \dots = E_{L/2-1} = E$. Кроме того, для удобства изложения на выбор накладывается

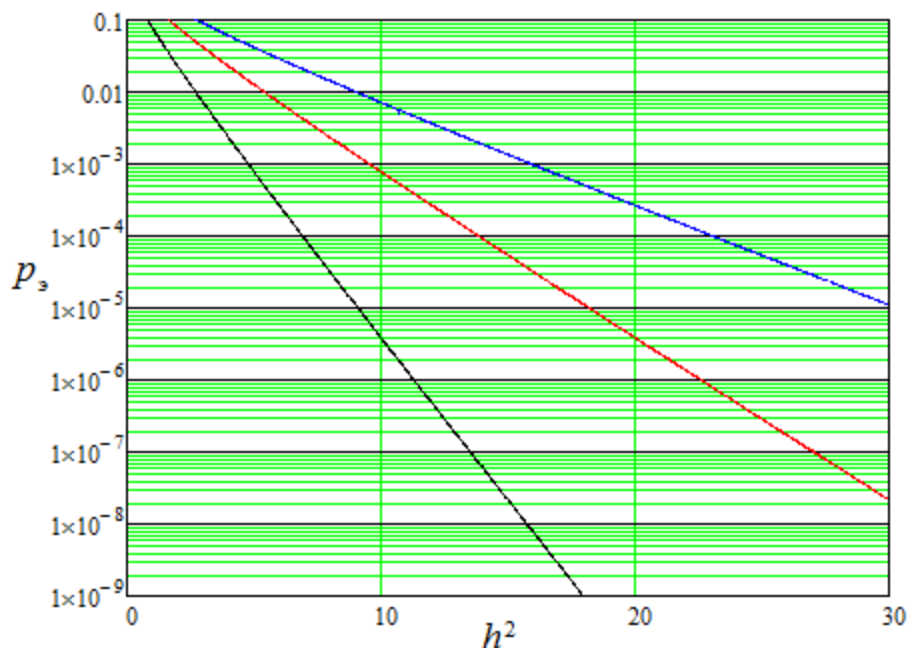
непринципиальное условие: $\sum_{i=0}^{L/2-1} k_i^2 = \frac{L}{2}$. При этом $D_0 = D_1 = D_2 = \dots = D_{L/2-1} = D = \frac{N}{2T} E$.

Тогда вероятность ошибки при приеме элемента сообщения

$$p_{\text{э}} = 1 - F\left(\frac{A}{\sqrt{D}}\right) = 1 - F\left(\sqrt{\frac{2A^2T}{NE}}\right) = 1 - F\left(\sqrt{\frac{2W_{\text{э}}}{NE}}\right) = 1 - F\left(\sqrt{\frac{2h^2}{E}}\right) \quad (13)$$

где $h^2 = W_{\text{э}}/N$ – отношение энергии сигнала $y(t)$, приходящейся на элемент передаваемого сообщения, к спектральной плотности мощности помехи.

При $L=8$ и $L=16$ значение $E=2$ и $E=3.333$ соответственно. Тогда (13) запишется в виде: $p_{\text{э}} = 1 - F(\sqrt{h^2})$ для $L=8$ и $p_{\text{э}} = 1 - F(\sqrt{0.6h^2})$ для $L=16$. На рис. 6 показана зависимость $p_{\text{э}}$ от h^2 при $L=8$ (красная линия) и $L=16$ (синяя линия); черной линией показана зависимость $p_{\text{э}}$ от h^2 согласно (6) при использовании ортогональных сигналов вида (1) или (8).

Рис. 6 – Зависимости вероятности ошибки от h^2 **Заключение**

Использование линейно независимых сигналов по сравнению с ортогональными сигналами позволяет получить приемлемые удельные затраты полосы частот при меньшем числе элементарных сигналов и, соответственно, меньшем пик-факторе. Однако при этом ухудшается помехоустойчивость.

Применение ортогональных сигналов по сравнению с линейно независимыми сигналами позволяет получить существенно лучшую помехоустойчивость независимо от числа элементарных сигналов.

Использование ортогональных сигналов (8) по сравнению с ортогональными сигналами (1) позволяет получить приемлемые удельные затраты полосы частот при меньшем числе элементарных сигналов и, соответственно, меньшем пик-факторе.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Технология OFDM : учебное пособие для вузов / М.Г. Бакулин, В.Б. Крейнделин, А.М. Шлома, А.П. Шумов.– М.: Горячая линия - Телеком, 2017.– 352 с.
2. ГОСТ Р 54309-2011. Аудиовизуальная информационная система реального времени (РАВИС). Процессы формирования кадровой структуры, канального кодирования и модуляции для системы цифрового наземного узкополосного радиовещания в ОВЧ диапазоне. Технические условия.– Введ. 2012–09–01.– М.: Стандартинформ, 2012.– 43 с.
3. Агеев. Д.В. Основы теории линейной селекции / Агеев. Д.В. // Научно-техн. сб. Ленингр. электротехн. ин-та связи.– 1935.– N 10.
4. Агеев Д.В. Линейные методы селекции и проблема пропускной способности эфира: дис. ... канд. техн. наук/ Агеев Дмитрий Васильевич.– Ленинград, 1937.
5. Агеев Д.В. Новый метод многоканального телеграфирования: дис. ... доктора техн. наук/ Агеев Дмитрий Васильевич.– Ленинград, 1940.
6. Склэр Бернард. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. 2-е изд.: Пер. с англ.– М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.– 1104 с.
7. Сергиенко А.Б. Цифровая связь: Учеб. пособие / Сергиенко А.Б.. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012.– 164 с.
8. Теория электрической связи: Учебник для вузов / А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, В.И. Коржик, М.В. Назаров; под ред. Д.Д. Кловского. – М. : Радио и связь, 1998.– 432 с.
9. Vershinin V.A. The transmission of binary messages special special biorthogonal signals / Vershinin V.A. // Eastern European Scientific Journal.– 2015.– N4.– URL: http://www.auris-archiv.de/mediapool/99/990918/data/DOI_10.12851_EESJ201508.pdf
10. Дядюнов Н.Г. Ортогональные и квазиортогональные сигналы / Дядюнов Н.Г., Сенин А.И. А.М. Тарасенко.– М.: Связь, 1977.– 224 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Tekhnologiya OFDM: uchebnoye posobiye dlya vuzov [OFDM technology: textbook for universities]/ M.G. Bakulin. V.B. Kreyndelin. A.M. Shloma. A.P. Shumov.– M.: Goryachaya liniya - Telekom. 2017.– 352 p. [in Russian]
2. GOST R 54309-2011. Audiovizualnaya informatsionnaya sistema realnogo vremeni (RAVIS). Protsessy formirovaniya kadrovoy struktury. kanalnogo kodirovaniya i modulyatsii dlya sistemy tsifrovogo nazemnogo uzakopolosnogo radioveshchaniya v OVCh diapazone. Tekhnicheskiye usloviya [Realtime audiovisual information system (RAVIS). Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial narrowband broadcasting system for VHF band. Technical specification].– Vved. 2012–09–01.– M.: Standartinform. 2012.– 43 p. [in Russian]
3. Ageyev. D.V. Osnovy teorii lineynoy selektsii [Fundamentals of the theory of linear selection] / Ageyev. D.V. // Nauchno-tekhn. sb. Leningr. elektrotekhn. in-ta svyazi [Scientific and technical collection of Leningrad electrotechnical Institute of communications].– 1935.– N 10. [in Russian]
4. Ageyev D.V. Lineynyye metody selektsii i problema propusknoy sposobnosti efira [Linear selection methods and the problem of ether throughput]: dis. ... of PhD in Engineering / Ageyev Dmitriy Vasilyevich.– Leningrad, 1937.
5. Ageyev D.V. Novyy metod mnogokanalnogo telegrafirovaniya [New method of multichannel telegraphy]: dis. ... of PhD in Engineering / Ageyev Dmitriy Vasilyevich.– Leningrad, 1940. [in Russian]
6. Sklyar Bernard. Tsifrovaya svyaz. Teoreticheskiye osnovy i prakticheskoye primeneniye. 2nd edition: Per. s angl.– M.: Publishing house «Viliams». 2003.– 1104 p. [in Russian]
7. Sergiyenko A.B. Tsifrovaya svyaz: Ucheb. Posobiye [Digital communication: a tutorial]. SPb.: Publishing house SPbGETU «LETI». 2012.– 164 p. [in Russian]
8. Teoriya elektricheskoy svyazi: Uchebnik dlya vuzov [Theory of telecommunications: the Textbook for high schools] / A.G. Zyuko, D.D. Klovskiy, V.I. Korzhik, M.V. Nazarov; edited by D.D. Klovskogo. – M. : Radio i svyaz. 1998.– 432 p. [in Russian]
9. Vershinin V.A. The transmission of binary messages special special biorthogonal signals / Vershinin V.A. // Eastern European Scientific Journal.– 2015.– N4.– URL: http://www.auris-archiv.de/mediapool/99/990918/data/DOI_10.12851_EESJ201508.pdf
10. Dyadyunov N.G. Ortogonalnyye i kvaziortogonalnyye signaly [Orthogonal and quasi-orthogonal signals] / Dyadyunov N.G., Senin A.I., A.M. Tarasenko.– M.: Svyaz, 1977.– 224 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.008>

РАЗРАБОТКА БАРАБАННО-РОЛИКОВОГО ОЧИСТИТЕЛЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ

Научная статья

Захаров А.М. *

ORCID: 0000-0003-3501-0543,

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства,
филиал ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия

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

Аннотация

В существующих линиях подготовки корнеплодов к скормливаю базовой машиной является мойка-измельчитель ИКМ-5. Повышенная загрязненность корнеклубнеплодов, возникающая при комбайновой уборке приводит к уменьшению производительности ИКМ-5, повышенному расходу воды, загрязнению рабочего места. Чтобы устранить указанные недостатки целесообразно в линиях обработки корнеклубнеплодов применять предварительную сухую очистку. Для изучения работы барабанно-роликового очистителя была разработана экспериментальная установка. Она позволяет изучить влияние таких факторов как: частота вращения барабана, частота вращения роликов и длина очистителя на эффективность очистки корнеклубнеплодов барабанно-роликовым очистителем. Частота вращения роликов изменяется перестановкой сменных шкивов на валу двигателя. Рабочая длина роликов изменяется установкой, внутри барабана сменных цилиндров, перекрывающих часть рабочей поверхности барабана.

Ключевые слова: корнеклубнеплоды, сухая очистка, частота вращения барабана, эффективность очистки, барабанно-роликовый очиститель.

DEVELOPMENT OF DRUM-ROLLER TUBEROUS ROOT CLEANER

Research article

Zakharov A.M. *

ORCID: 0000-0003-3501-0543,

Institute of Agroengineering and Ecological Problems of Agricultural Production – the Branch of Federal Scientific Agro-Engineering Center VIM, St. Petersburg, Russia

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

Abstract

IKM-5 washer-chopper is the basic machine in the existing feeding preparation lines for the tuberous root. Increased contamination of the tuberous root, arising from combine harvesting, leads to a decrease in IKM-5 productivity, increased water consumption, and pollution of the workplace. In order to eliminate these drawbacks, it is advisable to use dry-dry cleaning in the processing lines of the root-and-vegetable crops. The experimental system was developed to study the work of the drum-roller cleaner. It allows studying the influence of such factors as drum rotation frequency, roller rotation frequency, and cleaner length on the efficiency of tuberous root cleaning with a drum-roller cleaner. The frequency of rollers rotation is changed by shifting the replacement pulleys on the motor shaft. The working length of the rollers is changed by the system, inside the drum of replaceable cylinders, covering a part of the working surface of the drum.

Keywords: tuberous root, dry cleaning, drum rotation frequency, cleaning efficiency, drum-roller cleaner.

Введение

В настоящее время для мойки корнеклубнеплодов применяются различные машины, принципиально отличающиеся по конструкции и технологическому процессу. Существующие моечные машины разнообразны не только по конструкции основных рабочих органов, но отличаются и степенью их влияния на процесс мойки, способами использования воды и протекания технологического процесса. Они могут быть стационарными и передвижными. По характеру работ различают машины периодического и непрерывного действия. Большое их разнообразие объясняется, прежде всего физико-механическими свойствами, особенностями обрабатываемого продукта и сопутствующих ему примесей, а также поисками эффективных и рациональных конструкций моечных машин, которые по своим качественным показателям полностью отвечали бы технико-экономическим требованиям, предъявляемым к процессу мойки.

По принципу очистки продукта от загрязнений моечные машины и устройства можно классифицировать следующим образом (рис. 1).

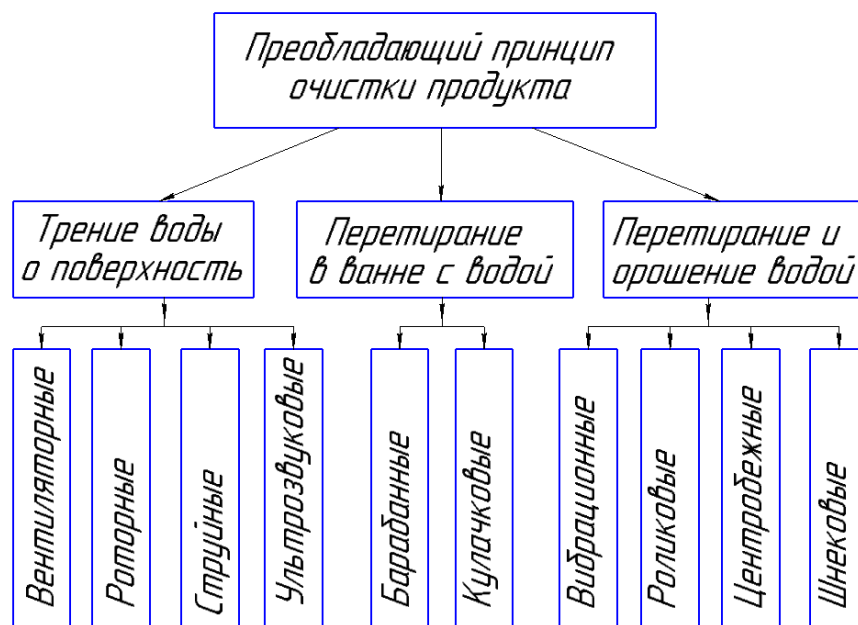


Рис. 1 – Классификация моющих машин и устройств по принципу очистки

В основу очистки корнеклубнеплодов от загрязнений положен способ трения движущихся поверхностей корнеклубнеплодов. Технологический процесс очистки у моек данного типа протекает в результате трения бурлящего потока жидкости о загрязненную поверхность. Поток может быть организован различным образом. Наиболее высокое качество мойки достигается при прохождении ультразвука через жидкую среду. Удаление загрязнений происходит в результате возникновения кавитационных явлений, которые положены в основу этого процесса. Из-за специфической сложности оборудования этот способ очистки не нашел распространения.

Исследования рабочего процесса моек барабанного типа без активных рабочих органов показывают [1], [2], что качество обрабатываемых корнеклубнеплодов у них неудовлетворительное, так как во вращающемся цилиндре они имеют малый угол естественного откоса. Вследствие этого, процесс мойки проходит неинтенсивно. Для улучшения качества обработки на мойках этого типа устанавливают активные рабочие органы или увеличивают подачу воды, что приводит к ее перерасходу и увеличению эксплуатационных издержек [3]. Отделение загрязнений с поверхности корнеклубнеплодов с использованием перетирания и орошения водой заключается в том, что рабочие органы машин способствуют активному перемещению клубней и тем самым взаимному трению их поверхностей, а поступаемые под давлением струи воды смывают отделенные загрязнения. Этот способ очистки нашел самое широкое распространение.

В существующих линиях подготовки корнеплодов к скармливанию базовой машиной является мойка-измельчитель ИКМ-5. Повышенная загрязненность корнеплодов, возникающая при комбайновой уборке приводит к уменьшению производительности ИКМ-5, повышенному расходу воды, загрязнению рабочего места. С увеличением загрязненности до 20% производительность ИКМ-5 не превышает 3,2-4,7 т/ч, а расход воды увеличивается до 300 литров на тонну перерабатываемых корнеплодов. Кроме этого, ИКМ-5 не отделяет легкие волокнистые примеси (ботва, солома), которые, попадая в измельчающий аппарат, забивают его, что приводит к перебоям в работе. Из-за перегрузки моечное оборудование преждевременно выходит из строя, имеет низкий уровень надежности.

Отмеченные недостатки в работе существующих моечных машин и устройств свидетельствуют о недостаточном совершенстве их конструкции и недостаточной изученности технологического процесса по отделению загрязнений с поверхности корнеклубнеплодов.

Для устранения указанных недостатков целесообразно в линиях обработки корнеклубнеплодов применить предварительную сухую очистку рабочего материала [4], [5], [6].

При этом агрегат предварительной сухой очистки будет выполнять операции отбора от корнеклубнеплодов свободной и связанной почвы, ботвы, соломы, а отделение камней, металлических включений и окончательную очистку от связанной почвы обеспечит ИКМ-5. Такая комбинация приведет к снижению затрат, а главное, к резкому снижению расхода воды.

Анализ результатов исследовательских работ в области создании очистителей корнеклубнеплодов со шнековыми, кулачковыми, вибрационными, барабанными, щеточными рабочими органами показал, что для предварительной сухой очистки целесообразно применять барабано-роликовый очиститель, который представляет горизонтальный вращающийся барабан с боковинами и соединяющими их цилиндрическими и эллиптическими роликами. Цилиндрические и эллиптические ролики создают переменный зазор в решетке барабана, вызывая более эффективное отделение примесей [7], [8], [9].

Для изучения работы барабано-роликового очистителя была разработана экспериментальная установка (рис. 2).

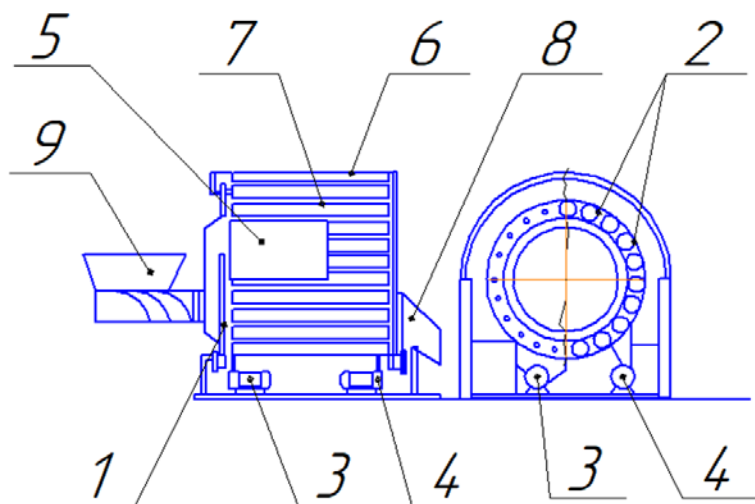


Рис. 2 – Установка предварительной очистки корнеклубнеплодов

Она включает ремю, на которой установлен барабанно-роликовый очиститель 1, с вращающимися цилиндрическими и эллиптическими роликами 2, привод для вращения барабана 4, привод роликов 3 с набором сменных шкивов, очиститель роликов 7, закрепленный на внутренней поверхности кожуха 6, выгрузной лоток 8, питатель корнеклубнеплодов 9.

Корнеклубнеплоды подаются на очистку питателем. Поступив на внутреннюю поверхность барабана, ворох под действием сил трения поднимается на угол, зависящий от кинематического режима барабана, и, достигнув некоторой высоты, падает вниз, интенсивно перетираясь. Вращающиеся эллиптические ролики создают дополнительное воздействие на корнеклубнеплоды, перемещая их в рациональном направлении. Связанная с обрабатываемым материалом земля переходит в разряд свободной и просеивается через зазоры между роликами. Вращающиеся цилиндрические и эллиптические ролики защемляют растительные примеси и удаляют их из барабана. Очищенные корнеплоды скатываются по выгрузному лотку.

Данная экспериментальная установка позволяет изучить влияние следующих факторов: частоты вращения барабана, частоты вращения роликов и длины очистителя на эффективность очистки корнеклубнеплодов барабанно-роликовым очистителем.

Частота вращения роликов изменяется перестановкой сменных шкивов на валу двигателя. Рабочая длина роликов изменяется установкой, внутри барабана сменных цилиндров, перекрывающих часть рабочей поверхности барабана.

Перед началом опытов производится изучение физико-механических свойств корнеклубнеплодов и загрязняющих их примесей. Замеряются длина, диаметр и масса отдельных экземпляров, для чего отбирается не менее 100 корнеклубнеплодов. При этом в отобранную партию необходимо включать представителей как минимальных, так и максимальных размеров. Наряду с размерными характеристиками определяется влажность почвы и материала, тип связанной почвы, загрязненность связанной почвой и свободными примесями [10].

При проведении опытов из выгрузного лотка отбирается проба исходного продукта массой 20 – 30 кг.

Корнеклубнеплоды взвешиваются, затем отмываются вручную и снова взвешиваются. По результатам опытов определяется эффективность очистки корнеклубнеплодов.

$$\mathcal{E} = \frac{m_1 - m_2}{m_1},$$

где \mathcal{E} – эффективность очистки корнеклубнеплодов от примесей;

m_1 – масса свободных и связанных примесей до очистки;

m_2 – масса свободных и связанных примесей после очистки.

Кроме этого фиксируется потребляемая очистителем мощность и потери в процессе очистки.

Заключение

Повышенная загрязненность корнеплодов при возделывании их на тяжелых почвах и в условиях переувлажнения приводит к уменьшению производительности ИКМ-5, повышенному расходу воды, загрязнению рабочего места. С увеличением загрязненности производительность ИКМ-5 значительно снижается, а расход воды увеличивается. В связи с этим использование предлагаемого подхода в процессе очистки корнеклубнеплодов позволит снизить затраты, а главное, значительно снизить расход воды.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Романюк Н.Н. Устройство для мойки корнеклубнеплодов / Н.Н. Романюк, В.А. Агейчик, К.В. Сашко // Научное обозрение. – 2014. №4. – С. 21 – 25.
2. Устроев А.А. Технологическая линия мойки картофеля для фермерских хозяйств / А.А. Устроев, А.М. Захаров, Г.А. Логинов // Техника и оборудование для села. – 2016. – №6. – С. 34 – 36.
3. Орешин Е.Е. Оптимизация параметров и режимов работы машины для мойки картофеля / Е.Е. Орешин, А.А. Устроев, А.М. Захаров // Инновации в сельском хозяйстве. – 2015. – №3 (13). – С. 182 – 184.
4. Орешин Е.Е. Повышение эффективности сухой очистки картофеля щеточными валами / Е.Е. Орешин, А.Н. Степанов, А.М. Захаров // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2013. – №31. – С. 214 – 220.
5. Логинов Г.А. Результаты производственных испытаний машины для сухой очистки картофеля / Г.А. Логинов, А.Н. Степанов, Е.Е. Орешин, А.М. Захаров // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2012. – №83. – С. 47 – 52.
6. Фролов В.Ю. Сухая очистка корнеклубнеплодов транспортерным устройством / В.Ю. Фролов, А.В. Бычков // Техника и оборудование для села. – 2011. – №1. – С. 28 – 29.
7. Фролов В.Ю. Совершенствование процесса сухой очистки корнеплодов шнековым сепаратором / В.Ю. Фролов, А.В. Бычков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – №101. – С. 2144 – 2153.
8. Сабиев У.К. Обоснование рациональных параметров безводного очистителя корнеклубнеплодов / У.К. Сабиев, В.В. Лисянов, П.А. Гайдай // Техника и оборудование для села. – 2014. – №6. – С. 14 – 16.
9. Зайцев С.П. Эффективность технологической линии обработки корнеплодов / С.П. Зайцев, Н.П. Зайцева // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – №12. – С. 50 – 52.
10. Карпов В.В. Влияние загрязненности и влажности почвенных примесей на эффективность очистки кормовых корнеплодов / В.В. Карпов, В.А. Гулевский // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – №3 (54). – С. 82 – 87.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Romanyuk N.N. Ustrojstvo dlya mojki korneklubneplodov [A device for washing root crops] / N.N. Romanyuk, V.A. Agejchik, K.V. Sashko // Nauchnoe obozrenie [Scientific Review]. – 2014. №4. – P. 21 – 25. [in Russian]
2. Ustroe A.A. Tekhnologicheskaya liniya mojki kartofelya dlya fermerskix hozyajstv [Technological line of washing potatoes for farms] / A.A. Ustroe, A.M. Zaxarov, G.A. Loginov // Texnika i oborudovanie dlya sela [Equipment and equipment for the village]. – 2016. – №6. – P. 34 – 36. [in Russian]
3. Oreshin E.E. Optimizaciya parametrov i rezhimov raboty mashiny dlya mojki kartofelya [Optimization of parameters and modes of operation of the machine for washing potatoes] / E.E. Oreshin, A.A. Ustroe, A.M. Zaxarov // Innovacii v sel'skom hozyajstve [Innovations in agriculture]. – 2015. – №3 (13). – P. 182 – 184. [in Russian]
4. Oreshin E.E. Povyshenie effektivnosti suhoj ochistki kartofelya shhetochny'mi valami [Improving the efficiency of dry cleaning of potatoes with brush rollers] / E.E. Oreshin, A.N. Stepanov, A.M. Zaxarov // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [News of St. Petersburg State Agrarian University]. – 2013. – №31. – P. 214 – 220. [in Russian]
5. Loginov G.A. Rezul'taty proizvodstvenny'x ispy'tanij mashiny dlya suhoj ochistki kartofelya [The results of production tests of machines for dry cleaning of potatoes] / G.A. Loginov, A.N. Stepanov, E.E. Oreshin, A.M. Zaxarov // Tekhnologii i texnicheskie sredstva mexanizirovannogo proizvodstva produkci rastenievodstva i zhivotnovodstva [Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock]. – 2012. – №83. – P. 47 – 52. [in Russian]
6. Frolov V.Yu. Suxaya ochistka korneklubneplodov transportny'm ustrojstvom [Dry cleaning of root crops by a conveyor device] / V.Yu. Frolov, A.V. By'chikov // Texnika i oborudovanie dlya sela [Technique and equipment for the village]. – 2011. – №1. – P. 28 – 29. [in Russian]
7. Frolov V.Yu. Sovershenstvovanie processa suhoj ochistki korneplodov shnekovy'm separatorom [Improving the process of dry cleaning of root crops with auger separator] / V.Yu. Frolov, A.V. By'chikov // Politematicheskij setevoy e'lektronny'j nauchny'j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University]. – 2014. – №101. – P. 2144 – 2153. [in Russian]
8. Sabiev U.K. Obosnovanie racional'ny'x parametrov bezvodnogo ochistitelya korneklubneplodov [Justification of the rational parameters of an anhydrous cleaner of root crops] / U.K. Sabiev, V.V. Lisyanov, P.A. Gajdaj // Texnika i oborudovanie dlya sela [Equipment and equipment for the village]. – 2014. – №6. – S. 14 – 16. [in Russian]
9. Zajcev S.P. E'ffektivnost' texnologicheskoy linii obrabotki korneplodov [The effectiveness of the processing line processing of root crops] / S.P. Zajcev, N.P. Zajceva // Traktory i sel'hoz mashiny [Tractors and agricultural machinery]. – 2009. – №12. – P. 50 – 52. [in Russian]
10. Karpov V.V. Vliyanie zagryaznennosti i vlazhnosti pochvenny'x primesej na e'ffektivnost' ochistki kormovy'x korneplodov [Influence of pollution and moisture of soil impurities on the cleaning efficiency of fodder root crops] / V.V. Karpov, V.A. Gulevskij // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Voronezh State Agrarian University]. – 2017. – №3 (54). – P. 82 – 87. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.009>

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАШИННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ РФ

Научная статья

Зыков А.В.^{1,*}, Захаров А.М.²

¹ ORCID: 0000-0002-3435-7468;

² ORCID: 0000-0003-3501-0543;

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

* Корреспондирующий автор (zav35[at]list.ru)

Аннотация

Научно-технический прогресс в отрасли картофелеводства целесообразно направить на трудосбережение на основе создания предпосылок и освоения комбайновой уборки урожая. В статье рассмотрены вопросы сбережения трудозатрат при машинной технологии производства картофеля, повышение качества и конкурентоспособности товарной продукции, а также пути повышения экологической чистоты продовольственного картофеля. Повышение конкурентоспособности товарной продукции обеспечивается безотходностью предреализационной подготовки путем доведения качества товарного картофеля до уровня требований евростандарта и переработки нестандартной части урожая на картофеле продукты. Экологичность, чистота продукции и безопасность его производства для окружающей среды могут быть улучшены путем введения в севооборот сидеральной культуры, например, люпина.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, машинная технология производства картофеля агрегаты, экология, энергосберегающие технологии, производительность труда.

PROSPECTS OF MACHINE TECHNOLOGY DEVELOPMENT IN POTATO PRODUCTION IN THE NORTH-WESTERN REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION

Research article

Zykov A.V.^{1,*}, Zakharov A.M.²

¹ ORCID: 0000-0002-3435-7468;

² ORCID: 0000-0003-3501-0543;

^{1,2} Institute of Agro-engineering and Environmental Problems of Agricultural Production - Branch of the Federal State Scientific Institution of the Federal Research Agro-engineering Centre of the Research Institute, St. Petersburg, Russia

* Corresponding author (zav35[at]list.ru)

Abstract

It is feasible to direct scientific and technical progress in the potato industry to labour saving on the basis of the prerequisites creation and the development of combine harvesting. The article discusses issues of labour saving in machine technology for the production of potatoes aimed at improving the quality and competitiveness of marketable products, as well as the ways of improving the ecological purity of ware potatoes. Improving the competitiveness of marketable products is provided by waste-free pre-sales preparation by means of bringing the quality of marketable potatoes to the level of European standards and processing non-standard portion of the crop of potato products. Environmental friendliness, product purity and environmental safety can be improved with the help of green manure crop introduction into the crop rotation, for example, lupine.

Keywords: agricultural complex, machine technology of potato production, devices, ecology, energy-saving technologies, labour productivity.

Введение

Многообразие способов возделывания и уборки картофеля и широкий выбор технологических средств механизации, предлагаемых сельхозпроизводителям на современном рынке техники и технологий, создает благоприятные условия для формирования технологии высоких урожаев экологически чистой продукции при безопасности для окружающей среды.

Климатически устойчивые урожаи картофеля в Северо-Западном регионе России составляют 30,0-35,0 т/га, а фактическая средняя урожайность не превышает 15,0 т/га и колеблется в пределах 10,5-35,0 т/га. Широкий разброс значений урожайности обусловлен в значительной мере тем, что в различных почвенно-климатических и хозяйственных условиях используется одинаковая технология его производства. В настоящее время имеется широкий выбор сортов картофеля, отечественных и импортных технологий, защитно-стимулирующих препаратов и технических средств для его производства. Свои услуги представляют фирмы России, Белоруссии, Германии, Голландии, Польши, Финляндии, совместные российско-зарубежные предприятия: «Евротехника», «Колнаг» и другие.

Широкий рынок технических средств, доступных сельхозпроизводителям России, обуславливает возможность выполнения каждого технологического процесса по различным вариантам. При этом выбор варианта предопределяется конкретной хозяйственной ситуацией, то есть почвенно-климатическими условиями и рангом технологии. В зависимости от почвенно-климатических условий (механический состав и каменистость почвы, степень окультуренности и уровень плодородия) определяется доступный уровень урожайности, экологически безопасные нормы удобрения почвы и системы ее обработки, т.е. осуществляется адаптация технологических процессов к

конкретным почвенно-климатическим условиям. На основе производственных условий определяется объем производства и назначение продукции, доступные материально-технические и трудовые ресурсы. Совокупностью почвенно-климатических и производственных условий предопределяется доступный ранг технологии и ресурсосберегающий вариант ее реализации, обеспечивающие рентабельное производство при соблюдении норм экологической безопасности.

Методы и принципы исследования

На сегодняшний день посадочные площади под картофелем в Северо-Западном регионе России составляют более 400 тыс. га, что составляет около 15% от площадей, занятых под картофель в России. Доступность европейского рынка технологий и технических средств, а также рост капиталовложений в сельскохозяйственное производство в соответствии с Государственным национальным проектом обуславливают возможность технико-технологической модернизации отрасли с целью повышения конкурентоспособности отечественного товарного картофеля. Первоочередными задачами в развитии научно-технического прогресса в картофелеводстве являются:

- Трудосбережение, обусловленное острым дефицитом трудовых ресурсов в сельском хозяйстве и низкой производительностью труда в отрасли, которая в 2,0-2,5 раза уступает среднеевропейской.

- Повышение качества товарного продовольственного картофеля до уровня 1-го класса качества или класса «экстра» по ГОСТ Р 51808-2001, который, в основном, соответствует требованиям евростандарта.

- Обеспечение экологической чистоты продукции и безопасности производства для окружающей среды.

В таблице 1 представлена структура трудозатрат на возделывание, уборку и предреализационную подготовку картофеля в сложных условиях региона (каменистость почвы, периодическая переувлажненность).

Анализ таблицы 1 показывает, что комбайновая уборка урожая снижает трудозатраты в 2,5-3,0 раза по сравнению с уборкой копателями с подбором клубней вручную. Широкий рынок технологий и технических средств, доступных сельхозпроизводителям, дает возможность адаптации технологических комплексов машин к различным почвенно-климатическим и хозяйственным условиям и на этой основе обеспечить благоприятную среду формирования урожая и его комбайновую уборку. Разработанный в ИАЭП филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ алгоритм адаптации создает предпосылки комбайновой уборки на 80-85% пашни Северо-Запада [1], [2], [3].

Таблица 1 – Затраты труда на различных операциях производства картофеля в Северо-Западном регионе РФ

Технологические процессы	Затраты труда, чел.-ч/га	% от общих затрат	
		комбайновая уборка	ручная уборка
Предпосадочная обработка почвы	26,7	13,5	6,5
Подготовка семенного материала	11,3	5,6	2,6
Посадка	1,5	0,6	0,45
Уход за посадками	6,2	3,0	2,4
Уборка картофеля:			
- уборка урожая комбайном с послеуборочной обработкой на картофелесортировальном пункте	155,0	77,3	
- уборка урожая картофелекопательем с подбором клубней вручную и закладкой на хранение	375,0	-	88,0

Примечание: повышение качества и конкурентоспособности товарной продукции может быть осуществлено различными путями [4], [5], [6].

Результаты и обсуждения

Свежий продовольственный товарный картофель может быть доведен до соответствия 1-му классу качества или «экстра» на внутрихозяйственных или межхозяйственных предприятиях по его предреализационной подготовке. На рисунке 1 приведены данные, характеризующие эффективность размещения таких предприятий, из которых видно, что предреализационная подготовка товарного картофеля до уровня 1-го класса выгодна при дальности перевозок «поле-предприятие» до 50 км, до уровня класса «экстра» - до 70 км.

Сохранение продукции, ее безотходность и высокая товарность могут быть обеспечены путем переработки нестандартной части урожая на полуфабрикаты, которые в объеме более 100 тыс. т в настоящее время в нашу страну импортируются (крахмал, картофельное пюре и др.) (рисунок 2). Из рисунка 2 видно, что производство картофелепродуктов является весьма востребованным направлением повышения эффективности картофелеводства, в первую очередь для сельхозпроизводителей, удаленных от крупных городов [7], [8], [9]. В этих хозяйствах на картофелепродукты выгодно перерабатывать весь товарный урожай.

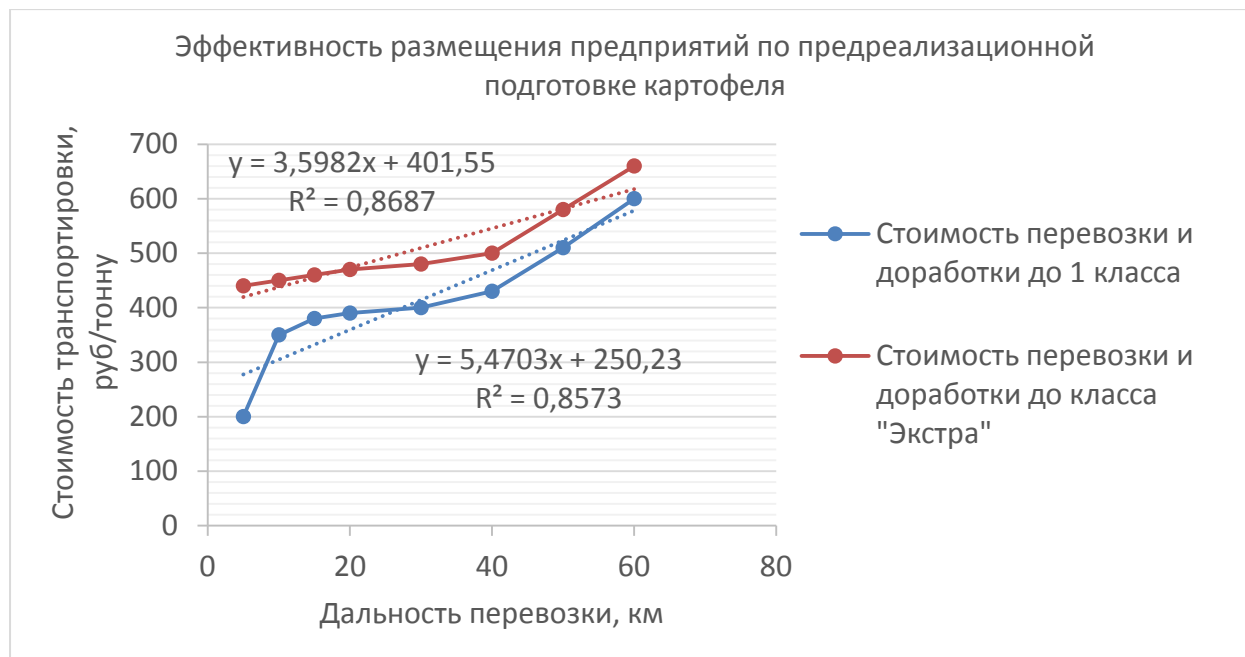


Рис. 1 – Эффективность размещения предприятий по предреализационной подготовке картофеля

Повышению экологической чистоты продовольственного картофеля в значительной степени способствует введение в севооборот сидеральной культуры (таблица 2). Анализ таблицы 2 показывает:

- хорошие урожаи сидерального люпина в стадии молочновосковой спелости по питательной ценности адекватны 45,0-50,0 т навоза КРС, а по затратам ресурсов данный способ удобрения почвы более выгоден по сравнению с покупкой, транспортировкой и внесением навоза;
- сидеральный люпин угнетает развитие сорняков и очищает почву от болезней картофеля.

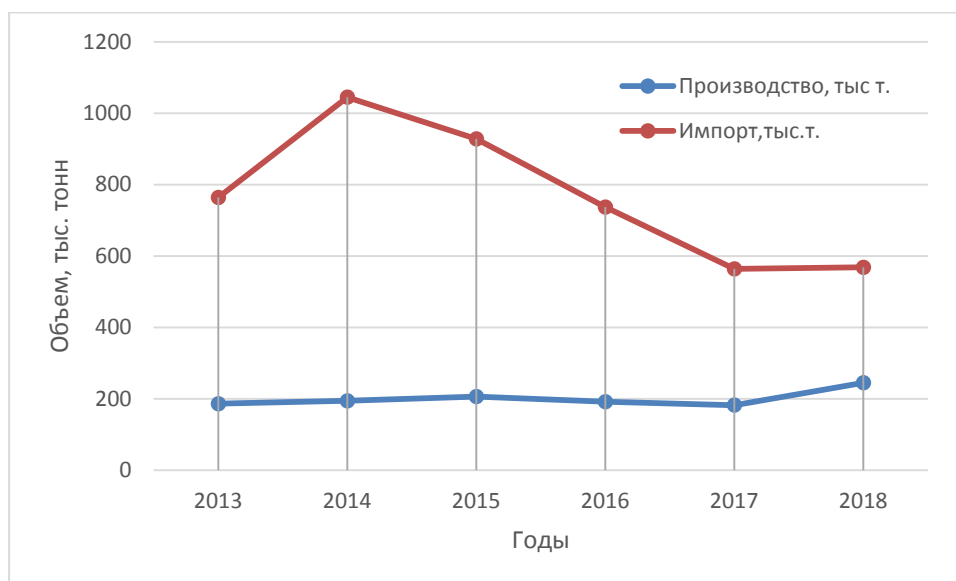


Рис. 2 – Производство и импорт картофелепродуктов в Российской Федерации, тыс. т.

Таблица 2 – Эффективность применения сидерального люпина

Показатели	Навоз КРС	Сидеральный люпин
Адекватность	50,0 т/га	50,0-55,0 т/га
Стоимость, руб./га	15000	4000 (семена - 3000 руб./га + выращивание ~ 1000 руб./га)
Развитие сорняков	увеличивается	угнетается

Заключение

1. Научно-технический прогресс в отрасли картофелеводства целесообразно направить на трудосбережение на основе создания предпосылок и освоения комбайновой уборки урожая.
2. Повышение конкурентоспособности товарной продукции обеспечивается безотходностью предреализационной подготовки путем доведения качества товарного картофеля до уровня требований евростандарта и переработки нестандартной части урожая на картофеле продукты.

3. Экологичность, чистота продукции и безопасность его производства для окружающей среды могут быть улучшены путем введения в севооборот сидеральной культуры, например, люпина.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Попов В.Д. Технологическая модернизация отраслей растениеводства АПК Северо-Западного Федерального округа / В.Д. Попов, Д.А. Максимов, Ю.Л. Морозов, А.Н. Перекопский, Г.А. Логинов, Н.В. Романовский, А.И. Сухопаров – СПб.: СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2014. – 287 с.
2. Попов В.Д. Технологическая модернизация - основа инновационного развития АПК Северо-Западного региона России / В.Д. Попов, Д.А. Максимов, Ю.Л. Морозов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. – №4. – С. 19 – 22.
3. Логинов Г.А. Оптимизация технико-технологических решений в картофелеводстве / Логинов Г.А., Фомин И.М., и др. - Санкт-Петербург, 2009. – 192 с.
4. . Фомин И. М. Адаптация технико-технологических решений в картофелеводстве к условиям сельхозпроизводителя / И. М. Фомин, А. Н. Васильев, А. М. Захаров // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2011. – №5. – С. 24 – 25.
5. Валге А. М. К обоснованию оптимальных производственных мощностей и размещения пунктов послеуборочной обработки сельскохозяйственного сырья / А. М. Валге, А. Е. Иванов, И. Ф. Никкинен и др. // Сборник научных трудов СЗНИИМЭСХ. – 1976. – Вып. 20. – С. 118 – 122.
6. Устров В.А. Технологическая линия мойки картофеля / Захаров А.М., Логинов Г.А. // Техника и оборудование для села. -2016 -№6. -С.34-36.
7. Сельскохозяйственные рынки России – Аналитический обзор, 3 квартал 2018 года / Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации [Электронный ресурс] <http://ac.gov.ru/files/publication/a/18999.pdf> (дата обращения: 26.05.2019)
8. Способы переработки картофеля и статистика импорта/экспорта продуктов переработки / Союз участников рынка картофеля и овощей [Электронный ресурс]. <https://fruitnews.ru/images/events/2016/10/presentations/Agroprodmas%20Potato%20Gubina%20Tatiana.pdf> (дата обращения: 26.05.2019)
9. Состояние, перспективы развития и меры государственной поддержки овощеводства / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации [Электронный ресурс] https://agrotip.ru/wp-content/uploads/2018/11/Presentatsia_Petra_Chekmareva.pdf (дата обращения: 26.05.2019)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Popov V.D. Tekhnologicheskaya modernizatsiya otraslej rastenievodstva APK Severo-Zapadnogo Federal'nogo okruga [Technological modernization of crop production, agricultural North-West Federal district] / V.D. Popov, D.A. Maksimov, Yu.L. Morozov, A.N. Perekopskij, G.A. Loginov, N.V. Romanovskij, A.I. Suxoparov // – SPb.: SZNIIME`SX Rossel`hozakademii, 2014. – 287 p. [in Russian]
2. Popov V.D. Tekhnologicheskaya modernizatsiya - osnova innovacionnogo razvitiya APK Severo-Zapadnogo regiona Rossii [Technological modernization-the basis of innovative development of agriculture in the North-West region of Russia] / V.D. Popov, D.A. Maksimov, Yu.L. Morozov // Sel'skoxozyajstvenny`e mashiny` i tehnologii [Agricultural machinery and technology]. – 2012. – №4. – P. 19 – 22. [in Russian]
3. Loginov G.A. Optimizatsiya tekhniko-tekhnologicheskix reshenij v kartofelevodstve [Optimization of technical and technological solutions in potato growing] / G.A. Loginov, I.M. Fomin, i dr. - Sankt-Peterburg, 2009. – 192 p.
4. Fomin I. M. Adaptatsiya tekhniko-tekhnologicheskix reshenij v kartofelevodstve k usloviyam sel'xozproizvoditelya [Adaptation of technical and technological solutions in potato farming to the conditions of the agricultural producer] / I. M. Fomin, A. N. Vasil'ev, A. M. Zaxarov // Sel'skoxozyajstvenny`e mashiny` i tehnologii [Agricultural machinery and technology]. – 2011. – №5. – P. 24 – 25. [in Russian]
5. Valge A. M. K obosnovaniyu optimal'ny`x proizvodstvenny`x moshhnostej i razmeshheniya punktov posleuborochnoj obrabotki sel'skoxozyajstvennogo sy'r'ya [To study the optimal capacity and placement of points of postharvest processing of agricultural raw materials] / A. M. Valge, A. E. Ivanov, I. F. Nikkinen and others // Sbornik nauchny`x trudov SZNIIME`SX [Collection of scientific works SZNIIME`SX]. – 1976. – Vy`p. 20. – P. 118 – 122. [in Russian]
6. Ustroe A.A. Tekhnologicheskaya liniya mojki kartofelya [Technological line of potato washing] / A.M Zaxarov, G.A. Loginov // Tekhnika i oborudovanie dlya sela [Equipment and equipment for the village]. -2016 -№6. -S.34-36.
7. Sel'skoxozyajstvenny`e ry`nki Rossii – Analiticheskij obzor, 3 kvartal 2018 goda [Agricultural markets of Russia - Analytical review, 3rd quarter of 2018] / Analiticheskij centr pri Pravitel'stve Rossijskoj Federacii [Analytical center under the Government of the Russian Federation]. [Electronic resource] <http://ac.gov.ru/files/publication/a/18999.pdf> (accessed: 26.05.2019)
8. Sposoby` pererabotki kartofelya i statistika importa/e`ksporta produktov pererabotki [Methods of potato processing and statistics of imports / exports of processed products] / Soyuz uchastnikov ry`nka kartofelya i ovoshhej [Union of participants in the market of potatoes and vegetables]. [Electronic resource]. <https://fruitnews.ru/images/events/2016/10/presentations/Agroprodmas%20Potato%20Gubina%20Tatiana.pdf> (accessed: 26.05.2019)
9. Sostoyanie, perspektivy` razvitiya i mery` gosudarstvennoj podderzhki ovoshhevodstva [State, development prospects and measures of state support for vegetable growing] / Ministerstvo sel'skogo xozyajstva Rossijskoj Federacii [Ministry of Agriculture of the Russian Federation]. [Electronic resource] https://agrotip.ru/wp-content/uploads/2018/11/Presentatsia_Petra_Chekmareva.pdf (accessed: 26.05.2019)

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.010>**МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО ДОБЫЧЕ НЕФТИ**

Научная статья

Лозинская Н.Я. *Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,
Екатеринбург, Россия

* Корреспондирующий автор (lozinskaya21[at]rambler.ru)

Аннотация

В данной работе представлен метод прогнозирования местоположения месторождения по добыче нефти. Исследованы существующие типы скважин и их назначение. Изложены основные характеристики законтурного, приконтурного и внутриконтурного заводнения. На основе изученных данных проведено сравнение заводнений и выбран наиболее оптимальный вариант системы заводнений. После были рассмотрены различные варианты расстановки скважин и проведен их анализ. Рассчитаны плотность сетки скважин, а также отношение начальных извлекаемых запасов нефти к общему количеству скважин.

Ключевые слова: месторождения нефти, приконтурное заводнение, плотность сетки скважин, прогнозирование местоположения скважин.

METHODS OF WELL LOCATION PREDICTION

Research article

Lozinskaya N.Ya. *

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

* Corresponding author (lozinskaya21[at]rambler.ru)

Abstract

This paper presents the method of well location prediction in oil production. The existing types of wells and their purpose are considered. The main characteristics of the edge, marginal and boundary waterflooding are described. On the basis of the studied data, the comparison of the floods was made and the best option of the floodwater system was chosen. After that, various options for well placement were considered and analyzed. Well grid density was calculated, as well as the ratio of the initial recoverable oil reserves to the total number of wells.

Keywords: oil fields, marginal waterflooding, wells density grid, well location prediction.

Введение

Целью данного исследования является прогнозирование местоположения месторождения, отвечающее нескольким критериям: высокий и стабильный уровень добычи нефти, экономичность и экологичность. Данная система организационно-технических мероприятий будет сводиться к выбору сетки размещения скважин, технологии их эксплуатации и определению порядка ввода их в эксплуатацию.

Сравнение видов заводнения

В данном исследовании был выбран внутриконтурный вид заводнения [1], так как он обладает рядом преимуществ по отношению к остальным. Во-первых, внутриконтурное заводнение применимо к широкому спектру пород, в то время как для законтурного требуется повышенная проницаемость, а при заводнении приконтурным методом может наблюдаться отток воды в законтурные области, чем при внутриконтурном. Во-вторых, применение внутриконтурного заводнения позволяет воздействовать на проблемные участки пласта по отдельности, не прибегая к другим методам повышения нефтеотдачи. В третьих, поддерживать стабильно высокие темпы разработки на достаточно больших месторождениях возможно только используя внутриконтурное заводнение (если речь идёт о заводнении), именно этот метод позволяет за короткие сроки добиться максимального уровня добычи нефти. В долгосрочной перспективе, внутриконтурное заводнение является наиболее экологичным и экономичным методом [2].

	Интенсивность	Темп разработки	Экологичность	Отток воды в законтурную область
Внутриконтурное				
Приконтурное				
Законтурное				

Рис. 1 – Виды заводнений

Схема расположения скважин

В данной работе была произведена выборка из 100 скважин, расставленных следующим образом: вдоль оси месторождения - четырьмя рядами по 56 скважин (расстояние между рядами - 500 м, между скважинами - 500 м); крайние скважины в рядах, находящихся ближе к оси, расположены с отступом 1000 м от внутреннего контура нефтеносности, вдоль которого расставлены 44 скважины с интервалом 642 м друг от друга и отступом 500 м от самого контура.

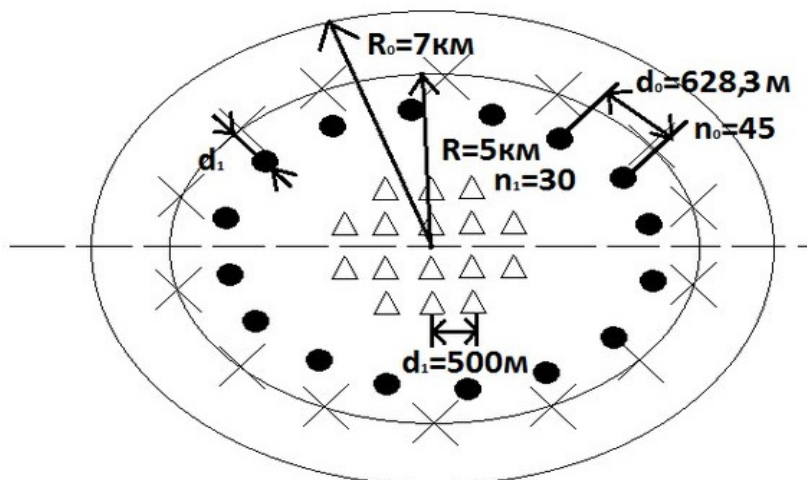


Рис. 2 – Схема расположения скважин



Рис. 3 – Легенда схемы расположения скважин

Этапы работы месторождения

Весь срок разработки месторождения принято делить на три основных этапа. Первый этап - максимально возможное использование естественной энергии пласта [7]. Второй этап - реализация методов поддержания пластового давления [8] путем закачки воды или газа. Третий этап - применение методов увеличения нефтеотдачи.

Сравнение систем внутриконтурного заводнения

Рассмотрим порядок введения скважин в эксплуатацию с учетом их назначения и выберем оптимальный вариант системы заводнений. Для этого было принято решение провести сравнительный анализ сеток. После чего были рассмотрены различные варианты расстановки скважин, и проведен их анализ по следующим параметрам: дебит [3] системы, интенсивность системы заводнения и плотность сетки скважин [6]. Дебит одной скважины может изменяться в широком диапазоне - от 1-2 до нескольких сотен т/сут. Был выбран средний дебит нефти добывающей скважины равным 10 т/сут. Второй параметр - интенсивность заводнения - это отношения числа нагнетательных скважин к числу добывающих. И последняя характеристика - плотность сетки скважин - рассчитывается как отношение площади нефтеносности месторождения к общему количеству скважин; чем меньше плотность сетки, тем дороже проект [4]. Для моего варианта расстановки - вариант А - были рассчитаны средние значения, так как у системы есть особенность: смена режима эксплуатации скважин с течением времени, о чем подробнее будет сказано позже. Проанализировав полученные данные, я пришла к выводу, что мой выбор системы заводнения является оптимальным по сравнению с другими представленными вариантами, а именно - с разрезанием площади месторождения рядами - варианты В, С и с отсечением отдельных площадей для заводнения - вариант D.

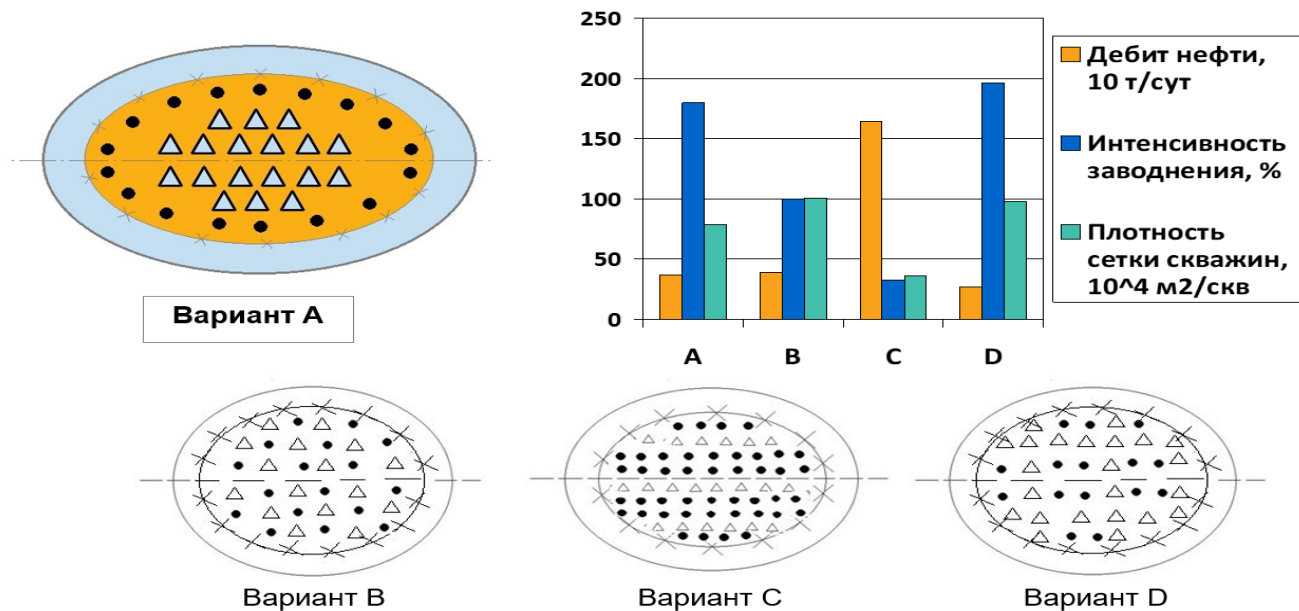


Рис. 4 – Сравнение вариантов расстановки скважин

Режимы работы

Важной особенностью исследования является: изменение способа эксплуатации скважин на определенных этапах разработки месторождения. Изначально все скважины были использованы как добывающие для осуществления фонтанной добычи нефти [5]. Затем, с падением забойного давления, производили перевод части скважин - а именно: расположенные в рядах вдоль оси месторождения - в нагнетательный режим. Это позволило сохранить темпы добычи на какой-то период, но данное месторождение имело форму свода и, через некоторое время, вода начала вытеснять нефть вверх, что привело к росту коэффициента обводненности на скважинах, расположенных вдоль контура. При значениях коэффициента $\approx 90\%$ ещё раз меняется способ эксплуатации скважин: добывающие станут нагнетательными, а нагнетательные - добывающими, за исключением двух расположенных вдоль оси симметрии дальних рядов. Такое изменение позволит повысить общую нефтеотдачу месторождения [9] и снизить коэффициент обводненности добываемой нефти.

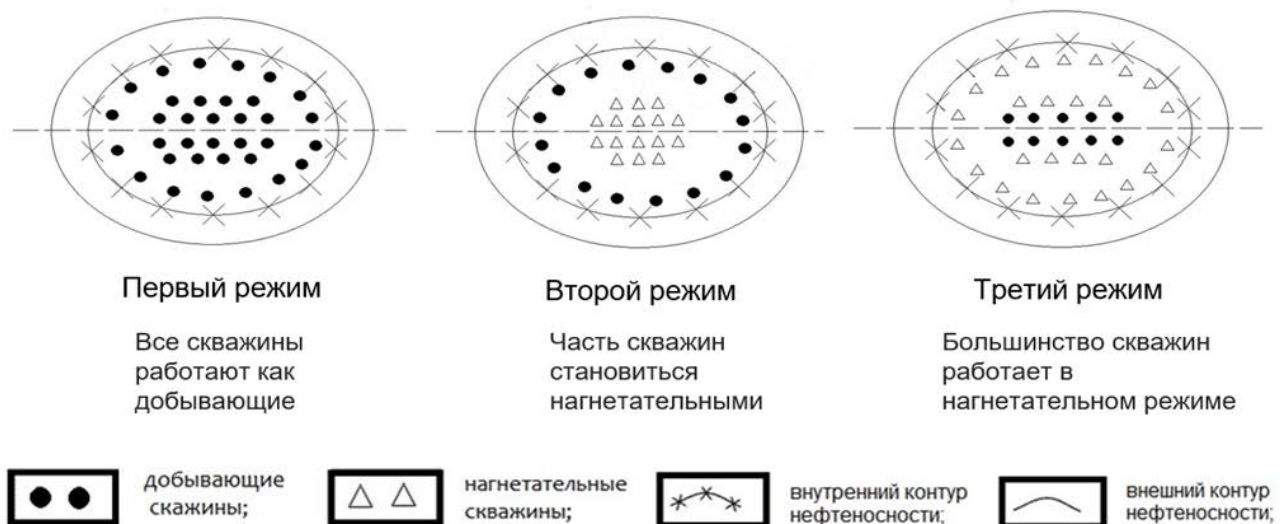


Рис. 5 – Режимы работы скважин

Интенсивность системы

Различие в режимах разработки месторождения хорошо показывает такой параметр как интенсивность - отношение количества нагнетательных скважин к числу добывающих. Итак, на первом этапе заводнение не осуществляется: $\omega = 0$, на втором этапе $\omega = 127\%$; на третьем, когда большинство скважин являются нагнетательными, $\omega = 233\%$.

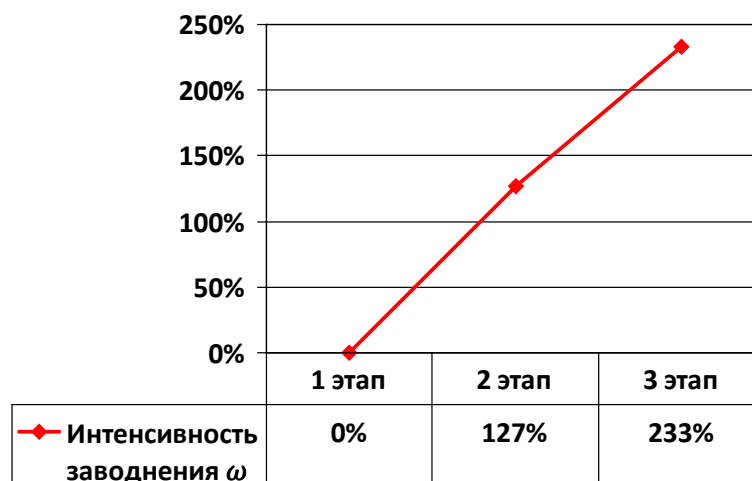


Рис. 6 – Интенсивность системы в зависимости от этапа заводнения

Расчет параметров системы

Для моей системы разработки месторождения я рассчитала следующие параметры: плотность сетки скважин и удельный извлекаемый запас нефти.

Первая характеристика - плотность сетки скважин - отношение площади нефтеносности месторождения к общему числу скважин. Площадь нефтеносности можно оценить, используя тот факт, что форма месторождения близка к круговой: $R = 5$ км, $S = 78.54$ км². Скважин на месторождении планируется разместить порядка ста, получаем: $S_c = 78.54 \cdot 10^4$ м²/скв.

Площадь нефтеносности месторождения S (м²) была оценена по формуле для площади круга (радиус $R = 5 \cdot 10^3$ м):

$$S = \pi R^2 = 78.54 \cdot 10^6 \text{ м}^2 \quad (1)$$

Плотность сетки скважин S_c (м²/скв) – отношение площади S к общему числу скважин $n = 100$:

$$S_c = S/n = 78.5 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{скв} \quad (2)$$

Отношение начальных извлекаемых запасов нефти к общему количеству скважин находим, используя указанное в задании количество извлекаемых запасов на месторождении: $N = 3$ млн. тонн, $N_{кр} = 30$ тыс. т/скв.

Параметр А.П. Крылова [10] $N_{кр}$ (м/скв) – это отношение извлекаемых запасов нефти $N = 3 \cdot 10^6$ тонн к числу скважин n :

$$N_{кр} = N/n = 30 \cdot 10^3 \text{ т/скв} \quad (3)$$

Данные характеристики позволяют сравнивать различные системы разработки месторождений для выбора оптимального плана.

Выводы

Таким образом, описанный план разработки месторождения позволяет добиться высокой нефтеотдачи и стабильного дебита в течение длительного периода времени. К тому же, данный способ предполагает меньшие расходы на строительство скважин, и, соответственно, наносится меньший вред окружающей среде.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Коршак А.А. Основы нефтегазового дела / А.А.Коршак, А.М.Шаммазов
2. Росляк А.Т. Разработка нефтяных и газовых месторождений. Учебно-методическое пособие / А.Т.Росляк
3. Дейк Л.П. Основы разработки нефтяных и газовых месторождений / Л.П.Дейк
4. Месторождения нефти и газа. Пряхин С.И., Брылев В.А. В книге: Географический атлас-справочник Волгоградской области Брылев В.А., Буруль Т.Н., Дьяченко Н.П., Ключникова Н.М., Лобанова Н.А., Монилов С.Н., Пряхин С.И., Ширшов А.Ф. Москва, 2012. С. 16-17.
5. Месторождения нефти и газа. Пряхин С.И., Брылев В.А., Харланов В.А. В книге: Географический атлас-справочник Волгоградской области Брылев В.А., Пряхин С.И., Монилов С.Н., Ширшов А.Ф., Ключникова Н.М., Дьяченко Н.П., Лобанова Н.А., Буруль Т.Н. Под редакцией Брылева В.А.. Москва, 2014. С. 16-17.
6. Гавура В.Е. Геология и разработка нефтяных и газонефтяных месторождений / В.Е.Гавура
7. Чекалюк Э.Б. Термодинамика нефтяного пласта / Э.Б.Чекалюк

8. Еронин В.А. Поддержание пластового давления на нефтяных месторождениях / Еронин В.А., Кривоносов И.В. и др.

9. Слюсарев Н.И. Технология и техника повышения нефтеотдачи пластов / Слюсарев Н.И.

10. Муравьев И.М. Эксплуатация нефтяных месторождений / Муравьев И.М., Крылов А.П.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Korshak A.A. Osnovy neftegazovogo dela" [Basics of Oil and Gas Business] / A.A.Korshak, A.M. Shammazov [In Russian]

2. Roslyak Razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy. [Development of Oil and Gas Fields] / A.T.Roslyak Teaching Guide [In Russian]

3. Dake L.P. Osnovy razrabotki neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy [Fundamentals of Developing Oil and Gas Fields] / L.P.Dake [In Russian]

4. Mestorozhdeniya nefti i gaza. Pryakhin S.I., Brylev V.A., Kharlanov V.A. V knige: Geograficheskiy atlas-spravochnik Volgogradskoy oblasti [Oil and Gas Fields. Pryakhin S.I., Brylev V.A., Kharlanov V.A. In the book: Geographical Atlas Reference Book of the Volgograd Region] Brylev V.A., Pryakhin S.I., Monikov S.N., Shirshov A.F., Klyushnikova N.M., Dyachenko N.P., Lobanova N.A. , Burul T.N. Edited by V. Brylev. Moscow, 2014. P. 16-17. [In Russian]

5. Gavura V.E. Geologiya i razrabotka neftyanykh i gazonefityanykh mestorozhdeniy [Geology and Development of Oil and Gas Fields] / V.E.Gavura [In Russian]

6. Chekaliuk E.B. Termodinamika neftyanogo plasta [Thermodynamics of Oil Reservoir] / E.B.Chekaliuk [In Russian]

7. Yeronin V.A. Podderzhanie plastovogo davleniya na neftyanykh mestorozhdeniyakh [Maintaining Reservoir Pressure in Oil Fields] / eronin V.A., Krivonosov I.V. and others [In Russian]

8. Slyusarev N.I. Tekhnologiya i tekhnika povysheniya nefteotdachi plastov [Technology of Enhanced Oil Recovery] / Slyusarev N.I. [In Russian]

9. Muravyev I.M. Ekspluatatsiya neftyanykh mestorozhdeniy [Exploitation of Oil Fields] / Muravyev I.M., Krylov A.P. [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.011>

О ВЫБОРЕ ПРОЕКЦИЙ И ПРИМЕНЕНИИ УСЛОВНОСТЕЙ В КУРСЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ

Научная статья

Михеенкова Е.С.¹ *, Смирнова В.И.²

¹ ORCID: 0000-0002-0876-8490;

² ORCID: 0000-0002-9741-6699;

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (cathy22jan[at]mail.ru)

Аннотация

В статье рассматриваются основные проблемы, с которыми сталкиваются студенты графических дисциплин в техническом ВУЗе. Авторы делятся уникальными педагогическими наблюдениями о затруднениях, возникающих у студентов в разделении понятий проекционного черчения и машиностроительного. Предложены пути их решения: систематизация учебного материала, способы взаимоувязывать конструкторскую документацию, методы выявления форм деталей на чертежах, логическое обоснование простановки размеров, использование условностей.

Ключевые слова: инженерная графика, условности, проекции, конструирование, геометрия, чертеж, черчение.

THE SELECTION OF PROJECTIONS AND APPLICATION OF CONVENTIONS IN THE COURSE OF ENGINEERING GRAPHICS

Research article

Mikheenkova E.S.¹ *, Smirnova V.I.²

¹ ORCID: 0000-0002-0876-8490;

² ORCID: 0000-0002-9741-6699;

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

* Corresponding author (cathy22jan[at]mail.ru)

Abstract

The article discusses the main problems faced by the students of graphic disciplines in a technical university. The authors share unique pedagogical observations about the difficulties encountered by the students when trying to separate the concepts of projection drawing and machine-building. The ways to overcome the difficulty are proposed: Systematization of educational material, ways to interconnect design documentation, methods for identifying the form of parts in drawings, rationale for dimensioning and use of conventions.

Keywords: engineering graphics, conventions, projections, design, geometry, drawing, drafting.

Инженерная графика является первой технической дисциплиной, при изучении которой студент знакомится с технической терминологией, широким кругом технических понятий, вопросами конструирования и технологий изготовления машин и другими специальными сведениями. Однако знаний правил и приемов начертательной геометрии и проекционного черчения, приобретаемых в начале курса инженерной графики оказывается недостаточным для машиностроительного черчения и применения упрощений и условностей вычерчивания машин их узлов, деталей, приспособлений, металлических конструкций и т. п.

В технике, в машиностроении изображения получают с помощью особого процесса, который называют проецированием. Таким образом, полученные изображения по имени этого процесса называют проекциями. В этом смысле не только начертательную геометрию и проекционное черчение, но и машиностроительное черчение, преподаваемое в ВУЗе, можно называть геометрией проекций.

Значит, наша наука открывает возможности, исследуя изображение (или, другими словами, умение на них решать позиционные и метрические задачи), тем самым судить о позиционных и метрических свойствах оригинала в пространстве, то есть трёхмерного образа по двумерному образу, полученного в результате проецирования [7].

Такой подход к делу был предложен в свое время Гаспаром Монжем, который изображал не реальные объекты, а лишь их геометрические модели, состоящие из простейших геометрических образов: из точек, прямых, плоскостей, отсеков поверхностей. Следовательно, инженер всегда реальное изделие, точнее его поверхность, может представить в виде сочетания этих простейших образов и решить все геометрические задачи о поверхности этого объекта. После чего он сможет решать и другие инженерные задачи: какую придать этой поверхности внутреннюю фактуру, из какого материала изготовить, рассчитать прочностные и деформационные характеристики и т.д.

К любому рабочему чертежу предъявляются два основных требования: возможность мысленного представления детали и возможность изготовления данной детали по чертежу. Если в курсе начертательной геометрии или проекционного черчения достаточно выполнения первого требования, то в последующем курсе машиностроительного черчения необходимо соблюдение обоих требований. Причем, основным является второе – возможность изготовления, проверки после изготовления, что часто вызывает трудности восприятия у студентов, обычно не имеющих производственных навыков.

Элементарный, но принципиальный факт, который лежит в основе двух видов деятельности инженера. Прямая задача начертательной геометрии является геометрическим аналогом, принципиальным элементом будущей конструкторской деятельности. А обратная: представим деятельность технолога - он не создаёт чертёж изделия, он должен организовать его изготовление так, чтобы люди, исполнители, рабочие, техники на оборудовании отрезали, сверлили, делали технологические операции по данным размерам чертежа. Значит, чертеж организует труд не только

конструктора, но и технолога, потому что он по чертежу читает метрику и организует работу оборудования. Однако учебные чертежи по курсу «Инженерная графика» составляют студенты, не изучившие еще целого ряда общинженерных дисциплин [2].

Если мы обратимся к деятельности конструктора или деятельности технолога, то мы увидим, что они решают либо прямую, либо обратную задачу геометрии, только в более сложных ситуациях. Хороший инженер – он всегда грамотный конструктор и грамотный технолог. А это и есть задача обучения студентов – подготовка к инженерной деятельности высококлассных, конкурентоспособных специалистов, востребованных на рынке интеллектуального труда, которые смогут внести свой вклад в развитие России [1].

В настоящее время принято руководствоваться правилом: если намечаемая проекция имеет больше одного решения, она необходима [10]. Например, при двух изображениях детали, имеющей форму параллелепипеда, потребуется третье, иначе форма не будет однозначно определена. Согласно этому правилу четырехгранные призмы требуют представления тремя проекциями или одной проекцией и сечением.

Для определения необходимости выполнения той или иной проекции следует оценить возможность изготовления детали по чертежу, то есть возможность представления наиболее простого изображения, ясного показа размеров, обработки и других технических указаний даже при полном проекционном прочтении формы [9]. Для этого приходится прибегать к некоторым искусственным приемам. Исторически, по мере развития чертежа, стало больше передаваемой информации, на их выполнение стало уходить больше времени. Соответственно, чертежи стали постепенно упрощать, применяя различные условности, надписи и прочее [4].

А как обстоит дело в машиностроительном черчении? Появляется понятие конструкторской документации процесса проектирования изделий, а именно создание эскизного проекта изделия, технического проекта, рабочих чертежей деталей [8].

К примеру, создание чертежа вентиля. На этапе технического предложения должно быть решено множество вопросов о конструкции вентиля, принципе его работы, составных частях, габаритах, наконец, его стоимости. Отсюда возникают вопросы, решаемые конструктором, а затем технологом, но в курсе проекционного черчения аспекты не рассматривались. На этапах эскизного проекта и технического решаются вопросы, касающиеся содержания конкретного воплощения каждого изделия, входящего в данную сборочную единицу. Например, на рабочем чертеже корпуса вентиля главное изображение выбирается исходя из того, как этот корпус расположен в рабочем положении (вертикально, горизонтально). Такие детали, как валы, шпиндели, шатуны, винты ходовые, исходя из условий обработки, преимущественно изображают с осью, параллельной основной надписи. Плоские детали требуют одного изображения – контурного очертания детали, а второе изображение, где должна быть показана толщина детали, заменяет строчная буква *s*, включенная в размер. При выборе количества изображений, например, штока, имеющего цилиндрическую форму, достаточно главного вида и знака диаметра, при этом мы руководствуемся ГОСТом 2.305 – 2008 – «Изображения – виды, разрезы, сечения», о чем в проекционном черчении не говорилось [5].

Однако условности и упрощения, устанавливаемые правилами ГОСТ, не могут обеспечить все многообразие возникающих ситуаций, поэтому при выборе выявления формы следует опираться на следующие основные положения.

Во-первых, верность самого приема выявления на чертеже, выбор основного изображения определяется возможностью мысленно однозначно представить форму объекта. Разумеется, чертеж при этом должен быть общепонятным, не допускающим разночтений и соответствующим современным требованиям ГОСТ.

Во-вторых, проекция или ее часть на чертеже необязательна, если ее отсутствие не препятствует четкой простановке размеров и технических указаний. То есть, дополнительные проекции или вынесенные сечения для более полного и точного показа размеров и обработки необходимы даже при проекционной определенности рассматриваемой детали [6].

В-третьих, количественная достаточность информации может контролироваться отсутствием повторения видов, разрезов, сечений, размеров и других надписей и условных знаков, то есть может служить подтверждением идентичности непоказанных элементов. Например, при наличии нескольких равномерно расположенных элементов предмета (зубья колеса храпового механизма и отверстий на нем) показывают один-два таких элемента, а остальные изображают упрощенно или условно, но так, чтобы была сохранена ясность расположения всех элементов [3].

Рассмотрим в качестве примера гайку накидную (рис.1). Наибольшую информацию о поверхности дает проекция, на которую шестигранник проецируется тремя гранями. Также на главном изображении выявляется образующая фаски. Для полного выявления форм детали выполняется и проекция, где шестигранная призма проецируется в шестиугольник. Наибольшее количество поверхностей гайки получено точением, поэтому ось располагаем параллельно основной надписи. Для выявления внутреннего устройства применяется фронтальный разрез.

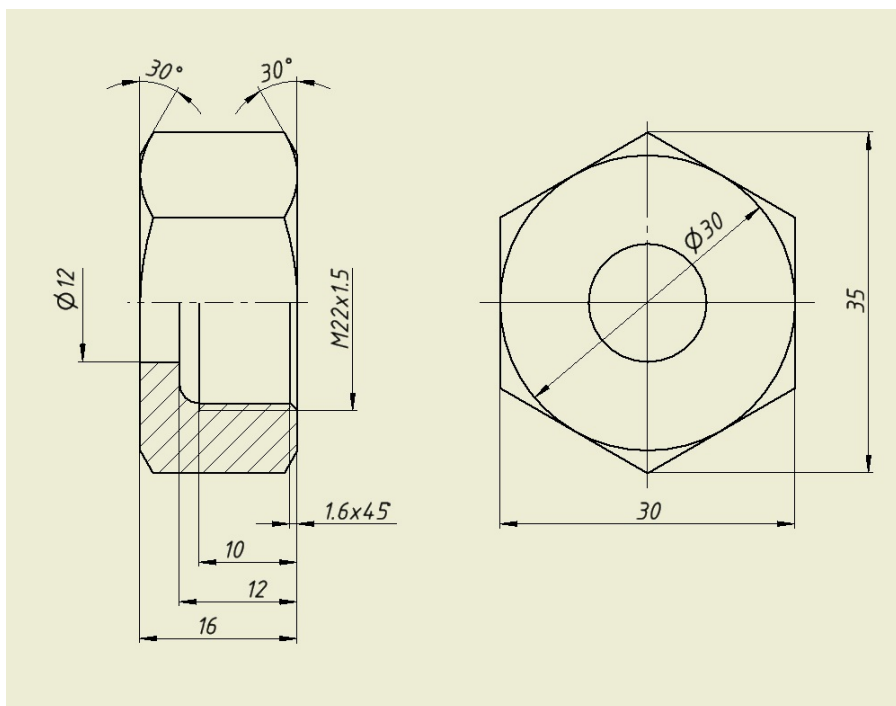


Рис.1 – Чертеж детали «Гайка накидная»

Анализируя приемы проставления размеров на рабочих чертежах, следует упомянуть: параллельность прямых, а также концентричность кривых для различных линий (контурных, осевых и так далее) размерами можно не подтверждать, прямой угол (перпендикулярность прямых) или деление окружности на равные части размерами подтверждать также необязательно. При выполнении сборочных чертежей возникает вопрос о сопряженных размерах, обеспечивающих соединение деталей и работу всего изделия и масса других вопросов, связанных с выполнением конструкторской документации. Анализ главных условий разрезов, сечений, знака диаметра, недоговорённостей и упрощенных изображений помогает сделать ряд необходимых в практике черчения выводов.

- Разрез, выполненный любым количеством секущих плоскостей или цилиндрических поверхностей, будет верным, если он не приведёт к появлению линий, не существующих при данном направлении проектирования до разреза.

- Знаки при размерах диаметра нужно понимать не только как знаки, подтверждающие окружности, а главным образом как знаки, заменяющие собой проекции. Проекция в виде концентрических окружности на рабочих чертежах не имеют смысла, так как их вполне заменяют знаки диаметра при размерах диаметра.

- Знак диаметра является главным условием, то есть условием, от которой практика черчения никогда и ни в какой стране не откажется. Все хорды круга, проходящие через центр, называют словом «диаметр», которое заменяют знаком \varnothing . Также называют прямую, проходящую через центр сферы и соединяющую её противоположные точки. В машиностроении поверхности вращения имеют широкое применение (80 – 90 % всех кривых поверхностей), в то время как квадраты встречаются относительно редко. Знак диаметра нельзя приравнивать по значению знаку квадрата при размерах квадрата так как: знак диаметр заменяет собой проекцию и облегчает простановку технических указаний на чертежах, в то время как отсутствие второй проекции не позволяет поставить различную чистоту поверхности на разных гранях квадрата.

- С практической точки зрения на чертежах деталей объединение половины вида с половиной разреза для симметричных проекций можно допускать только в тех случаях, когда при составлении и чтении чертежа обойтись без наружного вида невозможно. Например, изображать половину вида и половину разреза для шкива или втулки бессмысленно, так как такое объединение может привести к затруднениям при простановке размеров, обработки и других технических указаний.

Назначение разреза, приведённое в ГОСТ 2.305-84, является неполным, поэтому в учебных целях его следует заменить следующим: разрезы, как и другие главные условия машиностроительного черчения (сечения, знак диаметра, недоговорённости и упрощения), служат для улучшения обычных проекций. А именно, для замены нужных, но невидимых штриховых линий сплошными; удаления частей детали, выявленных другими проекциями; удаления с проекций искажённых геометрических форм и сложных построений линий перехода; для объединения на одной проекции двух направлений проектирования без искажения геометрических форм и без понижения удобства простановки размеров и других технических указаний.

Машиностроительное черчение, на сегодняшний день, необходимо студентам, так как позволяет понимать и выполнять любые машиностроительные чертежи и самостоятельно разбираться во всей технической документации, относящейся к чертежам. Особое значение приобретает изучение стандартов чертежей, которые создают единство в оформлении чертежей и обеспечивают тесную связь между изучаемым в ВУЗе и применяемым на практике.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Амелина К.Е. Инженерная графика в учебных планах магистратуры Управление интеллектуальной собственностью / Амелина К.Е., Михеенкова Е.С. Перспективы науки. 2017. № 12 (99). С. 82-86.
2. Барканова Д.С. Введение в логику ЕСКД в курсе инженерной графики / Д.С. Барканова. – М.: Издательство стандартов, 1994. – 168 с.
3. Боголюбов С.К. Инженерная графика: Учебник для средних специальных учебных заведений / С.К. Боголюбов. – 3-е изд., испр. и дополн. – М.: Машиностроение, 2002. – 352 с.
4. Ботвинников А.Д. Черчение: учеб. для общеобразоват. учреждений / А.Д. Ботвинников, В.Н. Виноградов, И.С. Вышнепольский. – 4-е изд., дораб. – М.: АСТ: Астрель, 2008. – 221 с.
5. ГОСТ 2.305-2008 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Изображения – виды, разрезы, сечения.
6. ГОСТ 2.307-2011 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Нанесение размеров и предельных отклонений.
7. Жирных Б.Г., Серёгин В.И., Шарикиан Ю.Э. Начертательная геометрия: учебник. / Под общ. ред. В.И.Серегина – 1-е изд. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – 168 с.: ил.
8. Михеенкова Е.С., Муравьев К.А., Смирнова В.И. Особенности выявления внутреннего инженерно-технического потенциала студентов в ходе изучения курса инженерной графики: / В сборнике: Одаренность: методы выявления и пути развития Сборник статей, докладов и материалов Всероссийской конференции. В 2-х частях. Ответственные редакторы А.А. Александров, В.К. Балтыан. 2018. С. 82-87.
9. Фролов С.А., Воинов А.В., Феоктистова Е.Д. Машиностроительное черчение - М.: Машиностроение 1981. – 304 с.
10. Чекунов Ю.И., Шарикиан Ю.Э., Бочарова И.Н. Чтение и детализирование чертежей общего вида сборочных единиц: методические указания. - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2004. – 92 с.: ил.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Amelina K.E. Inzhenernaya grafika v uchebnyh planah magistratury "Upravlenie intellektualnoj sobstvennostyu" [Engineering graphics in master's program "Management of Intellectual Property"] / Amelina K.E., Miheenkova E.S. Perspektivy nauki [Science Prospects]. 2017. № 12 (99). P. 82-86. [in Russian]
2. Barkanova D.S. Vvedenie v logiku ESKD v kurse inzhenernoj grafiki [Introduction to logic of ESKD engineering graphics course]/ D.S. Barkanova. – M.: Publishing house standartov [Standards Publishing House], 1994. – 168 p. [in Russian]
3. Bogolyubov S.K. Inzhenernaya grafika: Uchebnik dlya srednih special'nyh uchebnyh zavedenij [The student book for secondary special educational institutions]/ S.K. Bogolyubov. – 3-e edition., ispr. i dopoln. – M.: Mashinostroenie [Machine-building], 2002. – 352 p. [in Russian]
4. Botvinnikov A.D. Cherenie: ucheb. dlya obshcheobrazovat. uchrezhdenij [Drawing: the student book for general educational institutions]/ A.D. Botvinnikov, V.N. Vinogradov, I.S. Vyshnepolskij. – 4-e edition., dorab. – M.: ACT: Astrel' [ACT: Astrel], 2008. – 221 p. [in Russian]
5. GOST 2.305-2008 Edinaya sistema konstruktorskoj dokumentacii (ESKD). Izobrazheniya – vidy, razrezy, secheniya [GOST 2.305-2008 Unified system of design documentation (USDD). Images – sectional views, sections]. [in Russian]
6. GOST 2.307-2011 Edinaya sistema konstruktorskoj dokumentacii (ESKD). Nanesenie razmerov i predel'nyh otklonenij [GOST 2.307-2011 Unified system of design documentation (USDD). Dimensioning and the tolerances]. [in Russian]
7. Zhirnyh B.G., Seryogin V.I., Sharikyan Yu.E. Nachertatel'naya geometriya: uchebnik. [Descriptive Geometry: student book] / Pod obshch. red. V.I. Seregina – 1-e edition. – M.: Publishing house MGTU im. N.E. Bauman [Moscow: Bauman MSTU], 2015. – 168 p.: il. [in Russian]
8. Miheenkova E.S., Murav'ev K.A., Smirnova V.I. Osobennosti vyyavleniya vnutrennego inzhenerno-tekhnicheskogo potentsiala studentov v hode izucheniya kursa inzhenernoj grafiki [Characteristic features of identifying internal engineering and technical abilities of students in engineering graphics course]: / V sbornike: Odarennost: metody vyyavleniya i puti razvitiya Sbornik statej, dokladov i materialov Vserossijskoj konferencii. V 2-h chastyah. [In the collection: Talent: methods of identification and ways of development Collection of articles, reports and materials of the all-Russian conference. In 2 parts.] Otvetstvennye redaktory A.A. Aleksandrov, V.K. Baltyan. 2018. P. 82-87. [in Russian]
9. Frolov S.A., Voinov A.V., Feoktistova E.D. Mashinostroitel'noe cherenie [Machine-building drawing] - M.: Mashinostroenie [Machine-building] 1981. – 304 p. [in Russian]
10. Chekunov Yu.I., Sharikyan Yu.E., Bocharova I.N. Chtenie i detalirovanie chertezhej obshchego vida sborochnykh edinic: metodicheskie ukazaniya [Reading and detailing of general view drawings of assembly units: methodological guidelines]. - M.: Publishing house MGTU im.N.E.Bauman, 2004. – 92 p.: il. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.012>**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХОЛОДА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Научная статья

Гринкруг М.С.¹, Зайченко И.В.², Соколова В.С.^{3,*}^{1, 2, 3} Комсомольский-на-Амуре государственный университет, Комсомольск-на-Амуре, Россия

* Корреспондирующий автор (sokolova.v.s[at]mail.ru)

Аннотация

Целью исследования является обоснование экономической целесообразности использования абсорбционных холодильных машин для производства холода. В работе проводилось сравнение характеристик парокомпрессионных установок и абсорбционных машин. Была приведена схема абсорбционной тепловой машины и описание ее работы. Рассчитана стоимость 1 кВт·ч холода производимого абсорбционной тепловой машиной для разных видов топлив.

Ключевые слова: абсорбционная холодильная машина, тепловая энергия, производство холода.

USE OF ABSORPTION REFRIGERATING MACHINES FOR THE PRODUCTION OF COLD UNDER CURRENT CONDITIONS

Research article

Grinkrug M.S.¹, Zaichenko I.V.², Sokolova V.S.^{3,*}^{1, 2, 3} Komsomolsk-on-Amur State University, Komsomolsk-on-Amur, Russia

* Corresponding author (sokolova.v.s[at]mail.ru)

Abstract

The aim of the study is to justify the economic feasibility of using absorption refrigerating machines for the production of cold. In this paper, we compared the characteristics of vapour compression plants and absorption machines. An outline of the absorption heat engine and a description of its operation were given. The cost of 1 kWh of cold produced by an absorption heat engine for different types of fuels is calculated.

Keywords: absorption refrigerating machine, heat energy, cold production.

Введение

В настоящее время в холодильных машинах и установках для кондиционирования воздуха для производства холода, как правило, используются установки, работающие по парокомпрессионному циклу [4]. Схема такой установки приведена на рисунке 1.

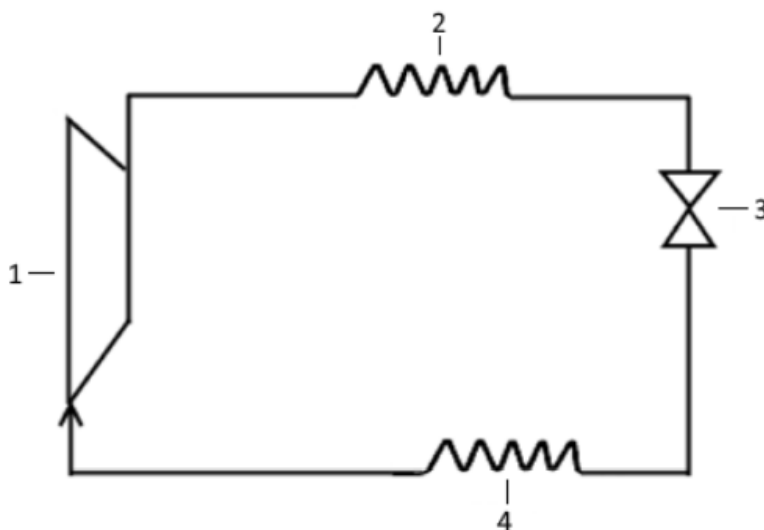


Рис. 1 – Схема парокомпрессионной установки:

1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – дроссель; 4 – испаритель

Рабочее тело сжимается компрессором и попадает в конденсатор, где отдает тепло при высокой температуре и переходит в жидкое состояние. После конденсатора оно направляется в дросселирующее устройство, где его давление уменьшается. Затем рабочее тело поступает в испаритель, где при переходе в газообразное состояние (испарение), где отбирает тепло от охлаждаемой среды или тел. В качестве рабочего тела в испарителе системах машин обычно, который представляет собой углеводород, в котором часть атомов водорода замещена системами фтора [2].

Наиболее часто используются фреоны марок 12, 21, 22. Во фреоне марки R-22, который получают из метана, один атом водорода замещается атомом хлора, а два атома водорода - атомами фтора. Такой фреон имеет формулу CHF_2Cl , его называют хладон и он является наиболее широко применяемым хладоном во всем мире. Фреон марки R-12, этот фреон называют дифтордихлорметан, газ молекулы которого состоят только из молекул этого самого фреона 12

или CF_2Cl_2 , его температура кипения равна $-29,74^\circ \text{C}$. Фреон R-21 с наименованием фтордихлорметан, имеет температуру кипения $8,7^\circ \text{C}$, и химическую формулу CFCI_2H [7].

Основных недостатков у парокомпрессионных установок для производства холода два:

1) Часто в них в качестве рабочего тела используют фреоны фтор и хлор содержащие соединения органических веществ. Они очень вредно влияют на озоновый слой атмосферы [5].

2) В качестве привода компрессора используют, как правило, электродвигатель.

В ряде районов крайнего севера и Дальнего Востока электроэнергия в населенных пунктах производится на дизельных электростанциях. Цена её высока и достигает 30-80 руб. за кВт час. При этих условиях возникает возможность использования абсорбционных холодильных машин для производства холода [9]. Их применение может оказаться экономически целесообразным.

Схема работы абсорбционной тепловой машины представлена на рисунке 2.

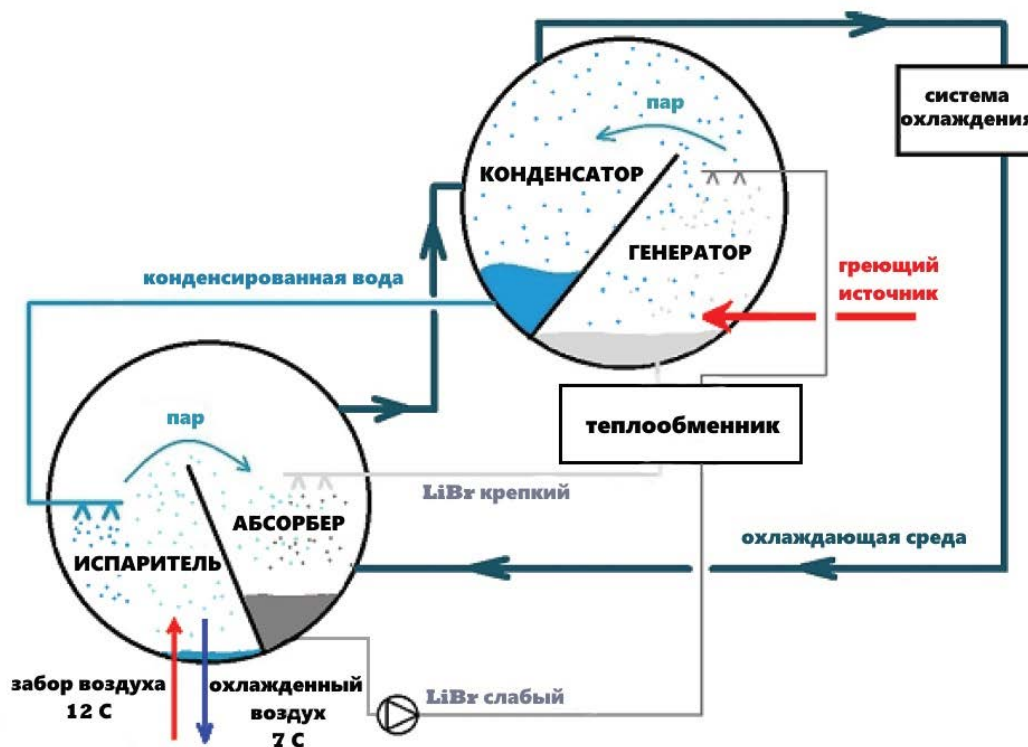


Рис. 2 – Структурно-функциональная схема абсорбционного цикла

Она работает следующим образом. Смесь вода-хладагент кипит в испарителе в условиях пониженного давления при пониженной температуре. Далее хладагент подается на поверхность труб, по которым циркулирует охлаждаемый воздух температурой. При этом происходит кипение хладагента, что позволяет отнимать теплоту от труб с воздухом, тем самым подавая охлажденный воздух потребителю. Чтобы поддерживать давление в испарителе необходимо удалять пар, образовавшийся в процессе кипения хладагента. Данную функцию выполняет абсорбер. В абсорбере происходит поглощение пара хладагента, раствором, который обладает высоким абсорбирующим свойством, увеличивающегося при понижении температуры раствора. В абсорбере раствор, подаваемый из генератора, понижает свою концентрацию, поглощая пары хладагента. Процесс абсорбции является реакцией с выделением теплоты, которая отводится охлаждающей средой. Далее слабый раствор проходит через теплообменник и повышает свою температуру за счет теплообмена с концентрированным раствором, поставляемым генератором. В генераторе, путём подвода тепловой энергии греющего источника, происходит выпаривание воды из слабого раствора хладагента, который за счет этого становится концентрированным и снова направляется в абсорбер. Из генератора в конденсатор поступает водяной пар, где конденсируется посредством отвода теплоты конденсации к охлаждающей среде. Сконденсировавшийся из водяных паров хладагент снова поступает в испаритель. Затем цикл повторяется заново [1].

В качестве рабочей среды в абсорбционных тепловых машинах чаще всего используют водные растворы бромистого лития или аммиака [8].

Абсорбционные машины имеют только два недостатка:

1. Они не могут работать при температуре существенно ниже нуля из-за замерзания воды.
2. Пониженный по сравнению с парокомпрессионными холодильными машинами холодильный коэффициент, а следовательно, меньшая экономичность рассчитанная на первичной энергии.

Однако стоимость первичной энергии может быть различна в разных условиях.

Для парокомпрессионной холодильной машин это стоимость электроэнергии, которая в автономных системах электроснабжения может быть очень высокой. Для абсорбционных тепловых машин первичная энергия является тепловой энергией и её стоимость может быть достаточно низкой. В этих условиях абсорбционные холодильные машины могут иметь преимущество при выработке холода в виде более низкой его стоимости.

В результате сравнительного анализа парокомпрессионных установок и абсорбционных машин было выявлено, что парокомпрессионные машины имеют наивысшие экономические характеристики, а мерой совершенства холодильных машин служит холодильный коэффициент равный отношению количества произведенного холода к затраченной на это работе. Для компрессионных машин он составляет 3 - 3,5. Существенным является то, что источником энергии для абсорбционной холодильной машины является тепловая энергия. Движущихся частей приводимых от двигателей он не имеет. Холодильный коэффициент для таких машин рассчитывается как количество произведенного холода, отнесенное к потребленной тепловой энергии. Для одноступенчатых машин холодильный коэффициент составляет примерно 0,6, а для многоступенчатых может достигать 1,2 – 1,3 [3,10].

Рассмотрим экономическую целесообразность применения абсорбционных холодильных машин для производства холода в населенных пунктах с автономными системами электроснабжения.

Стоимость 1 кВт часа холода для компрессионной установки составит

8,6-26,7 руб. При использовании абсорбционной машины в качестве топлива можно применить низкооктановый бензин, керосин, дизельное топливо и газ. Их цена составляет 40-50 руб./л. при плотности $(0,70-0,8-1) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Теплотворная способность этих топлив составляет $(42, 40,8, 42,7) \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ и 33,5 мДж на 1 м³ для газа [6].

При этих условиях с учетом коэффициента полезного действия горелки равного 0.95 была рассчитана стоимость 1 кВт часа холода для одноступенчатой абсорбционной машины. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Стоимость 1 кВт·ч холода производимого абсорбционной тепловой машиной для разных видов топлив

	Бензин А 80	Газ природный	Керосин	Дизельное топливо
Объем	1 л	1 м ³	кг	1 л
Масса	0,7 кг	-	кг	1 кг
Стоимость, руб.	40,00	6	47	50
Полученное тепло, мДж	29,4	33,5	40,8	42,7
С учетом кпд	28	31,8	38,8	40,6
Количество холода, кВт·ч $K_{\phi}=0,6$	4,67	5,3	5,47	6,8
Стоимость, 1 кВт ч. холод/руб.	8,57	1,13	8,59	7,35

Заключение

Проанализировав результаты расчета, следует сделать следующие выводы.

1) Из приведенного расчета видно, что применение абсорбционных холодильных машин в населенных пунктах с автономными источниками электроснабжения является экономически целесообразным решением, а при использовании двухступенчатой системы охлаждения еще и экономически выгодным по сравнению с парокомпрессионными установками.

2) Использование в качестве топлива природного газа дает существенную экономию затрат на производство холода при применении даже одноступенчатой схемы.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. АБХМ на газе и дизеле // ABXM-THERMAX.RU : сайт ООО «Энергия холода» официальный представитель Thermax. 2016. URL: <http://abxm-thermax.ru/abxm/abxm-na-gaze-i-dizele/> (дата обращения 29.04.2018).
2. Бабакин, Б. С. Альтернативные хладагенты и сервис холодильных систем на их основе / Б.С. Бабакин, В.И. Стефанчук, Е.Е. Ковтунов. – М.: Колос, 2000. – 160 с.: ил.
3. Вычужанин, В. В. Научно-технические основы повышения эффективности функционирования абсорбционных холодильных машин / В. В. Вычужанин // Вестник Одесского национального морского университета. – 2010. - № 31. – С. 94-115.
4. Кротов, А.С. Исследование динамических характеристик парокомпрессионных холодильных машин на многокомпонентных смесях хладагентов: дис. канд. техн. наук: 05.04.03. - М., 2011. - 178 с.
5. Монреальский протокол по веществам разрушающим озоновый слой // UN.ORG : URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/montreal.pdf (дата обращения: 14.03.2019)
6. Нащокин, В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: Учебное пособие для неэнергетических специальностей вузов / В.В. Нащокин // М.: «Высшая школа», 1975. – 496 с.
7. Никитин А.А. Хладагенты и хладоносители систем кондиционирования воздуха / А.А. Никитин, Т.В. Рябова, А.В. Василенок, В. А. Павловская // «Холодильная техника и кондиционирование». Научный журнал НИО ИТМО. – 2015. - № 3. – С 7-12.
8. Розенфельд, Л. Диаграмма концентрация – энтальпия раствора бромистый литий-вода для расчета абсорбционных холодильных машин / Л. Розенфельд // Холодильная техника. – 1995. - № 3. – С. 37-45.

9. Соколова, В. С. Применение и проблемы распространения абсорбционных холодильных машин / В. С. Соколова, И. В. Зайченко // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению материалы международной научно-практической конференции, г. Комсомольск-на-Амуре, 29-30 сентября 2017 г. / редкол.: С.В. Бельх (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2017. – С 135-137.

10. Шмуйлов, Н.Г. Исследование абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин АБХА-2500 в Ленинградском объединении «Светлана»/ Н.Г. Шмуйлов, Ю.А. Вольных, ИМ. Розенфельд и др. // Холодильная техника. – 2013. – №12. – С. 7-12.

Список литературы на английском языке / References in English

1. ABKhM na gaze i dizele [ABHM Gas and Diesel] // ABHM-THERMAX.RU : Energy Cold Ltd. website official representative Thermax. 2016. URL: <http://abxm-thermax.ru/abxm/abxm-na-gaze-i-dizele/> (accessed: 29.04.2018). [In Russian]

2. Babakin B. S. Alternativnye khladagenty i servis kholodilnykh sistem na ikh osnove [Alternative Refrigerants and Refrigerating Systems Based on Them] / B.S. Babakin, V.I. Stefanchuk, E.E. Kovtunov. – M.: Kolos, 2000. – 160 p., Ill. [In Russian]

3. Vychuzhanin V. V. Nauchno-tehnicheskie osnovy povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya absorbtionnykh kholodilnykh mashin [Scientific and Technical Basis for Improving the Efficiency of Absorption Refrigerating Machines] / V. Vyuzhuzhanin // Vestnik Odeskogo natsional'nogo morskogo universiteta [Bulletin of the Odessa National Maritime University. – 2 10. – No.31. – P. 94-115. [In Russian]

4. Krotov A.S. Issledovanie dinamicheskikh kharakteristik parokompressionnykh kholodilnykh mashin na mnogokomponentnykh smesyakh khladagentov: dis. kand. tehn. nauk: 05.04.03. [Study of Dynamic Characteristics of Vapour Compression Refrigerators on Multi-component Mixtures of Refrigerants: Abstract Thesis of PhD in Engineering: 05.04.03] – M., 2011. – 178 p.

5. Monreal'skii protokol po veshchestvam razrushayushchim ozonovyi sloi [Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer] // UN.ORG: URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/montreal.pdf (accessed: 14.03.2019) [In Russian]

6. Nashchokin V.V. Tehnicheskaya termodinamika i teploperedacha: Uchebnoe posobie dlya neenergeticheskikh spetsialnostey vuzov [Technical Thermodynamics and Heat Transfer: Manual for Non-energy Specialties of Universities] / V.V. Nashchokin // M.: «Vysshaya shkola», 1975. – 496 p. [In Russian]

7. Nikitin A.A. Khladagenty i khladonositeli sistem konditsionirovaniya vozdukha [Refrigerants and Cooling Agents for Air Conditioning Systems] / A.A. Nikitin, T.V. Ryabova, A.V. Vasilenok, V. A. Pavlovskaya // «Kholodil'naya tekhnika i konditsionirovaniye». Nauchnyy zhurnal NIO ITMO. [“Refrigeration and Air Conditioning.” Scientific Journal Research Institution ITMO.] – 2015. – No.3. – P. 7-12. [In Russian]

8. Rosenfeld L. Diagramma kontsentratsiya – entalpiya rastvora bromisty litii-voda dlya rascheta absorbtionnykh kholodilnykh mashin [Concentration Chart - Enthalpy of Lithium Bromide-Water Solution for Calculation of Absorption Chillers] / L. Rosenfeld // Kholodil'naya tekhnika [Refrigeration]. – 1995. – No.3. – P. 37-45. [In Russian]

9. Sokolova V. S. Primenenie i problemy rasprostraneniya absorbtionnykh kholodilnykh mashin [Application and Problems of Distribution of Absorption Refrigerating Machines] / V.S. Sokolova, I.V. Zaichenko // Proizvodstvennyye tekhnologii budushchego: ot sozdaniya k vnedreniyu materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, g. Komsomol'sk-na-Amure [Production Technologies of the Future: from the Creation to the Introduction of Materials of the International Research to Practice Conference, Komsomolsk-on-Amur], September 29-30, 2017 / Editors: S.V. Belykh (resp. ed.) [et al.]. – Komsomolsk-on-Amur: FSBEI of Higher Education “KnASU,” 2017. – P. 135-137. [In Russian]

10. Shmuylov N.G. Issledovanie absorbtionnykh bromistolitievyykh kholodilnykh mashin ABHA-2500 v Leningradskom obyedenii «Svetlana» [Study of Absorption Bromole-lithium Refrigerating Machines ABHA-2500 in the Leningrad Association “Svetlana”] / N.G. Shmuylov, Yu.A. Volnykh, IIM. Rosenfeld et al. // Kholodil'naya tekhnika [Refrigeration]. – 2013. – No.12. – P. 7-12. [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.013>

МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ О НАДЕЖНОСТИ

Научная статья

Файдрахманов Р.В.^{1,*}, Файдрахманова Г.Ф.²

¹ ORCID: 0000-0002-9513-6511;

² ORCID: 0000-0003-0409-3833;

¹ Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия;

² Башкирский государственный университет, Нефтекамский филиал, Нефтекамск, Россия

* Корреспондирующий автор (rusya1001[at]yandex.ru)

Аннотация

На данный момент в современном мире возрастают требования к электронному оборудованию, так как оно играет важную роль в жизни человека. Для производства качественных систем необходимо правильно определять надежность каждого элемента продукта, но это очень трудно сделать из-за рассредоточения информации, а в некоторых случаях и ее отсутствия в доступных источниках. Статья направлена на обзор методов создания веб-приложения, в котором будет содержаться база данных с информацией о надежности вычислительных систем и телекоммуникационного оборудования.

Ключевые слова: компьютерные системы и телекоммуникационное оборудование; MTBF; веб-приложение; база данных; методы.

METHODS FOR DEVELOPING A WEB APPLICATION TO STORE DATA ABOUT RELIABILITY

Research article

Faidrakhmanov R.V.^{1,*}, Faydrakhmanova G.F.²

¹ ORCID: 0000-0002-9513-6511;

² ORCID: 0000-0003-0409-3833;

¹ National Research University "Higher School of Economics", Moscow, Russia;

² Bashkir state University, Neftekamsk branch, Neftekamsk, Russia

* Corresponding author (rusya1001[at]yandex.ru)

Abstract

At the moment, in the modern world there are increasing requirements for electronic equipment, as it plays an important role in human life. To produce quality systems, it is necessary to correctly determine the reliability of each element of the product, but it may be very difficult to do because of the dispersion of information and in some cases its absence from available sources. The article aims to review the methods of creating a web application that will contain a database with information about the reliability of computer systems and telecommunications equipment.

Keywords: computer system and telecommunications equipment; MTBF; web application; database; methods.

Introduction

Currently, electronic equipment plays an important role in human life, every day the requirements for devices are becoming stricter due to the increasing human needs, and the quality of the equipment depends directly on its components, in other words, in some systems, the using of low-quality components is unacceptable. Therefore, there is a problem of choosing high-quality products for computer systems and telecommunication equipment, in addition, the correct choice of components becomes difficult due to the lack of a single repository of information, and in some cases, its absence.

The main purpose of the study is to create a web application based on a database containing data on the reliability of computer systems and telecommunications equipment.

The development of a reliability guide will be useful for developers and designers of electronic equipment. Each enterprise to produce computer systems and telecommunications equipment will be able to use the data from the directory for the selection of elements with the required characteristics, thereby improving the quality of products.

Literature review

The literature review is focused on articles containing information about the reliability of equipment and systems. Below can be found the articles on topics such as mean time to failure, failure rate modeling using reliability data, cost optimization, database normalization and web application development frameworks (Torell W. et al in 2004, Brown E. et al in 2004, Hsieh C.C. et al in 2001, Kent W. in 1982, Plekhanova J. et al in 2009).

In the article "Mean time between failure: explanation and standards" written by Torell W. and Avelar V. in 2004, it became clear to the authors that the search for the mean time between failure (MTBF) is very difficult [1]. It is hard not to agree with the authors that there is an infinite number of definitions of the concept of failure. According to Torell W. and Avelar V., there are two main conditions: (1) the product completely ceases to perform its functions, (2) the failure of a single component of the product, while the product continues to perform its functions. In the article, the authors show the formula for finding reliability and availability through MTBF and mean time to restoration (MTTR). Torell W. and Avelar V. are sure that for the correct assessment of MTBF it is necessary to apply an individual approach for each case. The article shows the methods forecasting of MTBF such as MIL-HDBK 217, Telcordia, HRD5, RBD (Reliability Block Diagram), Markov Model, FMEA / FMECA, Fault Tree, HALT and reliability estimation methods such as similar item prediction or field data measurement. To summarize, the authors conclude that the most important thing about finding the mean time between failure is an understanding of the work and a correct definition of a cause of failure of a device or a system.

The key feature of the article “Failure rate modeling using equipment inspection data” (Brown R.E., 2004) is the use of control data of the equipment for customizing failure rates by a new method [2]. The authors assume that this method allows displaying data that can make calibration based on interruption distribution. To solve the problem of system failures, the authors admit that for each class of equipment it is necessary to characterize the level of failure rate, paying attention to critical parameters. In addition, in the article, the authors describe how to use the classes after the measurements are done. Summarizing the work, the developed model of failure rate shows that failure rates of different equipment are different too. It is easy to agree that the model adds fundamental features for reliability modeling.

The main idea of Reliability and cost optimization in distributed computing systems is that system value and level of hardware redundancy are interconnected [3]. Hsieh C.C. and Hsieh Y.C. consider that distributed computing systems do not consist of cycles (Hsieh C. C., Hsieh Y. C., 2001). They are sure that those computing systems that aimed to success, must be reliable as well. Therefore, they distinguish three stages to achieve the system’s reliability. As a result of this study hardware redundancy policies and task, the allocation was considered. An important achievement of the authors is that they found that while increasing the redundancy level of the system, the cost may either increase or it is unimodal. As it can be expected the algorithm that was used in the article helps to reduce the cost of the system, with the optimal distribution of tasks and hardware redundancy level.

To sum the data reliability of computer systems and telecommunications equipment it is necessary to create a database and while building one, it is important to follow certain rules. In the article “A simple guide to five normal forms in relational database theory” by Kent W. considers database normalization (Kent W., 1982) [4]. Development rules and normalization rules of a database are designed to prevent data inconsistencies and update anomalies. In the article, the researcher highlights five normal forms, where the first one excludes the repeated fields of the variable. The second and third normal forms establish relations between the key and non-key fields, and the fourth and fifth normal forms deal with multi-valued facts (“many-to-one” and “many-to-many”). Kent W. believes that this approach helps to normalize the database, at the same time the author considers that the method does not take into account all the nuances that may arise in the design of the database.

Using all the data on reliability it is necessary to make a web application. In the article “Evaluating web development frameworks: Django, Ruby on Rails and CakePHP” (Plekhanova J., 2009) the authors give arguments for and against about which framework is best for developing a web application [5]. In this article, the authors describe such frameworks for creating web applications as Django, Ruby on Rails and CakePHP. It is important that the researchers evaluate each framework, but do not give an answer about which one is better. They believe that each of the frameworks is suitable for a different task. The main advantages of Django are simple templates and automatically generated administrative interface. To implement the project, the Django framework was chosen together with the JavaScript programming language [6, 7].

The reviewed works will form the foundation for the future study by providing a clearer understanding of the research topic, for example, when developing methods.

Methods

For achieving the goal of the project, it is necessary to highlight top three stages of the research: database design, information gathering, and web application development, it is important to stick to the to-do list that was marked before. First, it is necessary to analyze the subject area, for this, it is needful to go through the technical specifications, respectively the data of the future database [8]. The second stage essential is to run the conceptual design, where it is needed to certain the whole database and its connections. The next step is followed by applying the logical design, in which the data redundancy is removed with a help of normalization and finally, the physical design of the database. While gathering the information of reliability of computer systems and telecommunication equipment it is required to use the methods of making requests in the Web and manual. The data processing requires the following operations:

- data formalization, for uploading it to the database,
- data sorting, for definition those to the given class, group and subgroup of the database,
- data converting using the mathematics formulas [9, 10].

Web application development requires the following operations:

- definition of purposes and tasks, that should be solved by using the application,
- design using UML diagrams to describe and portray the website,
- development of the structure of the site, where the sitemap and page frames are defined,
- development of the design layout, for working with the visual concept of the website,
- turning the graphic design into the HTML-layout and testing this,
- the process of programming, at this stage the most important task is to build the functional tools for filing and processing the data.

The Django framework (Python programming language) was chosen after reviewing the literature. To describe the pages are used HTML, CSS. JavaScript, the JQuery library are used to get dynamic generated pages.

When following all items, the results described in the next paragraph will be obtained.

Results anticipated

If the methods are used correctly, at the end of the project there will be four main points:

- database design,
- data collection and structuring of the reliability of computer systems and telecommunication equipment,
- web application development, which is needed to access the database,

The database will consist of entities: main, classes, groups, subgroups, company. In the main spreadsheet, there are fields with a name of the equipment, class, group, subgroup, the value of reliability, link to the information source and the date of the first mention in the list. The summed database, which was built using resources such as Network, same references (similar manuals), scientific literature must be distributed through the groups, all the calculations must have the same form. When missing the information, it is necessary to mark it.

The conceptual diagram of the web application is shown in picture one, which can best figure the structure of the site, where you can see the pages of the site, as well as the link between the pages. The first page contains basic information about the site and buttons for login and registration. After login or registration, it is possible to go to the personal account and to form a Handbook that contains elements of a reliability. It is also possible for users to offer their elements and get contact to administrator in. While searching for a required piece of the database, it is important for the user to be able to use the filters to make the search process easier. The web application should have a user-friendly interface.

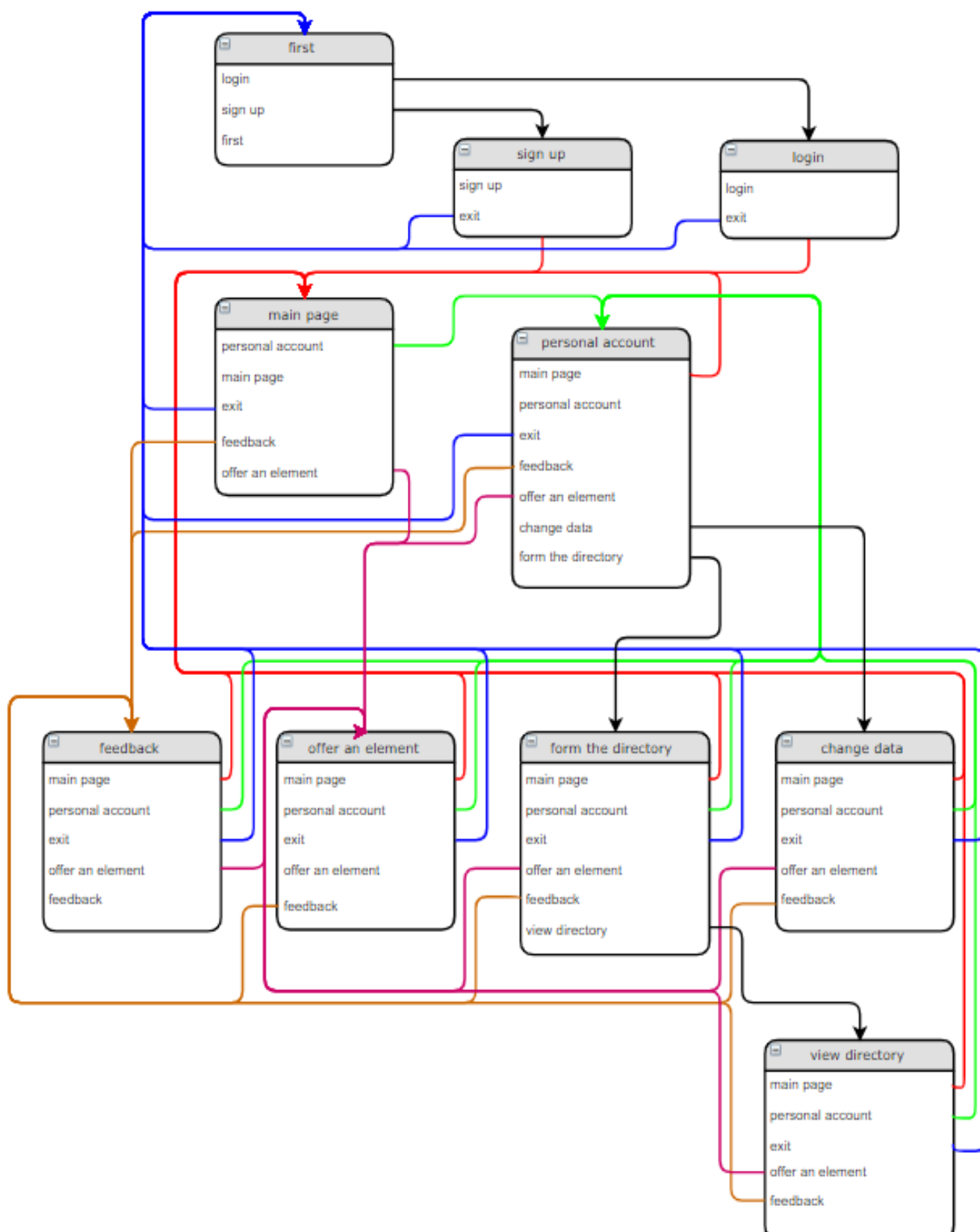


Fig. 1 – Conceptual diagram of a web application

Figure two shows a designed “Personal account” page that shows how the page look like. Page is modeled in the program “Mockplus”. There is a pinned menu at the top of the page that is fixed on all pages of the site. It also shows basic information about user, a button to add a directory.

Fig. 1 – designed page “Personal account”

Conclusions

This topic is very relevant now, many companies in the field of development of various equipment need a reference book on the reliability of computer systems and telecommunications equipment. This development, when used correctly, will improve the work for companies, as well as ensure the development of more reliable electronic systems. For the successful implementation of the project, it is necessary to adhere to the methods for such tasks as database development, information collection and development of the web application described above, as well as to rely on the considered sources of information. It is important to understand how it is necessary to maintain the system for proper functioning in the future.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Torell W. Mean time between failure: explanation and standards / W. Torell, V. Avelar // white paper, 2004
2. Brown R. E. Failure rate modeling using equipment inspection data, / R. E. Brown // Power Engineering Society General Meeting, 2004
3. Hsieh Y.C. Reliability and cost optimization in distributed computing systems, / C. C. Hsieh, Y.C. Hsieh // Computers & Operations Research, 2003
4. Kent W. A simple guide to five normal forms in relational database theory / W. Kent // Communications of the ACM, 1983
5. Plekhanova J. Evaluating web development frameworks: Django, Ruby on Rails and CakePHP / J. Plekhanova // Institute for Business and Information Technology, 2009
6. Плюсы и минусы Django [Электронный ресурс] URL: <https://python-scripts.com/django-obzor> (дата обращения 01.04.2018)
7. Руководство по Django [Электронный ресурс] URL: <https://metanit.com/python/django/> (дата обращения 03.04.2018)
8. Наумов А. Н. Системы управления базами данных и знаний / А. Н. Наумов, А. М. Вендров, В. К. Иванов – М.: Финансы и статистика, 1991. – 352 с.
9. Гарсиа-Молина Г. Системы баз данных. Полный курс / Г. Гарсиа-Молина, Д. Ульман, Д. Уидом. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2003. – 1088 с.

10. Проектирование баз данных. Нормализация [Электронный ресурс] URL: <https://club.shelek.ru/viewart.php?id=311> (дата обращения 05.04.2018)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Torell W. Mean time between failure: explanation and standards / W. Torell, V. Avelar // white paper, 2004
2. Brown R. E. Failure rate modeling using equipment inspection data, / R. E. Brown // Power Engineering Society General Meeting, 2004
3. Hsieh Y.C. Reliability and cost optimization in distributed computing systems, / C. C. Hsieh, Y.C. Hsieh // Computers & Operations Research, 2003
4. Kent W. A simple guide to five normal forms in relational database theory / W. Kent // Communications of the ACM, 1983
5. Plekhanova J. Evaluating web development frameworks: Django, Ruby on Rails and CakePHP / J. Plekhanova // Institute for Business and Information Technology, 2009
1. Plyusy i minusy Django [Pros and cons of Django] [Electronic resource] URL: <https://python-scripts.com/django-obzor> (accessed: 01.04.2018). [in Russian]
2. Rukovodstvo po Django [Guide to Django] [Electronic resource] URL: <https://metanit.com/python/django/> (accessed: 03.04.2018). [in Russian]
3. Naumov A. N. Ivanov Sistemy upravleniya bazami dannyh i znaniy [Database and knowledge management systems] / A. N. Naumov, A. M. Vendrov, V. K. – M.: Finansy i statistika, 1991. – 352 p. [in Russian]
4. Garcia-Molina G. Sistemy baz dannyh. Polnyj kurs [Database system. Full course] / G. Garcia-Molina, J. Ullman, J. Widom. – M.: Publishing house "Vil'yams", 2003. – 108 p. [in Russian]
5. Proektirovanie baz dannyh. Normalizaciya [Database design. Normalization] [Electronic resource] URL: <https://club.shelek.ru/viewart.php?id=311> (accessed: 05.04.2018). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.014>**ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА 3D ПЕЧАТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАСС**

Научная статья

Чуваев И.А.¹, Габельченко Н.И.² *¹ORCID: 0000-0002-9003-2246;^{1, 2}Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

* Корреспондирующий автор (bonout[at]rambler.ru)

Аннотация

В данной статье представлены результаты работы по повышению прочности изделий, полученных 3d прототипированием на экспериментальном 3d принтере. Показано, что для этих целей целесообразно проводить термическую обработку изделий из PLA пластика. Проведенные исследования позволили определить оптимальный режим термической обработки состоящий в нагреве до температуры 100°C, выдержке в течении часа и охлаждении на спокойном воздухе. Также показано, что термическая обработка изделий из ABS пластика не приводит к повышению прочностных характеристик.

Ключевые слова: 3d печать, литейная оснастка, термическая обработка, ABS пластик, PLA пластик.

HEAT TREATMENT OF 3D PRINTED PRODUCTS FROM PLASTICS

Research article

Chuvaev I.A.¹, Gabelchenko N.I.² *¹ORCID: 0000-0002-9003-2246;^{1, 2}Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

* Corresponding author (bonout[at]rambler.ru)

Abstract

This article presents the results of the work aimed at improving the strength of products obtained by 3d prototyping on an experimental 3d printer. It is shown that for these purposes it is advisable to conduct heat treatment of products made of PLA plastic. The conducted studies allowed determining the most efficient heat treatment mode consisting in heating to a temperature of 100 °C holding for an hour and cooling in calm air. It is also shown that the heat treatment of products made of ABS plastic does not lead to an increase in strength characteristics.

Keywords: 3d printing, foundry pattern equipment, heat treatment, ABS plastic, PLA plastic.

Введение

На сегодняшний день одной из прогрессивных технологий является получение изделий с помощью 3d печати. С помощью 3d печати производится ремонт агрегатов, прототипирование и создание готовых к использованию изделий и механизмов, создание различных изделий для бытовых нужд. Вследствие разносторонности применения 3d печати, к изделиям могут применяться различные требования. Для удовлетворения таких требований применяются различные материалы (пластмассы, специализированные воски, металлы и пр.)

Применительно к литейному производству 3d печать в основном применяется для создания модельных комплектов, форм и так далее [1 С. 56]. Однако при изготовлении моделей фасонных отливок зачастую прочность моделей является неудовлетворительной, и при хранении и установке моделей в форму может происходить их повреждение ввиду недостаточной прочности. Поэтому целью данной работы было повышение прочности 3d печатных изделий. Для этих целей была выбрана операция термической обработки. Необходимо было определить режим термической обработки для разных видов пластика – температуру нагрева, время выдержки и режим охлаждения.

Методы и принципы исследования

Для определения оптимального режима термической обработки были изготовлены образцы из двух видов пластика, которые подвергались термической обработке по разным режимам, и затем испытывались на разрывной машине ZWIK ROELL Z5.0.

В соответствии с ГОСТ был выбран образец первого типа, подходящий к оснастке разрывной машины ZWIK ROELL Z5.0 [2]. 3d модель данного образца (см. рисунок 1) создавалась в программе 3d моделирования Sollid Works со следующими параметрами: общая длина $l_1 \geq 115$ мм; расстояние между метками, определяющими положение кромок зажимов на образце $l_2 = 80 \pm 5$ мм; длина рабочей части $l_3 = 33 \pm 1$ мм; расчетная длина $l_0 = 25 \pm 1$ мм; ширина головки $b_1 = 25 \pm 1$ мм; ширина рабочей части $b_2 = 6 \pm 0,4$ мм; толщина $d = 2 \pm 0,2$ мм; большой радиус скругления $r_1 = 25 \pm 1$ мм; малый радиус скругления $r_2 = 14 \pm 0,5$ мм.

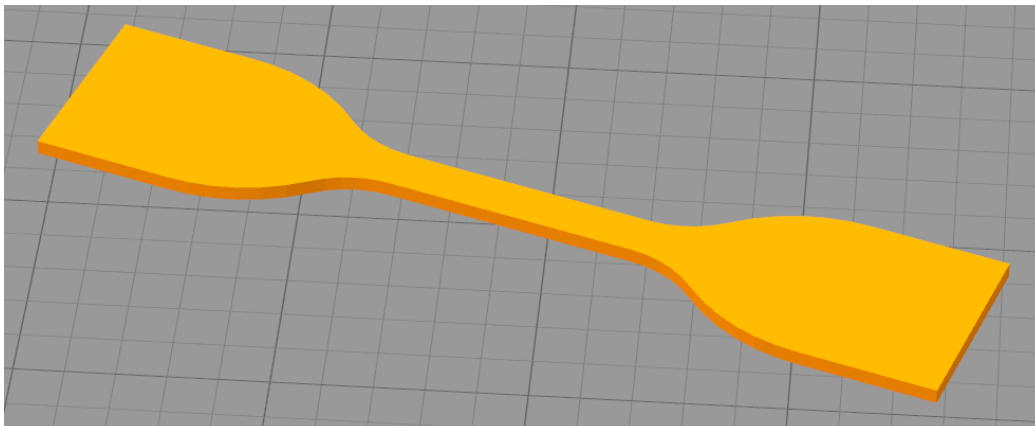


Рис. 1 – 3d модель разрывного образца

Данная 3d модель была экспортирована в формат stl [3 С. 64-69]. Затем были распечатаны разрывные образцы (см. рисунок 2).

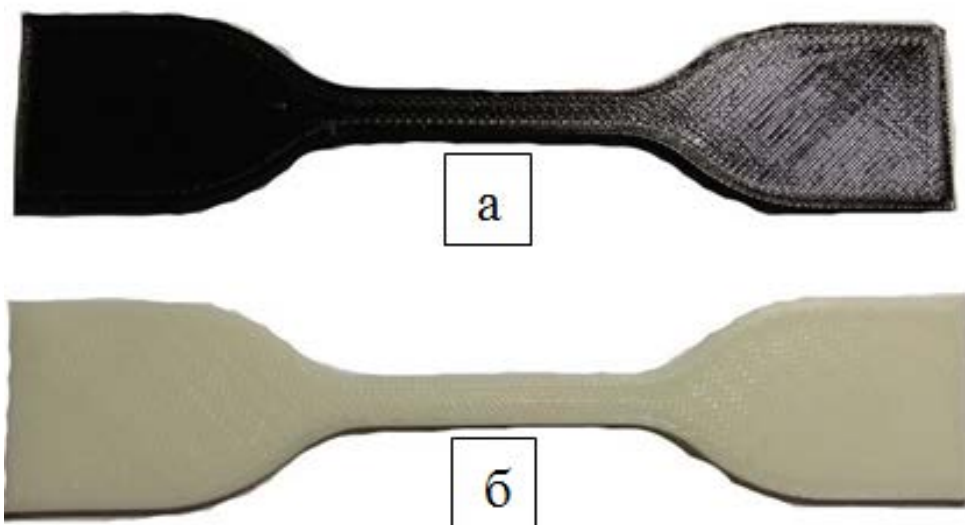


Рис. 2 – Разрывные образцы: а – PLA пластик, б – ABS пластик

Для исследования влияния термообработки на 3d печатные изделия было выбрано два вида пластика, наиболее часто применяемые в 3d печати. Пластик ABS производства фирмы REC, цвет «Натуральный». Данный пластик представляет собой ударопрочную термопластическую смолу на основе сополимера акрилонитрила с бутадиеном и стиролом [5]. Сырьем для изготовления являются нефтепродукты. Пластик PLA производства фирмы Print Product, цвет черный - является биоразлагаемым, биосовместимым, термопластичным полиэфиром, мономером которого является молочная кислота [5]. Сырьем для его производства служат возобновляемые ресурсы, такие как кукуруза и сахарный тростник [6], [7].

Образцы изготавливались на экспериментальном 3d принтере (см. рисунок 3), размеры и форма образцов выбирались в соответствии с ГОСТ [2], [4, С. 65-69].

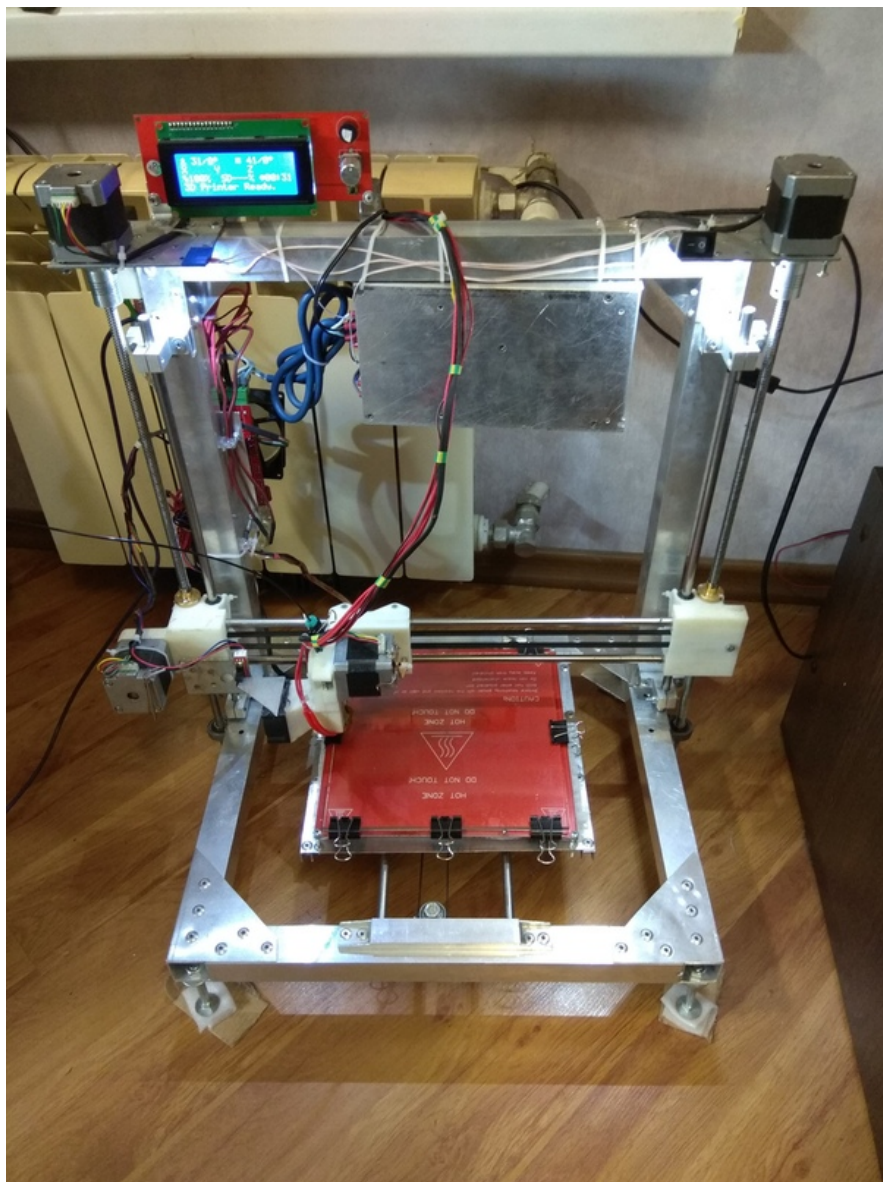


Рис. 3 –Экспериментальный 3d принтер

Экспериментальный 3d принтер состоит из нескольких основных частей: печатающая головка, механизм подачи пластика, нагреваемый столик, рама, управляющая плата. Учитывая, что данный 3d принтер является экспериментальным и собран вручную, он может легко поддаваться настройке, а именно: изменению области печати, путем замены нагревательного столика на более широкий; легкой настройке расстояния между столиком и соплом, простым переносом концевого датчика оси. Это приводит к изменению характеристик печати, изменению адгезии пластика к стеклу и так далее. Наличие экрана с разъемом под флеш карту позволяет печатать изделия без участия персонального компьютера.

Основные результаты

Термическая обработка подразумевает изменение структуры материала. Структурные изменения в термопластичных полимерах происходят в диапазоне между температурами плавления и стеклования, при этом меняется соотношение аморфной и кристаллической составляющей структуры [8, С. 51], [9].

Для PLA пластика температура плавления составляет 173°C, температура стеклования 60°C. В соответствии с этими значениями были выбраны температуры термообработки 70°C и 100°C. Для ABS пластика температура плавления составляет 215°C, температура стеклования 102°C. В соответствии с этими значениями были выбраны температуры термообработки 110°C и 140°C [10].

В соответствии с ГОСТ для получения достоверного результата использовались средние значения, полученные на пяти образцах для каждого режима термической обработки [2]. Термообработка образцов проводилась в муфельной печи «СНОЛ 80/12».

Первая партия образцов из ABS и PLA пластика не проходила термообработку, последующие партии проходили термообработку в соответствии с выбранными температурами. Термообработка заключалась в нагреве образцов вместе с печью до заданной температуры, выдержке в течение одного часа и охлаждении на спокойном воздухе. Далее все образцы испытывались на разрывной машине ZWIK ROELL Z5.0. В ходе эксперимента определялись следующие параметры: t – температура нагрева, R_m – предел прочности на разрыв при растяжении, R_b – предел текучести при растяжении, A_{gt} – относительное удлинение при разрыве, A_t – относительное удлинение при максимальном растяжении, a_0 , b_0 , S_0 – высота, ширина и площадь рабочей части разрывного образца.

Полученные результаты приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты испытаний ABS пластика

t, °C	R _m , MPa	A _{gt} , %	R _b , MPa	A _t , %	a ₀ , mm	b ₀ , mm	S ₀ , mm ²
25	40	1,8	40	1,8	1,99	6,12	12,18
	44,4	2,2	44,4	2,2	2,05	6,12	12,55
	43,7	1,7	42,8	1,8	2,09	6,12	12,79
	45,4	2,6	43,3	2,9	2,01	6,12	12,3
	45,3	2,6	43,8	3	2,03	6,12	12,42
110	40,5	3	37,7	6	2,17	6,12	13,28
	39,6	3	35,7	10,9	2,16	6,12	13,22
	39,4	2,8	35,3	11,4	2,25	6,12	13,77
	42,7	2,6	38	5	2,14	6,12	13,1
	38,8	2,8	37,2	3,8	2,15	6,12	13,16
140	43,1	2,4	39,7	5,3	2,16	6,12	13,22
	44,2	2,5	40,8	4	2,04	6,12	12,48
	39,5	2,5	39,2	2,6	2,08	6,12	12,73
	42,6	2,7	38,5	5,6	2,13	6,12	13,04
	44,8	2,4	41,2	3,3	2,02	6,12	12,36

Таблица 2 – Результаты испытаний PLA пластика

t, °C	R _m , MPa	A _{gt} , %	R _b , MPa	A _t , %	a ₀ , mm	b ₀ , mm	S ₀ , mm ²
25	45,2	1,3	45,2	1,3	1,9	6,12	11,63
	43,8	1,7	43,8	1,7	1,99	6,12	12,18
	48,8	1,8	48,8	1,8	1,88	6,12	11,51
	45,1	1,3	45,1	1,3	1,92	6,12	11,75
	43,1	1,3	43,1	1,3	1,95	6,12	11,93
70	53,3	2,6	53,2	2,6	1,89	6,12	11,57
	53,9	2	53,9	2	1,92	6,12	11,75
	52,7	1,9	52,7	1,9	1,94	6,12	11,87
	52	1,7	52	1,7	1,9	6,12	11,63
	51,2	1,5	51,1	1,5	1,92	6,12	11,75
100	57,8	1,7	57,8	1,7	1,93	6,12	11,81
	56,5	1,7	56,5	1,7	1,93	6,12	11,81
	55,3	2	55,2	2	2	6,12	12,24
	56	2,4	56	2,5	1,93	6,12	11,81
	56,2	1,8	55,8	1,8	1,95	6,12	11,93

Используя полученные результаты были построены зависимости предела прочности и относительного удлинения при разрыве от температуры термической обработки (см. рисунки 4, 5).

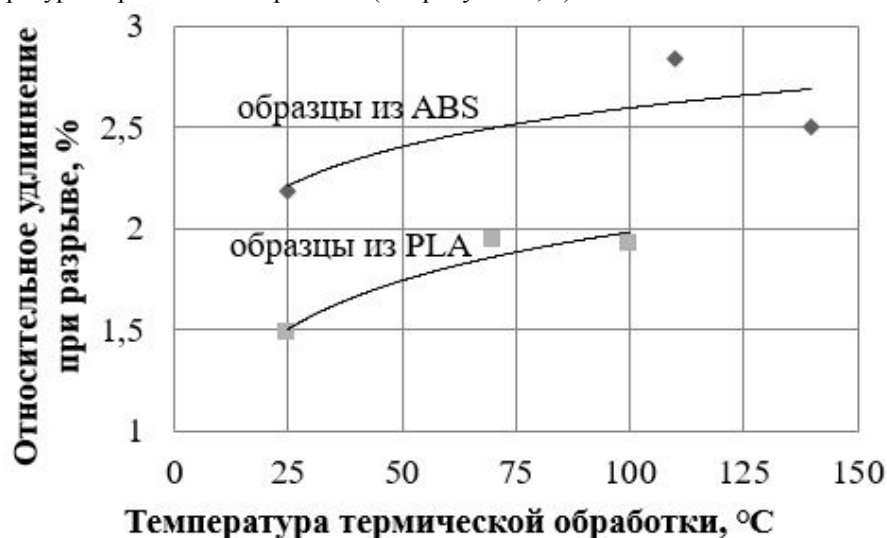


Рис. 4 – Зависимость относительного удлинения при разрыве от температуры термообработки пластика

Некоторое увеличение относительного удлинения после термической обработки происходит вследствие релаксации внутренних напряжений при охлаждении на спокойном воздухе [11].

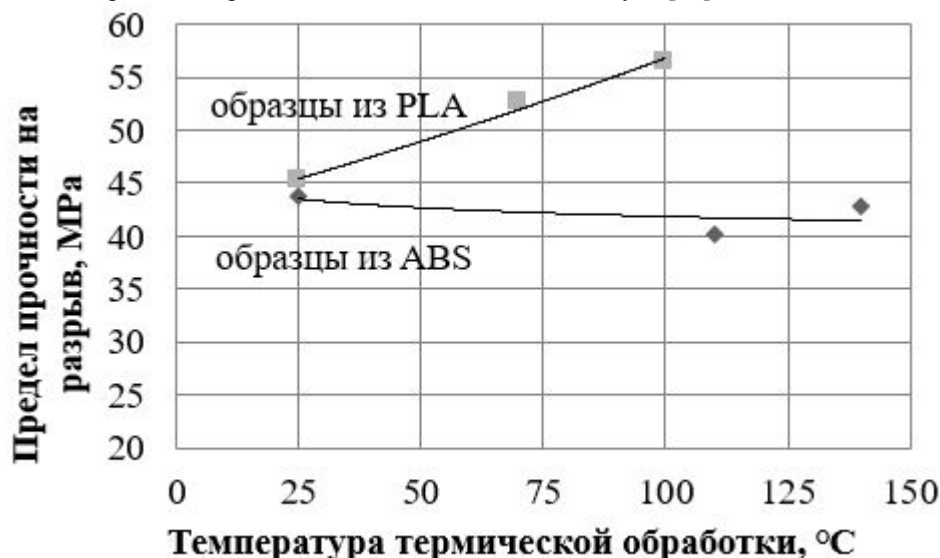


Рис. 5 – Зависимость предела прочности на разрыв от температуры термообработки пластика

По полученным данным для ABS пластика, предел прочности на растяжение не увеличился, а даже стал меньше. Относительное удлинение при разрыве возросло с 2,18 % до 2,5 %. По данным для PLA пластика предел прочности после термообработки при 70 °C увеличился до 52,62 МПа, а после термообработки при 100 °C увеличился до 56,36 МПа, что соответствует увеличению прочности на 16,4 % и 24,7 % соответственно. Также возросло относительное удлинение при разрыве при термической обработке до обеих температур примерно на 30 %. Учитывая, что пластики имеют в составе аморфную и кристаллическую составляющую, увеличение прочности PLA пластика произошло вследствие увеличения доли кристаллической составляющей. Таким образом, для повышения прочности изделий из PLA пластика установлен оптимальный режим нагрева при термической обработке – 100 °C.

Закключение

Показано, что для получения изделий из ABS и PLA пластиков можно успешно применять экспериментальный 3D принтер. По результатам исследования было установлено, что для ABS пластика термообработка в целях упрочнения при данных температурах не целесообразна, так как какого-либо значимого увеличения прочности не наблюдалось, в то же время для PLA пластика термообработка является целесообразной, так как наблюдается существенное повышение прочности на разрыв до 25 % и увеличение относительного удлинения при разрыве до 30 %. Рекомендуемый режим термической обработки: нагрев до температуры 100 °C, выдержка в течении часа и охлаждение на спокойном воздухе.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

- Белов Д. А., Бычкова А. Н., Климовцова И. А. // Материалы, технологии, инструменты. 2006. Т. 11. № 2. С. 56.
- ГОСТ 11262-80. Пластмассы. Метод испытания на растяжение (с Изменением N 1) М.: Издательство стандартов, 1986. – 16 с.
- Al Dean. STL-формат для быстрого прототипирования. Часть I. Вывод в формате STL // CAD/CAM/CAE Observer. – 2005. – № 5 (23). – С. 64-69.
- Al Dean. STL-формат для быстрого прототипирования. Часть II. Реальный опыт вывода STL-файлов // CAD/CAM/CAE Observer. – 2005. – № 6 (24). – С. 65-69.
- Мозберт, Р. К. Материаловедение / Р. К. Мозберт – М.: Высш. школа, 1991. – 448 с.
- Промышленные полимерные композиционные материалы / Пер. с англ. под ред. П.Г. Бабаевского – М.: Химия, 1980. – 472 с.
- Справочник по пластическим массам / Под ред. В.М. Катаева, В.А. Попова, Б.И. Сажина. – М.: Химия, 1975. – Т.1.
- Машков, Ю. К. Конструкционные пластмассы и полимерные композиционные материалы / Ю. К. Машков, М. Ю. Байбарацкая, Б. В. Григорьевский / Учеб. пособие – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2002. – 51 с.
- Привалко, В. П. Молекулярное строение и свойства полимеров / В. П. Привалко – Л.: Химия, 1979. – 312 с.
- Кестельман, Н. Я. Термическая обработка полимерных материалов в машиностроении / Н. Я. Кестельман – М.: Машиностроение, 1968. – 268 с.
- Бартенев Г.М., Френкель С. Я. Физика полимеров/ Под ред. д-ра физ.-мат. наук А. М. Ельяшевича. – Л.: Химия, 1990. – 432 с.

Список литературы на английском языке / References in English

- Belov D. A., Bychkova A. N., Klimovcova I. A. // Materialy, tekhnologii, instrument [Materials, technologies, instrument] . 2006. Vol. 11. № 2. P. 56. [in Russian]

2. GOST 11262-80. Plastmassy. Metod ispytaniya na rastyazhenie (s Izmeneniem N 1) [Plastics. Tensile test method (With change N 1)] M.: Publishing house standartov [Standards Publishing House], 1986. – 16 p. [in Russian]
3. Al Dean. STL-format dlya bystrogo prototipirovaniya. CHast' I. Vyvod v formate STL [STL – format for rapid prototyping. Part I. Output files in STL] // CAD/CAM/CAE Observer. – 2005. – № 5 (23). – S. 64-69.
4. Al Dean. STL-format dlya bystrogo prototipirovaniya. CHast' II. Real'nyj opyt vyvoda STL-fajlov [STL – format for rapid prototyping. Part II. Real expiriense of output STL-files] // CAD/CAM/CAE Observer. – 2005. – № 6 (24). – P. 65-69.
5. Mozbert R. K. Materialovedenie [Material science] / R. K. Mozbert – M.: Vyssh. Shkola [Higher school], 1991. – 448 p. [in Russian]
6. Promyshlennye polimernye kompozicionnye materialy [Industrial polymeric composition materials] / Per. s angl. edited by. [the translation from eng. under edition] P.G. Babaevskogo – M.: Himiya [Chemistry], 1980. – 472 p. [in Russian]
7. Spravochnik po plasticheskim massam [Reference book on plastics] / Edited by. [Under edition] V.M. Kataeva, V.A. Popova, B.I. Sazhina. – M.: Himiya, 1975. - T.1. [in Russian]
8. Mashkov YU. K. Konstrukcionnye plastmassy i polimernye kompozicionnye materialy [Constructional plastic and polymeric composite materials] / YU. K. Mashkov, M. YU. Bajbarackaya, B. V. Grigorevskij / Ucheb. posobie [Studies. grant] – Omsk: Publishing house OmGTU, 2002. - 51 p. [in Russian]
9. Privalko, V. P. Molekulyarnoe stroenie i svojstva polimerov [Molecular building and properties of polymers] / V. P. Privalko – L.: Himiya [Chemistry], 1979. – 312 p. [in Russian]
10. Kestel'man N. YA. Termicheskaya obrabotka polimernyh materialov v mashinostroenii [Heat treatment of polymeric materials in mechanical engineering] / N. YA. Kestel'man – M.: Mashinostroenie [Machine building], 1968. – 268 p. [in Russian]
11. Bartenev G.M., Frenkel' S. YA. Fizika polimerov [Physics of polymers] / Pod red. d-ra fiz.-mat. Nauk [Under the editorship of the Dr. physical. - a mat. sciences] A. M. El'yashevicha. – L.: Himiya [Chemistry], 1990. – 432 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.015>

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ В ТЕХНОЛОГИИ ЗАГОТОВКИ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО СЕНА В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОГО УВЛАЖНЕНИЯ

Научная статья

Юнин В.А. *

ORCID: 0000-0002-8111-1727,

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (sznii2[at]mail.ru)

Аннотация

Технология заготовки сена в рулонах получила широкое применение по всей России, но в регионах Северо-Запада - характерных повышенным увлажнением, получение высококачественного корма из трав затруднительно из-за частых кратковременных дождей, утренней росы. В данной работе рассматривается технология заготовки травяных кормов на сено с использованием оборудования для сушки рулонов сена активным вентилированием. Приведены исследования потерь питательных веществ в процессе сушки в полевых условиях и потери при неблагоприятной погоде.

Ключевые слова: заготовка кормов, сушка, технологический процесс, моделирование, методика.

LOSS REDUCTION IN HIGH-QUALITY TECHNOLOGY OF HARVESTING HAY UNDER HIGH-MOISTURE CONDITIONS

Research article

Yunin V.A. *

ORCID: 0000-0002-8111-1727,

Institute of Agro-engineering and Environmental Problems of Agricultural Production – Branch of the Federal State Scientific Institution Federal Research Institute of Agricultural Mechanization of the Russian Academy of Agricultural Sciences, St. Petersburg, Russia

* Corresponding author (sznii2[at]mail.ru)

Abstract

The technology of harvesting hay in rolls is widely used throughout Russia, but it is characterized by increased moisture in the regions of the North-West, therefore, obtaining high-quality grass food is difficult due to frequent short rains and morning dew. This paper discusses the technology of harvesting grass forage for hay with the help of the equipment for drying hay rolls by active ventilation. Studies of nutrient losses during drying in the field and losses during adverse weather are presented in the work.

Keywords: forage preparation, drying, technological process, modeling, methods.

Введение

Основу кормовой базы хозяйств Северо-Западного региона составляют корма из сеянных и естественных трав, естественные и долголетние культурные пастбища.

За последние годы, достигнутые заготовки травяных кормов не позволяют существенно увеличить производство животноводческой продукции вследствие низкого качества и питательности (более 40...60%) заготавливаемого корма.

Происходящее в настоящее время резкое удорожание зерна и комбинированных кормов, из-за неблагоприятных погодных условия, приводит к существенному увеличению себестоимости молока и мяса продукции. Смягчить отрицательное воздействие этого процесса можно, прежде всего, за счет увеличения в рационе животных доли высококачественных травяных кормов, прежде всего сена, с содержанием протеина не ниже 12%.

Основным требованием для получения высококачественного грубого корма является обеспечение условий для интенсивного обезвоживания скошенной травы при изменчивых погодных условиях.

Материалы и методы исследования

На практике это означает наилучшее использование, не только более, но и менее благоприятных погодных условий. А погода в Северо-Западном регионе России в период сенозаготовки может быть стабильно сухим или с чередованием сухих, пасмурных или дождливых периодов. Притом, согласно многолетним метеоданным, дождливая и пасмурная погода наблюдается гораздо чаще, чем сухая солнечная.

Известно, что необходимым условием для испарения влаги из скошенной травы является подвод определенного количества тепловой энергии к ее поверхности. В этой связи традиционные технологии заготовки сена с сушкой травы до кондиционной влажности в поле являются менее энергоемкими, так как при этом не требуется специальных затрат энергии, кроме “даровых” экологически чистых – солнечной радиации и ветровой энергии. Очевидным преимуществом такой технологии является и то, что появляются возможности заготовки грубого корма высокими темпами, за счет одновременного обезвоживания скошенного растительного сырья на значительных площадях полевых участков. Продолжительность сушки до кондиционной влажности 17% при благоприятной, преимущественно солнечной погоде составляют 2...4 суток (в зависимости от продолжительности солнечных периодов), потери качества корма при этом сравнительно небольшие (Таблица 1).

Таблица 1 – Потери качества корма в процессе заготовки сена полевой сушки в благоприятных погодных условиях

Показатели	При продолжительности сушки, ч				
	0	24	48	72	96
Влажность растений, %	76-75	62-55	46-35	35-20	20-16
Потери сухого вещества, %	-	1,5-2,5	3,5-5,0	6,5-8,4	10-15
Потери протеина, %	-	8,5-9,2	18-20	25-28	30-40

Однако технологиям заготовки сена полевой сушки присущи серьезные недостатки, так как возможности заготовки высококачественного корма при этом всецело зависят от складывающихся погодных условий. При изменчивой погоде продолжительность сушки затягивается до 5-6 и более суток. Чем продолжительнее сушка, тем больше вероятность наступления дождливой погоды, и снижение или полное прекращение влагоотдачи растениями. При медленной сушке клетки растений не способны противостоять поселению многочисленных микроорганизмов и, в первую очередь, плесневых грибов, что приводит к существенному снижению питательной ценности заготавливаемого корма.

Потери качества корма в процессе заготовки сена, с сушкой травы в поле при неблагоприятных погодных условиях (дождь, роса, туман) приведены в таблица 2.

Таблица 2 – Потери качества корма в процессе сушки скошенной травы при неблагоприятных погодных условиях

Показатели	При продолжительности сушки, ч							
	0	24	48	72	96	120	144	168
Влажность растений, %	75	72-68	65-57	57-50	52-40	48-38	39-22	30-17
Потери сухого вещества, %	-	2-2,5	5-6	7,5-9,6	12-16	18-21	23-28	32-40
Потери протеина, %	-	10-12	20-25	28-32	35-42	47-50	51-53	54-57

В дождливую погоду питательная ценность сена теряется также из-за вымывания растворимых компонентов (сахар, азотистые вещества), являющиеся наиболее переваримыми.

Неблагоприятные погодные условия и значительные потери биологического урожая, питательных веществ и витаминов в процессе полевой сушки травы в этих условиях побуждают искать прогрессивные способы получения высококачественного сена в любых погодных условиях. Накопленный опыт свидетельствует, что уменьшить или полностью ликвидировать степень влияния погодных условий и повысить качество заготавливаемого сена можно искусственным досушиванием проявленной в поле травы в стационарных условиях.

Процесс заготовки сена, таким образом, делится на два этапа: первый – полевой (скашивание травостоя и проявление до заданной влажности) и второй – стационарный (досушивание с последующим хранением). От качества и своевременности выполнения указанных операций в значительной степени зависит полнота сбора выращенного урожая, затраты топлива на технологические операции, величина потерь растительного сырья и накопленных в нем во время роста питательных и биологически активных веществ.

Одним из условий заготовки высококачественного сена является правильное решение вопроса о том, до какой влажности необходимо осуществлять проявление скошенной травы в поле. От решения данного вопроса во многом зависят энергетические и качественные показатели заготавливаемого корма и его себестоимость.

В настоящее время в хозяйствах Северо-Западного региона России досушиванию подвергают исключительно глубокомпроваженное (влажностью 30...35%) растительное сырье. В этом случае основная часть удаляемой влаги (табл.3) испаряется с поверхности прокосов за счет использования естественных энергоисточников и только около 15% этой влаги – за счет использования электроэнергии в установках активного вентилирования.

Таблица 3 – Количество влаги, подлежащей испарению из свежескошенной травы для получения 1т. сена

Проявление в поле до влажности, %	Влага, подлежащая удалению, кг/т сена	
	проявление	досушивание
70	553	1767
65	949	1371
60	1245	1075
55	1476	844
50	1660	660
45	1811	509
40	1937	383
35	2043	277
30	2134	186

Процесс заготовки, при котором досушиванию подвергают растительное сырье, подсушенное в поле до влажности 30...35%, является наименее энергоемким. В случае преобладания сухой солнечной погоды, такая технология позволяет за агротехнический срок (130...150ч.) досушить проявленную траву до кондиционной влажности, израсходовав в среднем 40...60 кВт.ч. электроэнергии на тонну сена.

Кроме того, в условиях, благоприятных для сушки растительного материала, к началу автолиза влажность его настолько снижается и продолжает снижаться быстрыми темпами, что гидролитические процессы сильно ограничиваются. И, наоборот, при медленной сушке, связанной с увлажнением сырья за счет осадков, росы или гигроскопической влаги, прекращающаяся в подсохших растениях ферментативная деятельность (сдерживаемая

недостатком влаги) вновь интенсифицируется. Теряются сухое вещество и витамины от воздействия воды, солнца и микроорганизмов.

В результате действия физиолого-биологических процессов суммарные потери сухого вещества при сравнительно быстром проявлении бобовых трав в поле до влажности примерно 35% составляют около 12% (табл.1). При медленном проявлении в неблагоприятных погодных условиях эти потери увеличиваются до 30% (табл.2), то есть почти в 2,6 раза. При этом потери сухого вещества только на дыхание растений составляют, соответственно, 4,5 и 8,5%.

Сено, заготовленное в плохую погоду из длительно проявленной в поле травы, не может удовлетворять потребности животных в необходимых питательных веществах. При этом рацион требуется сбалансировать, прежде всего, за счет концентрированных кормов.

Отсюда следует, что с целью увеличения сбора высококачественного сена с единицы площади сенокосных участков, лучшего сохранения питательных веществ, накопленных в период вегетации растений, сокращения расхода топлива на выполнение технологических операций (за счет заготовки меньшего количества качественного сена) необходимо сократить продолжительность нахождения скошенной травы в поле. Для достижения этой цели следует подвергать консервации растительное сырье влажностью не ниже 30...35%, при условии благоприятной, преимущественно солнечной погоды.

Таким образом, научно-обоснованными предельными значениями влажности растений в процессе проявлявания, в зависимости от погодных условий являются 30...35% (бобовых до 40%).

При выборе оборудования для досушивания проявленной травы рациональнее пользоваться такими критериями, как возможность получения корма с максимальным сохранением в нем питательных веществ при возможно меньшем удельном расходе энергии на процесс. Такое сушильное оборудование должно обладать простой конструкцией и удобством обслуживания.

В последнее время наибольшее распространение (около 90%) [5,6,7] получил способ заготовки сена, прессованного в рулоны. Это обусловлено, прежде всего, возможностью полной механизации всех технологических операций по подбору, транспортировке и укладке его на хранение с использованием простых, надежных, высокопроизводительных машин. В ИАЭП филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ создан экспериментальный образец сушильной установки для досушивания рулонного сена и определены оптимальные параметры: влажность растительного сырья – до 35%, плотность прессования – 140-150 кг/м³, температура теплоносителя – до 50 °С, скорость фильтрации теплоносителя через слой – 0,20-0,50 м/с в зависимости от влажности сена.

Наименее энергоемким, как было изложено выше, является процесс заготовки с использованием атмосферного не подогретого воздуха. Однако анализ возможностей использования атмосферного воздуха для интенсивной сушки в условиях Северо-Западного региона позволяет сделать следующие выводы:

- поглощение воздухом влаги (в среднем 0,6...0,9 г/м³) незначительно, что определяет небольшую скорость сушки;
- слишком длительный процесс сушки из-за небольшого влагопоглощения влажного воздуха приводит к значительным потерям сухого вещества и снижению качества заготавливаемого сена;
- для сокращения общей продолжительности сушки и гарантированного получения высококачественного сена в любых погодных условиях требуется увеличить влагопоглощающую способность продуваемого через рулон атмосферного воздуха.

В то же время, следует отметить, что в этом случае подогреть вентилируемый воздух выше 45...50 °С недопустимо, так как проходя через толстый слой прохладного сырья, воздух в нижней части слоя интенсивно поглощает влагу, а в верхней части эта влага конденсируется, способствуя плесневению и порче корма. Поэтому рулонное сено досушивают проявленную только до 35% влажности.

В случае невозможности полевого проявлявания травы до 35%, следует обратить внимание на другие виды корма (силос, сенаж).

Переход хозяйств Северо-Западного региона на заготовку сена по вышеуказанным способам создают условия для гарантированного получения высококачественного корма в любых погодных условиях.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Попов В. Д. Основы управления технологиями низкотемпературной сушки растительной стебельчатой массы / В.Д. Попов, М.Ш. Ахмедов, А.И. Сухопаров и др. - ИАЭП. 2017. 142 с.
2. Валге А. М. Оптимизация транспортных потоков при заготовке кормов из трав / А. М. Валге, Э. А. Папушин, А. В. Зыков и др. // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2015. – №87. – С. 116 – 122.
3. Зыков А.В. Эффективность применения химических консервантов при заготовке кормов трав, прессованных в рулоны / А.В. Зыков, В.А. Юнин, А.М. Захаров // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2018. – №96. – С. 138 – 145.
4. Кузнецов Н.Н. Обоснование способа досушивания проявленной и прессованной в рулоны травы / Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2006. № 78. С. 119-124
5. Попов В.Д. Технологии заготовки высококачественного сена в рулонах / Попов В.Д., Кузнецов Н.Н. // В сборнике: Экология и сельскохозяйственная техника Материалы 5-й международной научно-практической конференции: в 3-х томах. РАСХН. 2007. С. 107-110.

6. Зыков А.В. Эффективность химических консервантов при заготовке прессованного в рулоны сена повышенной влажности / А.В. Зыков, В.А. Юнин, А.М. Захаров // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 98. С. 133-140.
7. 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.
8. Терентьев А.В. Прогнозирование и контроль влажности растительной массы при заготовке кормов / А.В. Терентьев, А.В. Зыков // Кишоварз. 2012. № 4. С. 37-38.
9. Попов В.Д. Новые технологии заготовки кормов / В.Д. Попов, А.Н. Перекопский, В.Н. Горнак // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2004. № 12. С. 16-17.
10. Могильницкий В.М. Технологические аспекты развития механизации послеуборочной обработки семян многолетних трав в северо-западном регионе РФ / В.М. Могильницкий, А.Н. Перекопский // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2012. № 83. С. 26-37.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Popov V. D. Osnovy` upravleniya texnologiyami nizkotemperaturnoj sushki rastitel`noj stebel`chatoj massy [Fundamentals of technology management of low-temperature drying vegetable stalked mass] / V.D. Popov, M.Sh. Axmedov, A.I. Suxoparov and others - IAE`P. 2017. 142 p. [in Russian]
2. Valge A. M. Optimizaciya transportny`x potokov pri zagotovke kormov iz trav [Optimization of traffic flow when forage from grasses] / A. M. Valge, E. A. Papushin, A. V. Zy`kov and others // Texnologii i texnicheskie sredstva mexanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva [Technologies and technical means of the mechanized crop production and livestock]. – 2015. – №87. – P. 116 – 122. [in Russian]
3. Zy`kov A.V. E`ffektivnost` primeneniya ximicheskix konservantov pri zagotovke kormov trav, pressovanny`x v rulony` [Efficacy of chemical preservatives with fodder grasses, pressed into rolls] / A.V. Zy`kov, V.A. Yunin, A.M. Zaxarov // Texnologii i texnicheskie sredstva mexanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva [Technologies and technical means of the mechanized crop production and livestock]. – 2018. – №96. – P. 138 – 145. [in Russian]
4. Kuznecov N.N. Obosnovanie sposoba dosushivaniya provyalennoj i pressovannoj v rulony` travy` [Justification of the method of drying dried and pressed grass rolls] / Texnologii i texnicheskie sredstva mexanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotno-vodstva [Technologies and technical means of the mechanized crop production and livestock]. 2006. № 78. P. 119-124 [in Russian]
5. Popov V.D. Texnologii zagotovki vy`sokokachestvennogo sena v rulonax [High quality hay harvesting technology in rolls] / V.D. Popov, N.N. Kuznecov // V sbornike: E`kologiya i sel'skoxo-zyajstvennaya texnika Materialy` 5-j mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Ecology and agricultural technology Materials of the 5th international scientific-practical conference]: v 3-x tomax. RASXN. 2007. P. 107-110. [in Russian]
6. Zy`kov A.V. E`ffektivnost` ximicheskix konservantov pri zagotovke pressovannogo v rulony` sena povы`shennoj vlazhnosti [The effectiveness of chemical preservatives in the preparation of compressed baled hay high humidity] / A.V. Zy`kov, V.A. Yunin, A.M. Zaxarov // Texnologii i texnicheskie sredstva mexanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva [Technologies and technical means of the mechanized crop production and livestock]. 2019. № 98. P. 133-140. [in Russian]
7. 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]
8. Terent`ev A.V. Prognozirovanie i kontrol` vlazhnosti rasti-tel`noj massy` pri zagotovke kormov [Prediction and control of moisture of the plant mass when preparing fodder] / A.V. Terent`ev, A.V. Zy`kov // Kishovarz [Kishovarz] 2012. № 4. P. 37-38. [in Russian]
9. Popov V.D. Novy`e texnologii zagotovki kormov [New technologies of feed preparation] / V.D. Popov, A.N. Perekopskij, V.N. Gornak // Mexanizaciya i e`lektrifikaciya sel'skogo xozyajstva [Mechanization and electrification of agriculture]. 2004. № 12. P. 16-17. [in Russian]
10. Mogil`niczkij V.M. Texnologicheskie aspekty` razvitiya mexani-zacii posleuborochnoj obrabotki semyan mnogoletnix trav v severo-zapadnom regione RF [Technological aspects of the development of mechanization of post-harvest processing of seeds of perennial grasses in the north-western region of the Russian Federation] / V.M. Mogil`niczkij, A.N. Perekopskij // Texnologii i texnicheskie sredstva mexanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva [Technologies and technical means of the mechanized crop production and livestock]. 2012. № 83. P. 26-37 [in Russian]

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ОБМЕНА ГАМК В СТРУКТУРАХ ГОЛОВНОГО МОЗГА КРЫС ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТОЛУОЛА

Научная статья

Агаева С.В.^{1,*}, Фараджев А.Н.²

^{1,2} Азербайджанский Государственный Педагогический Университет, Баку, Азербайджан

* Корреспондирующий автор (nazaket-alieva[at]mail.ru)

Аннотация

Изучена динамика метаболизма ГАМК в тканях различных структур ЦНС у интактных 6-ти месячных крыс и после воздействия на организм толуола (5 дней, внутрибрюшинно, 500 мг/кг). Результаты наших исследований показали, что при воздействии толуола происходит увеличение содержания ГАМК, уменьшение содержания свободных Глу и Асп, повышение активности фермента ГДК и понижение активности фермента ГАМК-Т в тканях структур головного мозга 6-ти месячных крыс. Можно предположить, что толуол оказывает действие на белковые структуры ферментов обмена ГАМК или взаимодействует с их коферментом – пиридоксаль-5-фосфатом.

Ключевые слова: гамма-аминомасляная кислота, глутаминовая кислота, аспарагиновая кислота, глутаматдекарбоксилаза, ГАМК-аминотрансфераза, толуол.

DYNAMICS OF GABA METABOLISM IN RAT'S BRAIN STRUCTURES WITH EXPOSURE OF TOLUENE

Research article

Agayeva S.V.^{1,*}, Faradzhev A.N.²

^{1,2} Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan

* Corresponding author (nazaket-alieva[at]mail.ru)

Abstract

The authors consider the dynamics of GABA metabolism in tissues of various CNS structures in intact 6-month-old rats after exposure of toluene (5 days, intraperitoneally, 500 mg/kg). The results of this research have shown that when exposed to toluene, there is an increase in the content of GABA, a decrease in the content of free Glu and Asp, an increase in the activity of the GDC enzyme and a decrease in the activity of the GABA-T enzyme in the tissues of brain structures of 6-month-old rats. It can be assumed that toluene has an effect on the protein structures of GABA metabolism enzymes or interacts with their coenzyme, pyridoxal-5-phosphate.

Keywords: gamma-aminobutyric acid, glutamic acid, aspartic acid, glutamate decarboxylase, GABA aminotransferase, toluene.

Толуол общеупотребительное название химического вещества, относящегося к классу моноциклических ароматических углеводородов, образующегося при замещении одного атома водорода в молекуле бензола метильной группой. Одновременно толуол является легкодоступным и дешевым галлюциногенным веществом, используемым токсикоманами.

Нужно отметить, что большую роль в развитии токсических эффектов толуола на клеточном уровне играют доза и время воздействия. Известно, что интоксикация толуолом в первую очередь поражает ЦНС, вызывая серьезные структурные и функциональные изменения. При воздействии подобных агентов даже в небольших дозах и в случаях кратковременной интоксикации могут возникать перманентные нарушения в нейронных цепях различных мозговых структур, неизбежно отражающиеся в нейроповеденческих расстройствах [1]. Согласно данным последних лет, ведущим фактором нейротоксического влияния толуола на ЦНС является его воздействие на нейротрансмиттерные и рецепторные системы мозга. Гамма-аминомасляная кислота (ГАМК), являющаяся нормальным продуктом обмена веществ в нервной ткани, обладает свойствами, отвечающими основным критериям медиатора центральной нервной системы.

Исходя из вышесказанного, целью настоящей работы было изучение влияния толуола (внутрибрюшинно, 5 дней, 500 мг/кг) на обмен ГАМК в тканях структур головного мозга 6-ти месячных крыс.

Материалы и методы

Все эксперименты выполнены с соблюдением принципов международной декларации Европейского сообщества (86/609/ЕЕС). Эксперименты были проведены на белых крысах линии Вистар. Для опытов брали шести месячных крыс. Опытная группа – внутрибрюшинно вводили толуол, 5 дней, 500 мг/кг. Отделы мозга анализировали у интактных и опытных крыс. Содержание ГАМК, Глу и Асп [2], активность ГДК [3] и ГАМК-Т [4] определено в структурах головного мозга экспериментальных крыс. Полученные результаты обработаны статистически.

Результаты и обсуждение

Результаты проведенных исследований показали, что в нормальных условиях у интактных крыс содержание свободных медиаторных аминокислот – ГАМК, Глу и Асп распределено неравномерно в изучаемых отделах мозга.

Таблица 1 – Влияние толуола на содержание ГАМК, Глу и Асп (мкмоль/г) в тканях структур ЦНС 6-ти месячных крыс (M±m, n=5)

Области мозга	Группы	ГАМК	Глу	Асп
Кора больших полушарий мозга	Контроль	2,79±0,09	4,69±0,15	3,13±0,11
	Опыт	3,38±0,12**	4,08±0,13*	2,75±0,09*
	%	121	87	88
Мозжечок	Контроль	2,34±0,07	5,15±0,12	3,28±0,08
	Опыт	3,02±0,09***	4,12±0,08***	2,69±0,09**
	%	129	80	82
Ствол мозга	Контроль	2,04±0,06	5,73±0,17	2,81±0,09
	Опыт	2,45±0,08**	5,16±0,12*	2,44±0,07**
	%	120	90	87
Гипоталамус	Контроль	3,85±0,12	6,21±0,14	3,88±0,12
	Опыт	4,47±0,16***	5,71±0,16*	3,53±0,09*
	%	116	92	91

Примечание: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$

Вероятно, что это связано с уровнем ГАМК-, Асп- и Глутергических нейронов в этих отделах головного мозга. После воздействия толуола наблюдается достоверное снижение содержания Глу с параллельным повышением уровня ГАМК. При этом содержание свободной Асп в тканях коры больших полушарий мозга, мозжечка, ствола мозга и гипоталамуса уменьшается.

Изменение содержания этих аминокислот в ткани мозга связано с его общим ростом, уменьшением в нем количества воды и увеличением объема нервных клеток и нейропилия и количества липидов. Мозг отличается от других органов высоким содержанием Глу и ГАМК, накопление которых происходит параллельно с формированием нейрона и его структурной дифференцировкой.

Результаты следующих серий опытов показали, после воздействия толуола активность ГДК в тканях коры больших полушарий мозга, мозжечка, ствола мозга и гипоталамуса увеличивается по сравнению с данными контрольной группы (таб. 2). После действия толуола активность ГАМК-Т во всех структурах нервной системы также меньше по сравнению с данными контрольной группы.

Основные изменения системы ГАМК при воздействии на организм толуола связаны с увеличением активности ГДК и угнетением ГАМК-Т. В настоящее время четко объяснить обнаруженное нами повышение активности ГДК и соответствующее увеличение содержания ГАМК в исследованных отделах ЦНС крыс при действии толуола пока не представляется возможным. Можно лишь указать на высокую лабильность этого фермента и его выраженную подверженность влиянию нейротропных факторов. Возможно, что при действии толуола нарушаются окислительные процессы в структурах мозга, обуславливающие более интенсивный биосинтез коэнзима ГДК-пиридоксальфосфата, а также имеет место сдвиг pH в этих отделах мозга в сторону оптимума для реакции декарбоксилирования Глу.

Таблица 2 – Влияние толуола на активность ферментов ГДК (мкмоль ГАМК/г·ч) и ГАМК-Т (мкмоль Глу/г·ч) в тканях структур ЦНС 6-ти месячных крыс

Области мозга	Группы	ГДК (мкмоль ГАМК/г.час)	ГАМК-Т (мкмоль Глу/г.час)
Кора больших полушарий мозга	Контроль	80,42±2,55	82,04±2,18
	Опыт	94,90±2,43**	72,20±2,30*
	%	118	88
Мозжечок	Контроль	89,18±2,78	84,34±2,45
	Опыт	110,58±3,41**	68,32±2,54**
	%	124	81
Ствол мозга	Контроль	63,85±2,14	68,12±1,69
	Опыт	74,07±2,06**	59,26±1,38**
	%	116	87
Гипоталамус	Контроль	101,63±3,58	91,63±3,09
	Опыт	111,79±2,12*	83,38±1,76*
	%	110	91

Примечание: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$

Содержание ГАМК в нервных клетках будет также возрастать при снижении интенсивности ее утилизации в цикле Кребса на уровне янтарной кислоты.

Данные о метаболизме ГАМК в ткани головного мозга свидетельствуют о ее важной роли в регулировании соотношения процессов возбуждения и торможения. Представления о ГАМК как возможном медиаторе торможения, о компартментализации и связи ее с энергетическими процессами послужили основанием для исследования роли нарушений обмена этой аминокислоты в развитии нервной патологии различных видов. Повышение или снижение

уровня ГАМК в ткани мозга при различных экстремальных воздействиях указывает на возникновение кризисного состояния вследствие нарушения компенсаторных возможностей организма.

Высокая концентрация ГАМК в ткани мозга млекопитающих свидетельствует, что ее роль в нервной деятельности не ограничивается лишь медиаторной функцией. В случае нормального функционирования важнейших систем организма концентрация ГАМК в мозге поддерживается на стабильном уровне, что указывает на высокую пластичность обмена в ЦНС и на важность многообразных эффектов ГАМК, способствующей общему торможению активности нервных структур. Топографическое распределение ГАМК и синтезирующего ее фермента ГДК свидетельствует об их приуроченности к нервным структурам, связанным с тормозными процессами.

Толуол оказывает влияние на различные нейромедиаторные системы, включая дофамин, ГАМК и глутамат [5], [6].

В начале 1988 года исследовано субхронический (1 месяц, 16 часов в день по 50, 250 или 1000 ppm) или хронический (3 месяца, 16 часов в день, 500 ppm) воздействия толуола на ГАМК в мозге крыс [7]. Выявлено, что ГАМК увеличивается в стволе мозга и лобная кора в субхроническом состоянии и уменьшается в коры больших полушарий мозга в хроническом [7]. Показало, что в течение 2 часов при 2000 ppm толуола повышается уровень внеклеточной ГАМК в мозжечке (167% во время и через 60 минут после воздействия) [8]. Хотя авторы предположили, что результаты могут быть связаны с входным сигналом мозжечка от спинного мозга и ядер ствола мозга. Толуол оказывает более непосредственное влияние на GABAergic нейронов мозжечка.

Толуол повышает уровень внеклеточного ГАМК в коре мозга. Введение CGP 35348 (антагонист ГАМК) ингибирует некоторые эффекты толуола на вестибуло-окуломоторный рефлекс, подтверждают гипотезу о том, что толуол влияет на вестибуло-окуломоторный рефлекс через изменение ГАМК нейротрансмиссии. Толуол оказывает региональное специфическое влияние на передачу ГАМК в ЦНС [8]

Острый толуол уменьшает глутамата. Повторное воздействие толуола увеличивает токи NMDA, а также отдельные субъединицы рецептора NMDA [9]. Длительное воздействие (10 дней, до 8000 ppm) толуола повышает уровень субъединицы рецептора NMDA в мозге [10]. Острый толуол повышает уровень внеклеточного глутамата гиппокампа [11]. Эффекты толуола на пресинаптическую передачу ГАМК зависят от области мозга, так как острый толуол увеличивал внеклеточную ГАМК в мозжечке и не влиял на стриатум [8], [12].

Можно полагать, что увеличение количества ГАМК в нервных клетках является компенсаторной реакцией организма для поддержания многообразных ее эффектов в отношении различных звеньев обмена веществ в течение интоксикации толуола.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Liu C.L. Effects of toluene exposure during brain growth spurt on GABA a receptor-mediated functions in juvenile rats / C. L. Liu, Y. R. Lin, M. H. Chan, H. H. Chen // *Toxicol. Sci.* – 2007. – Vol. 95. - №. 2. – P. 443-451.
2. Doze K. Dir anvendug der hochspannungsspheroographie dei der quantitativen totalanoiyse von protein hydrolysaten / K. Doze // *Mittelling Biochem. Z.* – 1957. – Vol. 329. - № 2. - P. 390-398.
3. Sytinsky I. A. Effect of certain drugs on gamma-aminobutyric acid system on central nervous system / I. A. Sytinsky, T. N. Priyatkina // *Biochem. Pharmacol.* – 1966. – Vol. 115. - № 1 - P. 49-57.
4. Нилова Н. С. Аммиак и ГАМК-трансаминазная активность ткани головного мозга / Н. С. Нилова // *Докл. АН СССР.* – 1966. - Т. 2. - С. 483-486.
5. Eisenberg D.P. Neurotoxicity and mechanism of toluene abuse / D. P. Eisenberg // *Journal of Biology and Medicine.* – 2003. – Vol. 19 – P. 150-159.
6. Bowen S.E. The last decade of solvent research in animal models of abuse: mechanistic and behavioral studies / S. E. Bowen, J. C. Batis, N. Paez-Martinez, S. L. Cruz // *Neurotoxicology and Teratology* – 2006. – Vol. 28 – P. 636–647.
7. Bjornaes S. Biochemical changes in different brain areas after toluene inhalation / S. Bjornaes, L. U. Naalsund // *Toxicology* – 1988. – Vol. 49 – P. 367-374.
8. Stengard K. Acute toluene exposure increases extracellular GABA in the cerebellum of rat: a microdialysis study / K. Stengard, R. Tham, W. T. O'Connor and others // *Pharmacology & Toxicology* – 1993 – Vol. 73 – P. 315-318.
9. Bale A.S. Alterations in glutamatergic and gabaergic ion channel activity in hippocampal neurons following exposure to the abused inhalant toluene / A. S. Bale, Y. Tu, E.P. Carpenter-Hyland and others // *Neuroscience* – 2005. - Vol. 130 – P. 197–206.
10. Williams J.M. Effects of repeated inhalation of toluene on ionotropic GABA A and glutamate receptor subunit levels in rat brain / J. M. Williams, D. Stafford, J. D. Steketee // *Neurochemistry International.* – 2005. – Vol. 46 – P. 1-10.
11. Win-Shwe T.T. Toluene induces rapid and reversible rise of hippocampal glutamate and taurine neurotransmitter levels in mice / T. T. Win-Shwe, D. Mitsushima, D. Nakajima and others // *Toxicology Letters* – 2007. – Vol. 168- P. 75–82
12. Stengard K. Acute toluene exposure decreases extracellular gammaaminobutyric acid in the globus pallidus but not in striatum: amicrodialysis study in awake, freely moving rats / K. Stengard, W. T. O'Connor // *European Journal of Pharmacology* – 1994. – Vol. 292 – P. 43-46.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Liu C.L. Effects of toluene exposure during brain growth spurt on GABA a receptor-mediated functions in juvenile rats / C. L. Liu, Y. R. Lin, M. H. Chan, H.H.Chen // *Toxicol. Sci.* – 2007. – Vol. 95. - №. 2. – P. 443-451.
2. Doze K. Dir anvendug der hochspannungsspheroographie dei der quantitativen totalanoiyse von protein hydrolysaten / K. Doze // *Mittelling Biochem. Z.* – 1957. – Vol. 329. - № 2. - P. 390-398.

3. Sytinsky I. A. Effect of certain drugs on gamma-aminobutyric acid system on central nervous system / I. A. Sytinsky, T. N. Priyatkina // *Biochem. Pharmacol.* – 1966. – Vol. 115. - № 1 - P. 49-57.
4. Nilova N. S. Ammiak i GAMK-transaminaznaja aktivnost' tkani golovnog mozga [Ammonia and GABA transaminase activity of brain tissue] / N. S. Nilova // *Reports of the Academy of Sciences of the USSR.* – 1966. – V. 2. – P. 483-486. [in Russian]
5. Eisenberg D.P. Neurotoxicity and mechanism of toluene abuse / D. P. Eisenberg // *Journal of Biology and Medicine.* – 2003. – Vol. 19 – P. 150-159.
6. Bowen S.E. The last decade of solvent research in animal models of abuse: mechanistic and behavioral studies / S. E. Bowen, J. C. Batis, N. Paez-Martinez, S. L. Cruz // *Neurotoxicology and Teratology* – 2006. – Vol. 28 – P. 636–647.
7. Bjornaes S. Biochemical changes in different brain areas after toluene inhalation / S. Bjornaes, L. U. Naalsund // *Toxicology* – 1988. – Vol. 49 – P. 367-374.
8. Stengard K. Acute toluene exposure increases extracellular GABA in the cerebellum of rat: a microdialysis study / K. Stengard, R. Tham, W. T. O'Connor and others // *Pharmacology & Toxicology* – 1993 – Vol. 73 – P. 315-318.
9. Bale A.S. Alterations in glutamatergic and gabaergic ion channel activity in hippocampal neurons following exposure to the abused inhalant toluene / A. S. Bale, Y. Tu, E.P. Carpenter-Hyland and others // *Neuroscience* – 2005. - Vol. 130 – P. 197–206.
10. Williams J.M. Effects of repeated inhalation of toluene on ionotropic GABA A and glutamate receptor subunit levels in rat brain / J. M. Williams, D. Stafford, J. D. Steketee // *Neurochemistry International.* – 2005. – Vol. 46 – P. 1-10.
11. Win-Shwe T.T. Toluene induces rapid and reversible rise of hippocampal glutamate and taurine neurotransmitter levels in mice / T. T. Win-Shwe, D. Mitsushima, D. Nakajima and others // *Toxicology Letters* – 2007. – Vol. 168- P. 75–82
12. Stengard K. Acute toluene exposure decreases extracellular gammaaminobutyric acid in the globus pallidus but not in striatum: amicrodialysis study in awake, freely moving rats / K. Stengard, W. T. O'Connor // *European Journal of Pharmacology* – 1994. – Vol. 292 – P. 43-46.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.017>

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЕРОТОНИНА В ЦНС КРОЛИКОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СРОКАХ ПИЩЕВОЙ ДЕПРИВАЦИИ И ЕЕ ОТМЕНЕ

Научная статья

Гаджиева Э.Т. *

Азербайджанский Государственный Педагогический Университет, Баку, Азербайджан

* Корреспондирующий автор (nazaket-alieva[at]mail.ru)

Аннотация

Целью данной работы было изучение содержания серотонина в митохондриях структур головного мозга 3-х месячных кроликов при различных сроках пищевой депривации и на фоне восстановления пищевого режима. Опытная группа была разбита на подгруппы с учетом длительности периода (1, 3 и 5 суток) пищевой депривации и на фоне 7-ми суточного восстановления пищевого режима. Принудительная пищевая депривация вызывает понижение уровня серотонина в митохондриальных фракциях головного мозга у 3-х месячных кроликов.

Ключевые слова: стресс, серотонин, пищевая депривация, пищевой режим.

DYNAMICS OF CHANGE OF SEROTONIN CONTENT IN THE CNS OF RABBITS AT DIFFERENT STAGES OF FOOD DEPRIVATION AND ITS CANCELLATION

Research article

Gadzhieva E.T. *

Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan

* Corresponding author (nazaket-alieva[at]mail.ru)

Abstract

The purpose of this work was to study the serotonin content in the mitochondria of the brain structures of 3-month-old rabbits at different stages of food deprivation and against the background of the restoration of the feeding schedule. The experimental group was divided into subgroups with regard to the duration of the period (1, 3 and 5 days) of food deprivation and against the background of a 7-day restoration of the food schedule. Forced food deprivation causes a decrease in serotonin levels in the mitochondrial fractions of the brain in 3-month-old rabbits.

Keywords: stress, serotonin, food deprivation, feeding schedule.

Фактор питания является одним из общебиологических факторов, обеспечивающих жизнедеятельность живого организма. Несвоевременное и неполноценное питание, белковая и калорийная недостаточность пищи, длительная пищевая депривация способствует истощению эндогенных пищевых ресурсов и вызывают чувство голода [1].

Адаптация животных к условиям питания начинается нередко с регуляции на уровне пищевой мотивации. Если мотивация не позволяет животному выйти из неблагоприятного пищевого статуса, то включаются другие уровни регуляции, в том числе индукция синтеза транспортных белков и ферментов [2]. Медиаторы ЦНС выполняют сложные функции с целью восприятия и запуска центрального механизма экстренной адаптационно-компенсаторной реакции организма. Здесь важное место принадлежит взаимоотношениям медиаторных систем.

Одним из важнейших транзиттеров, участвующих в регуляции энергетического гомеостаза, который заключается в стимуляции одних и ингибировании других нейронов гипоталамуса периферическими гормонами, является серотонин.

Исходя из вышесказанного, целью данной работы было изучение содержания серотонина в митохондриях различных структур головного мозга 3-х месячных кроликов при различных сроках пищевой депривации и на фоне восстановления пищевого режима.

Материалы и методы

Все эксперименты выполнены с соблюдением принципов международной декларации Европейского сообщества (86/609/ЕЕС) о защите животных, используемых для экспериментальных и других научных целей.

В качестве объекта исследования были использованы 3-х месячные кролики, содержащиеся в стандартных условиях вивария на протяжении всего периода эксперимента.

Животные были разделены на следующие группы:

а) контрольная группа – интактные особи;

б) опытная группа была разбита на подгруппы с учетом длительности периода (1, 3 и 5 суток) пищевой и на фоне 7-ми суточного восстановления пищевого режима.

Для определения содержания серотонина использован универсальный флуориметрический метод Б.М.Когана и Н.В.Нечаева [3], основанный на экстракции биогенных моноаминов органическим раствором (Н-бутанолом и гептаном). Исходную митохондриальную фракцию из отделов мозга выделяли по методу Сомогьи и Фонью [4].

Полученные результаты обработаны статистически.

Результаты и их обсуждение

Согласно полученным результатам, у интактных животных в митохондриальной фракции исследуемых структур мозга содержание серотонина составляет: в орбитальной коре - $111 \pm 5,5$ нг/г свежей ткани, сенсомоторной - $126 \pm 5,1$, лимбической - $141 \pm 5,1$, зрительной - $137 \pm 6,6$, стволе мозга - $148 \pm 5,9$ и гипоталамусе - $229 \pm 7,8$.

Как видно из данных таблицы, после односторонней пищевой депривации содержание серотонина в вышеуказанных структурах мозга понижается на 13%, 10%, 16%, 14% и 17%, соответственно. В гипоталамусе понижение содержания серотонина составляет 22% по сравнению с данными контрольных животных.

На 3-и сутки пищевой депривации содержание серотонина существенно повышается и составляет: в орбитальной коре - $87 \pm 2,9$ нг/г свежей ткани, сенсомоторной - $103 \pm 3,5$, лимбической - $111 \pm 3,7$, зрительной - $110 \pm 3,7$, стволе мозга - $114 \pm 3,8$ и гипоталамусе - $160 \pm 6,4$.

Таблица 1 – Содержание серотонина в различных структурах головного мозга 3-х месячных кроликов при различных сроках пищевой депривации ($M \pm m$, $n=5$)

Области мозга	Показатели	Серотонин			
		Сроки			
		Контроль	1-суточная	3-суточная	5-суточная
Орбитальная кора	$M \pm m$	$111 \pm 5,5$	$97 \pm 3,7$	$87 \pm 2,9^{**}$	$83 \pm 3,1^{**}$
	%	100	87	78	75
Сенсомоторная кора	$M \pm m$	$126 \pm 5,1$	$113 \pm 4,6$	$103 \pm 3,5^{**}$	$101 \pm 3,0^{**}$
	%	100	90	82	80
Зрительная кора	$M \pm m$	$137 \pm 6,6$	$118 \pm 5,1$	$110 \pm 3,7^{**}$	$99 \pm 2,6^{***}$
	%	100	86	80	72
Лимбическая кора	$M \pm m$	$141 \pm 5,1$	$118 \pm 3,0^{**}$	$111 \pm 3,7^{**}$	$103 \pm 3,5^{***}$
	%	100	84	79	73
Ствол мозга	$M \pm m$	$148 \pm 5,9$	$123 \pm 5,4^*$	$114 \pm 3,8^{**}$	$105 \pm 3,4^{***}$
	%	100	83	77	71
Гипоталамус	$M \pm m$	$229 \pm 7,8$	$179 \pm 6,7^{**}$	$160 \pm 6,4^{***}$	$149 \pm 4,9^{***}$
	%	100	78	70	65

Примечание: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$

На 5-е сутки пищевой депривации в орбитальной коре содержание серотонина понижается до $83 \pm 3,1$ нг/г, в сенсомоторной - до $101 \pm 3,0$ нг/г, лимбической - до $103 \pm 3,5$, зрительной - до $99 \pm 2,6$, стволе мозга - до $105 \pm 3,4$, гипоталамусе - до $149 \pm 4,9$, что составляет 25%, 20%, 27%, 28%, 29% и 35%, соответственно, по сравнению с контролем.

На фоне 7-ми суточного восстановления пищевого режима в содержании серотонина прослеживается тенденция к повышению, что составляет: в орбитальной коре $107 \pm 2,7$ нг/г свежей ткани, сенсомоторной - $118 \pm 3,5$, лимбической - $128 \pm 3,7$, зрительной - $127 \pm 4,0$, стволе мозга - $135 \pm 2,9$ и гипоталамусе - $199 \pm 6,4$.

Таблица 2 – Содержание серотонина в различных структурах головного мозга 3-х месячных кроликов на фоне 7-ми суточного восстановления пищевого режима после 5-суточной пищевой депривации ($M \pm m$, $n=5$)

Показатели		Области мозга					
		ОК	С-МК	ЗК	ЛК	СМ	Г
Контроль	$M \pm m$	$111 \pm 5,5$	$126 \pm 5,1$	$137 \pm 6,6$	$141 \pm 5,1$	$148 \pm 5,9$	$229 \pm 7,8$
7-суточное	$M \pm m$	$107 \pm 2,7$	$118 \pm 3,5$	$127 \pm 4,0$	$128 \pm 3,7$	$135 \pm 2,9$	$199 \pm 6,4^*$
	%	96	94	93	91	91	87

Примечание: * - $p < 0,05$, ОК - Орбитальная кора, СМК - Сенсомоторная кора, ЗК - Зрительная кора, ЛК - Лимбическая кора, СМ - Ствол мозга, Г - Гипоталамус

В процессе голодания удовлетворение энергетических и пластических потребностей организма происходит за счет ряда метаболических и гормональных изменений. Эти изменения, охватывая многие сферы жизнедеятельности организма (нейрогуморальные, иммунные и т.д.), на определенном этапе индивидуального развития организма вызывают в нем предельно допустимые адаптационно-компенсаторные сдвиги.

В настоящее время в литературе существуют обстоятельные обзоры о влиянии нейромедиаторов на уровень потребления пищи [5], где указывается, что потребление пищи контролируется множеством катехоламиновых и пептидных медиаторов, действие которых на мозговые центры различно и эффекты часто противоположны. Классические представления о «центре голода» и «центры насыщения» должны быть заменены на гипотезу об «интегративной зоне», являющейся основной мишенью для специфических нейромедиаторов. Выявлено, что в медиальном и паравентрикулярном гипоталамусе находятся нейроны, подавляющие пищевое поведение, они получают норадренергические ингибиторные и серотонинергические активирующие афференты.

В условиях пищевой депривации белковый обмен головного мозга животных нарушается в значительно меньшей степени, чем в тканях других органов. Выдвигается предположение, что одним из возможных механизмов, определяющих такой резистентность нервной ткани к экстремальному фактору, является активация цикла трикарбоновых кислот. Путем активации внутриклеточных ферментативных процессов происходит обеспечение пластических и энергетических потребностей нейрона.

Моноаминергические системы принимают участие в перестройке мотивационных центров с целью коррекции поведенческой деятельности при различных уровнях пищевой мотивации. Имеющиеся на сегодняшний день публикации позволяют говорить о вовлечении серотонинергической системы в процесс адаптации организма к чрезвычайным воздействиям [6].

По мнению некоторых авторов, серотонин играет важную роль в регуляции функций ГТАКС при стрессе [7, 8]. Острый стресс приводит к повышению содержания серотонина в мозге, что важно для обеспечения контроля отрицательной обратной связи в ГТАКС, и является одним из биологических механизмов адаптации к стрессирующим воздействиям [7]. Напротив, дисфункция 5-НТ системы при продолжительном хроническом стрессе подавляет активность ГТАКС и, снижая степень адаптации организма. Нейромедиатор серотонин часто называют «гормоном счастья». Серотонин, повышается при обнаружении пищи и приводит к торможению локомоции и активации пищевого ритма [9]. Серотонинергическая система повышает аппетит. Аппетит связан с балансом серотонина в различных отделах гипоталамуса [10].

Таким образом, состояние моноаминергических систем гипоталамических ядер тесно связано с реализацией нескольких механизмов, связанных влиянием на гомеостатические системы организма. Если функция адреналина направлена на регуляцию внутриклеточных механизмов энергообеспечения и энергозатраты, функции норадреналина на регуляцию нервных механизмов, пищевого поведения, то функция дофамина и серотонина направлена на реализацию центральных механизмов с отрицательной обратной связью [11]. Но реализация этих механизмов осуществляется с непосредственным участием пептидергических систем гипоталамических ядер. Этот механизм при различных уровнях пищевой депривации в первую очередь направлен на регуляцию механизмов энергообеспечения, регуляцию ионного и водного баланса организма.

Выявлено, что серотонин в больших количествах присутствует в гипоталамусе и других структурах головного мозга [12]. Особое значение, как важному медиатору в ЦНС, уделяется серотонину и другим моноаминам. Интерес к этому объясняется тем, что они выполняют в организме ряд основных функций. С одной стороны, они выступают как гормоны, когда их действие длительно и связано с изменением сложных обменных процессов в клетке, с другой стороны – как медиаторы, когда они действуют кратковременно, влияют на проницаемость постсинаптической мембраны и участвуют в проведении нервного импульса.

Роль лимбической коры в регуляции многих висцеро-соматических и мотивационно-эмоциональных реакций организма в настоящее время не вызывает сомнения [13]. Именно благодаря лимбическим механизмам происходит модуляция и контроль этих реакций, что обеспечивает целенаправленные приспособительные поведенческие акты, в том числе пищевые мотивационные реакции организма.

Таким образом, обширный литературный материал подтверждает, что хотя гипоталамические механизмы обеспечивают основное состояние голода и насыщения и интеграцию сложных безусловных рефлексов в виде координированных реакций приема пищи и изменения секреторной и моторной активности пищеварительного аппарата, они модулируются и изменяются активностью многих отделов мозга.

В заключении можно предположить, что пищевая депривация как специфический фактор уменьшает содержание серотонина в митохондриях различных структур головного мозга экспериментальных животных.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Ньюсхолм Э. Регуляция метаболизма / Э. Ньюсхолм, К. Старт // М.: Мир – 1977. - 408 С.
2. Гальперин Ю.М. Пищеварение и гомеостаз / Ю.М. Гальперин, П.И. Лазарев // М.: Наука – 1986. - 303 С.
3. Коган Б.М. Чувствительный и быстрый метод одновременного определения дофамина норадреналина, серотонина и 5-оксиндолуксусной кислоты в одной пробе. / Б.М. Коган, Н.В. Нечаев «Лабират. дело» - 1979. - № 5. - С. 301
4. Somogyi J. Preparation of brain mitochondria / J. Somogyi, A. Fonjo, I. Vincze // Acta Physiol. Acad. Sci. Hung. - 1962. - Vol. 21. - P. 295-300
5. Fantino M. Neuromediators la prise alimentaire / M. Fantino // De la Pharmacologie a la physiologie Can. Nutr. Et diat – 1989. - Vol. 24 - № 3 - P. 181-187
6. Меерсон Ф.З. Адаптация, стресс и профилактика / Ф.З. Меерсон // М.: Наука - 1981. - 278 с
7. Firk Ch. Serotonin by stress interaction: a susceptibility factor for the development of depression? / Ch. Firk, C.R. Markus // J. of Psychopharmacology. - 2007. - Vol. 21. - № 5. - P. 538-544
8. Van Praag H.M. Can stress cause depression? / H.M. Van Praag // Prog. Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry. - 2004. - Vol. 28. - P. 891-907
9. Sawin E.R. C. elegans locomotory rate is modulated by the environment through a dopaminergic pathway and by experience through a serotonergic pathway / E.R. Sawin, R. Ranganathan, H.R. Horvitz // Neuron. - 2000. - Vol. 26. - № 3. - P. 619-631
10. Makashev E.K. Role of hypothalamus, dopamine, serotonin in the regulation of mechanisms of satiety in goats / E.K. Makashev, K.T. Tashenov, R. S. Karynbaev, Kim T.D. / Neuroscience for medicine and psychology. - 2011 - p. 277
11. Аскеров Ф.Б. Морфохимические закономерности адаптационно-компенсаторных реакций ядер гипоталамуса при изменении пищевой и питьевой мотивации. Автореф. ... докт. биол. наук / Ф.Б. Аскеров – Киев. – 1991. - 50 С.
12. Yves C. Brain serotonergic circuitries / C. Yves, L. Lucienne // Dialogues in Clinical Neuroscience – 2010. - Vol. 12. - № 4. - P.471-487
13. Кожедуб Р.Г. Особенности функционирования нейронов гипоталамуса и коры при разных мотивационно-экстремальных состояниях животного. / Р.Г. Кожедуб, В.А. Засимовский, М.И. Зайченко и др. // Бюл. Эксп. Биол. и мед. - 1997. - Т.123. - С.27-31

Список литературы на английском языке / References in English

1. Nyuskhalm E. Regulyatsiya metabolizma. [Regulation of metabolism] / E. Nyuskhalm, K. Start // M.: Mir – 1977 - 408 P. [in Russian]
2. Galperin Y.M. Pishchevareniye i gomeostaz [Digestion and homeostasis] / Y.M. Galperin, P.I. Lazarev // M.: Nauka – 1986 - 303 P. [in Russian]
3. Kogan B.M. Chuvstvitel'nyy i bystryy metod odnovremennogo opredeleniya defamina noradrenalina, serotoninina i 5-oksindolusnoy kisloty v odnoy probe. [*Sensitive and fast method for the simultaneous determination of defamine norepinephrine, serotonin and 5-oxindolucetic acid in one sample.*] / B.M. Kogan, N.V. Nechayev // «Labirat. delo» - 1979 - № 5 - P. 301 [in Russian]
4. Somogyi J. Preparation of brain mitochondria / J. Somogyi, A. Fonjo, I. Vincze // Acta Physiol. Acad. Sci. Hung. - 1982. V. 21. - P. 295-300
5. Fantino M. Neuromediators la prise alimentarie / M. Fantino // De la Pharmacologic a la physiologic Can. Nutr. Et diat - 1989 - V. 24 - №3 - P. 181-187
6. Meyerson F.Z. Adaptatsiya, stress i profilaktika. [Adaptation, stress and prevention] / F.Z. Meyerson // M.: Science - 1981. - 278 P. [in Russian]
7. Firk Ch. Serotonin by stress interaction: a susceptibility factor for the development of depression? / Ch. Firk, C.R. Markus // J. of Psychopharmacology – 2007 - V. 21 - № 5 - P. 538-544.
8. Van Prag H.M. Can stress cause depression? / H.M. Van Prag // Prog. Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry – 2004 - Vol. 28 - P. 891-907
9. Sawin E.R. C. elegans locomotory rate is modulated by the environment through a dopaminergic pathway and by experience through a serotonergic pathway / E.R. Sawin, R. Ranganathan, H.R. Horvitz // Neuron – 2000 – V.26 - №3 – P. 619-631
10. Makashev E.K. Role of hypothalamus, dopamine, serotonin in the regulation of mechanisms of satiety in goats / E.K. Makashev, K.T. Tashenov, R. S. Karynbaev, Kim T.D. / Neuroscience for medicine and psychology. – 2011 – p. 277
11. Askerov F.B. Morfokhimicheskiye zakonomernosti adaptatsionno-kompensatornykh reaktsiy yader gipotalamusa pri izmenenii pishchevoy i pit'yevoy motivatsii. Avtoref. Doktorskoy dissertatsii [*Morphochemical patterns of adaptive-compensatory reactions of the nuclei of the hypothalamus when changing food and drinking motivation*]. Abstract of PhD thesis in Biology. / F.B. Askerov. - Kiev – 1991 - 50 P.. [in Russian]
12. Yves C. Brain serotonergic circuitries / C. Yves, L. Lucienne // Dialogues in Clinical Neuroscience – 2010 – V. 12 - № 4 - P. 471-487
13. Kozhedub R.G. Osobennosti funktsionirovaniya neyronov gipotalamusa i kory pri raznykh motivatsionno-ekstremal'nykh sostoyaniyakh zivotnogo. [*Features of the functioning of the neurons of the hypothalamus and cortex in different motivational and extreme states of the animal*] / R.G. Kozhedub, V.A. Zashimovskiy, M.I. Zaichenko and other // Byul. Eks. Biol i med. [Bulletin of Experimental Biology and Medicine] – 1997 - V.123 - P. 27-31 [in Russian]

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ / MEDICINE

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.018>

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕРАПИИ РОЖИ

Научная статья

Ермакова Л.А.¹, Буравлев А.Ю.², Андреева А.О.³, Журавлев А.С.^{4,*}

¹ORCID: 0000-0002-8918-2271;

^{1, 2, 3} Ростовский научно-исследовательский институт микробиологии и паразитологии, Ростов-на-Дону, Россия;
⁴ ЦИОП «Медицина будущего», Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (dep140infection[at]gmail.com)

Аннотация

Статья посвящена анализу научных публикаций по терапии рожи, выполненных в течение последних двух десятилетий. Обсуждаются вопросы как этиотропной терапии, так и общего и местного патогенетического воздействия на локальный воспалительный процесс при этой патологии. Рассматривается необходимость новых терапевтических подходов, связанных с моделированием ответа факторов врожденного иммунитета, основанных, прежде всего, на усилении активности макрофагального фагоцитоза, а также снижении активности провоспалительных цитокинов на высоте воспалительного ответа в разгаре заболевания.

Ключевые слова: рожа, патогенез, терапия, макрофагальный фагоцитоз, провоспалительные цитокины.

OPTIMIZATION OF ERYSIPELAS THERAPY

Research article

Ermakova L.A.¹, Buravlev A.Yu.², Andreeva A.O.³, Zhuravlev A.S.^{4,*}

¹ORCID: 0000-0002-8918-2271;

^{1, 2, 3} Rostov Research Institute of Microbiology and Parasitology, Rostov-on-Don, Russia;
⁴ Center for Medical Science of the Future, First Moscow State Medical University. THEM. Sechenov, Moscow, Russia

* Corresponding author (dep140infection[at]gmail.com)

Abstract

The article is devoted to the analysis of scientific works on the treatment of erysipelas, made over the past two decades. The issues concerning both etiotropic therapy, and general and local pathogenetic effects on the local inflammatory process in this pathology are discussed in the paper. We consider the need for new therapeutic approaches associated with modeling the response of innate immunity factors based primarily on enhancing the activity of macrophage phagocytosis, as well as reducing the activity of pro-inflammatory cytokines at the height of the inflammatory response at the height of the disease.

Keywords: erysipelas, pathogenesis, therapy, macrophage phagocytosis, proinflammatory cytokines.

Актуальность

Несмотря на значительные успехи, достигнутые в изучении рожи, это заболевание остается актуальным на протяжении многих лет в связи с высоким уровнем заболеваемости (1,2-1,8 на 100 000 населения), остаточными явлениями, нередко приводящими к инвалидизации пациентов, серьезными осложнениями, представляющими угрозу для их жизни [1], [2].

Кроме этого, вопрос выбора препаратов для патогенетического лечения рожи до сих пор остается открытым. Проблема заключается в различной стоимости и эффективности средств патогенетической терапии, а также их воздействии на разные звенья патогенеза рожи [3], [4]

Целью работы явился обзор научных исследований, посвященных аспектам патогенетического лечения рожи.

Материалы и методы

Были проанализированы статьи в отечественных рецензируемых научных журналах, посвященные различным схемам терапии рожи, опубликованные в течение двух последних десятилетий.

Результаты

Недостаточная эффективность антибактериальных препаратов как в отношении обратной регрессии клинических симптомов рожи в разгаре заболевания, так и в предотвращении ее рецидивирующего течения, привела к тому, что все чаще исследователи стали обращать внимание на комбинированную терапию с одновременным использованием этиотропных и патогенетических средств [5], [6]. Предназначением последних являлось ускорение обратного развития симптомов заболевания, благодаря противовоспалительным эффектам и, в некоторых случаях, стимуляция фагоцитоза, направленная на предотвращение возникновения рецидивов.

В связи с этим в недалеком прошлом в патогенетическом лечении рожи стали использоваться различные препараты иммуномодулирующей направленности, ориентированные на активизацию местных факторов врожденного иммунитета, в частности, усиление фагоцитарной активности макрофагов в отношении как самого бета-гемолитического стрептококка, так и его L-форм. Появились публикации, в которых демонстрировалась клиническая эффективность таких иммуномодулирующих препаратов, как Т-активин, тималин, ронколейкин, иммунофан, левамизол и др.) [7]. Вместе с тем, как оказалось, при роже большинство рецидивов связано с несостоятельностью макрофагального фагоцитоза, тогда как нарушения Т-клеточного иммунитета не играют основной роли в патогенезе рожи, что при вело к снижению популярности усилителей Т-клеточного звена иммунитета в лечении рожи. Не удалось

воспроизвести эффективность ронколейкина и иммунофана, описанную в первых исследованиях, в последующей рутинной практике, что, возможно, связано с недостаточным влиянием этих препаратов на резидентные макрофаги [7].

Между тем, именно снижение активности макрофагального фагоцитоза приводит к сохранению и длительной персистенции L-форм гемолитического стрептококка в очаге воспаления даже в поздний период реконвалесценции [7], [8].

Это привело исследователей к поиску препаратов, направленных на длительное поддержание активности макрофагального фагоцитоза в периоде реконвалесценции, а также других местных и общих факторов врожденного иммунитета (альфа-, бета-, гамма- и ламбда-интерферонов, лизоцима и др.). Достаточно обнадеживающие в этом плане результаты были получены при использовании галактилина [5]. При изучении прооксидантно-антиоксидантной и калликреин-кининовой систем при роже стало ясно, что их гиперактивация, наиболее выраженная при геморрагических формах заболевания, приводит к тяжелому течению рожи, но способствует уничтожению бактериальных и L-форм бета-гемолитического стрептококка. В этом случае дополнительная стимуляция моноцитов и макрофагов не является целесообразной. С другой стороны, при эритематозных формах рожи активность этих систем обычно снижена, а активность макрофагов и моноцитов подавлена. Это приводит к более легкому течению рожи, но способствует развитию рецидивов. Поэтому, при негеморрагических формах рожи стимуляция моноцитарно-макрофагальной системы является актуальной. Для этого исследователи предложили подходить к терапии рожи селективно и назначать при ее эритематозных формах гемолизат аутокрови, стимулирующий макрофагальный фагоцитоз и прооксидантную активность крови, а при геморрагических – антиоксидант эмоксипин [3].

Проводить коррекцию местного воспаления при роже удалось и с помощью системной энзимотерапии, которая обладает свойствами стимулировать макрофагальный фагоцитоз при сниженной его активности при эритематозных формах заболевания [8], [9] и подавлять гиперактивность провоспалительных цитокинов, прооксидантно-антиоксидантной и калликреин-кининовой системы при геморрагических.

Параллельно с системным воздействием с помощью иммуномодулирующих средств, исследователи начали использовать средства физиотерапевтического воздействия на организм, местное применение мазей на основе антисептиков и антибиотиков (мирамистина, левомицетина, диоксида) [10]. Перспективные данные были получены при местном воздействии на очаг воспаления озоном, а также с использованием аквакомплекса титана глицеросольвата [11].

Еще один немаловажный аспект – это клинико-экономический анализ как качества распознавания, так и эффективности различных схем терапии рожи. К сожалению, до настоящего времени такие исследования крайне малочисленные и практически ориентированные только на сравнение этиотропной терапии рожи с комплексным этиопатогенетическим воздействием. Необходимы широкомасштабные сравнительные исследования различных комбинированных схем терапии рожи, обладающих сопоставимой эффективностью по профилактике рецидивов рожи, для выбора наиболее целесообразных в экономическом отношении схем терапии заболевания [3], [12]. Это приобретает особую актуальность в свете мультидисциплинарности проблемы рожи, ее частого сочетания с сопутствующей сосудистой и эндокринной патологией [13], [14].

Заключение. Анализ научных публикаций, посвященных терапии рожи, показывает необходимость комплексного, но, вместе с тем, персонализированного подхода к выбору лечебной тактики, основанного на форме местного воспалительного очага, а также кратности заболевания. Целесообразно одновременное использование средств патогенетического и физиотерапевтического воздействия на организм. Кроме того, требуются дальнейшие исследования по подбору оптимальных схем лечения и, возможно, алгоритмов выбора тех или иных способов патогенетически обоснованного комплексного воздействия на организм.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Амбалов, Ю.М. Эпидемиологический анализ заболеваемости рожей в г. Ростове-на-Дону/ Ю.М. Амбалов, Н.Ю. Пшеничная, М.В. Ахмидинова// Успехи современного естествознания. - 2004. - №8. - С. 62.
2. Еровиченков, А.А. Актуальные аспекты современной клиники, лечения и реабилитации больных рожей / А.А. Еровиченков, С.А. Потеева, Г.И. Анохина //Фарматека. - 2012. - №20. - С. 62-67.
3. Пшеничная Н.Ю. Рожа: программа оптимизации диагностики и лечения, фармакоэкономический анализ: автореф. дис. докт. мед. наук/ Н.Ю. Пшеничная, Ростов-на-Дону, 2005. - 36 с.
4. Амбалов, Ю.М. Применение методов математического моделирования в фармакоэкономическом анализе терапии рожи нижних конечностей/ Ю.М. Амбалов, Н.Ю. Пшеничная, А.П. Коваленко // Успехи современного естествознания. - 2005. - № 10. - С. 32-33.
5. Жаров, М.А. Клинические проявления рожи и эффективность терапии с применением аминофталгидразидов и лазерного излучения / М.А. Жаров// Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. - 2006. - № 12. - С. 141-145.
6. Амбалов, Ю.М. Использование линкомицина, гемолизата аутокрови и эмоксипина в реабилитационной терапии больных рожей нижних конечностей/ Ю.М. Амбалов, В.П. Кузнецов, А.П. Коваленко, Н.Ю. Пшеничная // International Journal on Immunorehabilitation. - 1997. - №4. - С. 36.
7. Пшеничная Н.Ю. Роль неспецифических и специфических факторов резистентности кожи в патогенезе рожистого воспаления и коррекция их нарушений: автореф. дис. канд. мед. наук/ Н.Ю. Пшеничная, Москва, 1996. – 24 с.

8. Пшеничная, Н.Ю. Клиническая и патогенетическая эффективности применения препаратов системной энзимотерапии в лечении рожи нижних конечностей/ Н.Ю. Пшеничная, Т.В. Москвоя Т.В., Н.М. Добаева// Фундаментальные исследования. - 2014. - №4. - С. 120-127.

9. Москвоя, Т.В. Протеолитические системы при роже: концепция нарушений и оптимизация терапии/ Т.В. Москвоя, Н.Ю. Пшеничная, Н.М. Добаева// Фундаментальные исследования. - 2014. - № 4-1. С. 122-128.

10. Глухов, А. А. Современный подход к комплексному лечению рожистого воспаления /А.А. Глухов, Е.А. Бразник// Фундаментальные исследования. - 2014. - №. 10-2. - С. 411-415.

11. Михайленко, О.С. Использование местной озонотерапии в лечении больных различными формами рожи/ О.С. Михайленко, А.А. Еровиченков, А.С. Потекаева и др.// Инфекционные болезни. - 2015. - №3. - С. 71-5.

12. Пшеничная, Н.Ю. Качество распознавания рожи врачами первого звена медицинской помощи и пути его улучшения/ Н.Ю. Пшеничная //Эпидемиология и инфекционные болезни. - 2005. - № 5. - С. 58 -60.

13. Еровиченков А.А. Рожа -междисциплинарная проблема здравоохранения / А.А. Еровиченков, Н.Ю.Пшеничная, В.Ф.Павелкина //Материалы IX Ежегодного Всероссийского Конгресса по инфекционным болезням с международным участием. Москва. – 2 017. С. 96.

14. Пасечник, С. П. Сопутствующая патология у пациентов, страдающих рожей, за период с 2013 по 2017 гг. / С. П. Пасечник, К. С. Повжик // Декабрьские чтения. Инфекции в медицине-2018 : сб. материалов VIII Респ. науч.-практ. конф. с междунар. участием студентов и молодых ученых. – Гомель : ГомГМУ, 2018. – С. 96-99.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ambalov, Y.M. Epidemiologicheskij analiz zaboлеваemosti rojei v Rostove-na-Donu [Epidemiological analysis of erysipelas in the Rostov-on-Don] / Y.M. Ambalov, N.Y. Pshenichnaya, M.V. Ahmidinova // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Successes of contemporary natural science]. - 2004. - №8. - P. 62. [in Russian]

2. Erovichenkov, A.A. Aktualnye aspekty sovremennoi kliniki, lechenia i reabilitatscii bolnykh rojej [Actual aspects of contemporary clinic picture, treatment and rehabilitation of patients with erysipelas] / A.A. Erovichenkov, S.A. Potekaeva, G.I. Anokhina //Farmateka [Farmateka]. - 2012. - №20. - P. 62-67. [in Russian]

3. Pshenichnaya N.Y. Roja: programma optimizatsii diagnostiki i lechenia, farmakoeconomicheskij analiz: avtoref. diss. doct. med. nauk [Erysipelas: program of optimization of diagnostics and treatment, pharmacoeconomic analysis: abstract. diss. doct. of Medical Science] / N.Y. Pshenichnaya, Rostov-na-Donu, [Rostov-on-Don] 2005. - 36 p. [in Russian]

4. Ambalov, Y.M. Primeneniye metodov matematicheskogo modelirovaniya v farmakoeconomicheskoy analize terapii roji nizhnikh konechnostei [Application of methods of mathematical modeling in pharmacoeconomic analysis of the erysipelas with localization on lower extremities treatment] / Y.M. Ambalov, N.Y. Pshenichnaya, A.P. Kovalenko // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Successes of modern natural science]. - 2005. - № - 10. - P. 32-33. [in Russian]

5. Zharov, M.A. Klinicheskie proyavleniya roji i ehffektivnost' terapii s primeneniem aminophtalgidrazidona i lazernogo oblucheniya [Clinical manifestations of erysipelas and e effectiveness of treatment with aminophthalhydrazidon and laser radiation] / M.A. Zharov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Estestvennye nauki [News of higher educational establishments. The North Caucasus region. Series: Natural Sciences]. - 2006. - № 12. - P. 141-145. [in Russian]

6. Ambalov, Y.M. Ispolzovanie linkomicina, gemolizata autokrovi i emoksipina v reabilitacionnoi terapii bolnykh rojej nizhnikh konechnostei [Use of lincomycin, blood hemolysate and emoxipin in the rehabilitation therapy of patients with erysipelas of lower extremities] / Y.M. Ambalov, V.P. Kuznetsov, A.P. Kovalenko, N.Y. Pshenichnaya // International Journal on Immunorehabilitation. - 1997. - №4. - P. 36. [in Russian]

7. Pshenichnaya N.Y. Rol nespecificheskikh i specificheskikh faktorov rezistentnosti kozhi v patogeneze rozhi i korrekciya ikh narushenij: avtoref. dis.kand. med. nauk [The role of non-specific and specific factors of dermal resistance in the pathogenesis of erysipelas and correction of their disorders: autoref. dis. PhD] / N.Yu. Pshenichnaya, Moskva [Moscow], 1996. – 24 p. [in Russian]

8. Pshenichnaya, N.Y. Klinicheskaya i patogeneticheskaya ehffektivnost primeneniya preparatov sistemnoy ehnzimoterapii v lechenii roji nizhnikh konechnostei / N.Y. Pshenichnaya, T.V. Moskovaya, N.M. Dobaeva // Fundamentalny issledovaniya. - 2014. - №4. - P. 120-127. [in Russian]

9. Moskovaya, T.V. Proteoliticheskie sistemy pri roje: konceptciya narusheni i optimizatsiya terapii [Proteolytic systems at erysipelas: the concept of disorders and the optimization of therapy] / T.V. Moskovaya, N.Y. Pshenichnaya, N.M. Dobaeva // Fundamentalnye issledovaniya [Fundamental research]. - 2014. - № 4-1. P. 122-128. [in Russian]

10. Glukhov, A. A. Sovremenniy podhod k kompleksnomu lecheniyu roji [Modern approach to the complex treatment of erysipelas] /A.A. Glukhov, E.A. Brazhnik // Fundamentalnye issledovaniya [Fundamental research]. - 2014. - №. 10-2. - P. 411-415. [in Russian]

11. Mikhaylenko, O.S. Ispolzovanie mestnoj ozonoterapii v lechenii bolnykh raznymi formami rozhi [Use of local ozone therapy in the treatment of patients with various shapes of erysipelas] / O.S. Mikhaylenko, A.A. Erovichenkov, A.S. Potekaeva // Infekcionnye bolezni [Infectious diseases]. - 2015. - №3. - P. 71-5. [in Russian]

12. Pshenichnaya, N.Y. Kachestvo raspoznavaniya roji vrachami pervogo zvena medicinskoj pomoshchi i puti ego uluchsheniya [The quality of recognition of erysipelas of physicians of the primary medical care level and ways to improve it] / N.Yu. Pshenichnaya // Epidemiologiya i infekcionnye bolezni [Epidemiology and infectious diseases]. - 2005. - № 5. - P. 58 -60. [in Russian]

13. Erovichenkov A.A. Rozha -mezhdisciplinarnaya problema zdavoohraneniya [Erysipelas – interdisciplinary health problem] /A.A. Erovichenkov, N.Yu. Pshenichnaya, V.F. Pavelkina// Materialy IX Ezhegodnogo Vserossijskogo Kongre ssa po infekcionnym boleznyam s mezhdunarodnym uchastiem [Proceedings of the IX Annual Russian Congress on infectious diseases with international participation]. Moscow. 2017; 96. [in Russian]

14. Pasechnik, S. P. Sopotstvuyushhaya patologiya u pacientov, stradajushhih rozhej, za period s 2013 po 2017 gg. [Concomitant pathology in patients with erysipelas for the period from 2013 to 2017] / С. П. Пасечник, К. С. Повжик // Dekabr'skie chteniya. Infekcii v medicime-2018 : sb. materialov VIII Rесп. науч.-практ. конф. s mezhdunar. uchastiem studentov i molodyh uchenykh [December Readings. Infections in medicine-2018: Sat. materials VIII Rep. scientific-practical conf. from Intern. participation of students and young scientists]. – Gомel'. – Gомel' : GомGMU, 2018. – P. 96-99. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.019>**ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА СУТОЧНОГО РИТМА СЕРДЦА У ДЕТЕЙ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ С ЭКСТРАСИСТОЛИЯМИ**

Научная статья

Кузнецова А.В.^{1,*}, Науменко Е.И.², Просвирыкова В.А.³, Овсянникова И.С.⁴, Суркова И.А.⁵
^{1, 2, 3, 4, 5} Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, Саранск, Россия

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

Аннотация

Данная статья посвящена изучению гемодинамики по результатам инструментальных методов исследования при экстрасистолии у детей первого года жизни. Была выполнена оценка результатов Холтеровского мониторирования ЭКГ у детей грудного возраста с экстрасистолией, а также была дана соответствующая интерпретация результатов. Нами установлено, что у детей первого года жизни с экстрасистолией минимальная ЧСС меньше, длительность интервалов QT и QT_c значимо больше. Число экстрасистол в группах А, В и С больше регистрируется в ночное время и во время сна.

Ключевые слова: экстрасистолия, Холтеровское мониторирование ЭКГ, дети.**EVALUATION OF THE RESULTS OF MONITORING OF THE DAILY RHYTHM OF THE HEART IN CHILDREN OF THE FIRST YEAR OF LIFE WITH EXTRASISTLES**

Research article

Kuznetsova A.V.^{1,*}, Naumenko E.I.², Prosvirykova V.A.³, Ovsyannikova I.S.⁴, Surkova I.A.⁵
^{1, 2, 3, 4, 5} National Research Mordovia State University, Saransk, Russia

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

Abstract

This article is devoted to the study of hemodynamics according to the results of instrumental methods of research in extrasystoles in children of the first year of life. The results of Holter-ECG monitoring in infants with extrasystoles were evaluated, and a corresponding interpretation of the results was given. We found that in children of the first year of life with extrasystole the minimum heart rate is less, the duration of the QT and QT_c intervals is significantly longer. The number of extrasystoles in groups A, B and C is more recorded at night and during sleep.

Key words: extrasystole, Holter-ECG, children.

In the past 20 years, the cardiovascular pathology of childhood requires significant changes [1, P. 382], and to date, cardiac rhythm and conduction disturbances, both of congenital heart defects, and in general, are extremely insufficient [2, P. 473]. This situation is due to the apparent absence of symptoms in this pathology [3, P. 380], as well as the relatively good state of health of children, contributing to the appearance of irreversible changes in the myocardium. Today, arrhythmia is perhaps one of the most common causes of hemodynamic disorders in a child [4, P. 184]. Quite often in childhood arrhythmia. It is believed that in about 50% of cases [5, P. 245], cardiologists face this pathology [6, P. 204]. Despite the difficult diagnosis, it turned out that extrasystole takes the third place among cardiac diseases in childhood after congenital heart defects and arterial hypertension [7, P. 186], as a result of which heart rhythm disturbances occur, especially in children of the first year of life, which are one of the serious problems related to pediatric cardiology. According to statistics, extrasystoles are the most frequent arrhythmias in children up to 50%, but supraventricular extrasystoles are most common - 78% [8, P. 48].

The aim of our study was to monitor the circadian rhythm of the heart in children of the first year of life with extrasystoles.

Material and methods

In the course of our study, a retrospective analysis of 100 case histories of children of the first year of life who were treated in the neonatal pathology department of the Children's Republican Clinical Hospital in the city of Saransk was conducted. We formed two groups: children with extrasystole (n = 50) and children without extrasystoles (n = 50). The first group was divided into 3 subgroups: A - the number of extrasystoles from 1,000 to 5,000 (n = 15), B - from 5,000 to 10,000 extrasystoles (n = 11), C - over 10,000 (n = 24). The exception is less than 1000 extrasystoles per day, organic heart disease, intraventricular hemorrhage, pneumonia, hemolytic disease of the newborn. Analyzed ECG data with subsequent analysis of heart rate, QT and QT_c intervals of ST segments and T wave, Holter-ECG, where the following indicators are assessed: HR min, HR max, HR average, HR day, HR night, HR during wakefulness, rhythm pause, QT, QT_c. The reliability of the results is presented: p - reliability of differences between the I and II groups; p₁ - significance of differences between groups A and B; p₂ - significance of differences between groups A and C; p₃ - significance of differences between groups B and C.

The age of children is equally comparable and in the 1st group is 5.20 ± 0.5 months. (subgroup A - 5.66 ± 1.04 months, B - 4.81 ± 1.04 months, C - 5.04 ± 0.68 months ($p > 0.05$)), in the second group $4, 88 \pm 0.5$ months ($p > 0.05$). Weight at birth in different groups was not significantly different.

Results and discussion

The analysis of the ECG showed that the heart rate in the ECG study is lower in children with extrasystoles ($p < 0.005$), significantly lower in children with the number of extrasystoles more than 5 thousand (group B and C). The average duration of electrical systole was significantly higher in children of the 1st group and, mainly, in subgroup C (0.292 ± 0.005 versus 0.27 and 0.278 in groups A and B, respectively, $p < 0.05$). Corrected QT_c is also higher in children with extrasystoles (410.7 ± 4.135 versus 398.61 ± 4.135 , $p < 0.05$). Moreover, it is significant in group C (414.27 ± 7.45 , $p < 0.05$) as compared with A (403.06 ± 5.99) and B (408.5 ± 10.13). Metabolic disorders on ECG are recorded 2 times more often in children of the 1st group (p

<0.001) and the percentage of registration increases with the number of extrasystoles per day: in 26.6% of children in group A, almost half of children with extrasystoles range from 5 to 10 thousand, and in 83.3% of children in group C. Thus, in ECG studies in children of the studied group, the heart rate is lower than in the control group, especially in group B and C. And more often metabolic (58%) are recorded, registration of these violations was higher than in group A and B. All children of the control and 1st group had Holter-ECG. It was established that HR min was significantly lower in the 1st group, and in the subgroup C it is the lowest ($p < 0.005$). HR max is higher in the control group than in the studied group, in children with extrasystoles more than 10 thousand the maximum heart rate is significantly higher than in children of groups A and B. The average heart rate is not significantly different in the comparison groups and is within the normal range. Heart rate at night and daytime in the 1st and 2nd groups did not differ significantly from each other, whereas during the day the heart rate was most pronounced in group B, and at night - in group C. During wakefulness of children in the studied and the control group HR did not differ significantly, however, it prevailed in children with the number of extrasystoles more than 5 thousand ($p > 0.05$). The duration of electrical systole QT and QTs are within the age norm of children, but in children of the study group (444.43 ± 3.58 , $p < 0.005$) of subgroup C (452.84 ± 8.11 ms), its duration prevails (against $447, 5 \pm 4.02$ ms in group A and 449.8 ± 6.9 ms in group B). The rhythm pauses prevail in the studied group ($p > 0.05$), the maximum value in children of group C (980.1 ± 114.2 ms).

Extrasystoles are more often recorded at night ($p < 0.05$). In group C, the number of extrasystoles at night was 2 times higher than in the daytime ($p < 0.005$).

The analysis of the number of extrasystoles during sleep and wakefulness. The number of extrasystoles during sleep prevails, especially in group B. In children with extrasystoles more than 10,000, episodes of alorhythmia of bigeminia are more often recorded, but the number of aberrant extrasystoles is the same in all comparison groups ($p > 0.05$).

According to the results of Holter-ECG, heart rate variability was evaluated.

The mean value of cardiac cycles (MEAN) - the main level of functioning of the sinus node is within the normal range in both groups. The function of the heart rate dispersion is higher in children with extrasystole -78.4 ± 9.2 ($p < 0.005$). The rhythm concentration function is slightly higher in children of the 1st group (24.4 ± 3.3 , $p > 0.05$). The representation of RR intervals exceeding the previous one is 50% higher in children of the 1st group (12.4% , $p < 0.05$).

Thus, according to our data, in children of the first year of life with extrasystole, the minimum heart rate is less, the duration of QT and QTs is significantly longer (especially in group C). The number of extrasystoles in groups A, B and C is more recorded at night and during sleep, which indicates a decrease in the activity of the sympathetic division of the ANS and the predominance of the activity of the parasympathetic link in the ANS [9, p. 1142]. The assessment of rhythm variability indices also indicates the prevalence of parasympathetic ANS activity in young children with extrasystoles [10, p. 9].

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Latchamsetty R. Premature ventricular complexes and premature ventricular complex induced cardiomyopathy/ R. Latchamsetty// Cardiology Problems. – 2015. – Vol. 40. -№ 9. – P. 379–422.
2. Arbelo E. Ablation of ventricular arrhythmias in arrhythmogenic right ventricular dysplasia/ E. Arbelo, M.E. Josephson // Journal of Cardiovascular Electrophysiology- 2016. - 21. -P. 473–486.
3. Cantillon D.J. Evaluation and management of premature ventricular complexes/ D.J. Cantillon // Cleveland Clinic Journal of Medicine. -2013. –Vol. 80. -№6.-P. 377–387. doi: 10.3949/ccjm.80a.12168
4. Wren C. Cardiac arrhythmias in the fetus and newborn/ C. Wren// Seminars in Fetal and Neonatal Medicine - 2012. - Vol. 11. -№3. - P. 182–190.
5. Stacy A.S. Fetal and Neonatal Arrhythmias / A.S. Stacy, A. A. Fish // Cleveland Clinic Journal of Medicine. – 2018. – Vol. 9. -№6. –P. 242–252.
6. Finsterer J. Atrial fibrillation/flutter in myopathies / J. Finsterer, C. Stollberger // International Journal of Cardiology. – 2014. - Vol. 148. -№7. - P. 204–210.
7. Hemens W. T. Mechanisms of protein release from injured heart muscle/ W. T. Hemens// Journal of Cardiovascular Development and Disease. - 2012. -Vol. 405. - P. 185 - 198.
8. Jonathan R. S. Sudden unexplained death in infancy and long QT syndrome/ R. S. Jonathan// Current Pediatric Reviews. – 2010. – Vol. 6. -№ 1. –P. 48–55.
9. Fisher K.A. Neonatal Arrhythmias/ K.A. Fisher // Current Pediatric Reviews. – 2017. – Vol. 5. -№31. –P. 1142–1152.
10. Johnson J. Epidemiology of Arrhythmias in Children/ J. Johnson // Indian Pacing and Electrophysiology Journal. - 2016.- Vol. 8. -№1. - P. 8–13.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.020>

КАТЕСТАТИН В ДИАГНОСТИКЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Научная статья

Чаулин А.М.^{1,*}, Александров А.Г.², Карслян Л.С.³, Мазяев А.Ю.⁴

¹ ORCID: 0000-0002-2712-0227;

^{1,3} ГБУЗ «Самарский областной клинический кардиологический диспансер», Самара, Россия;

^{1,3} ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава РФ, Самара, Россия;

² ООО ИНВИТРО-Самара, Самара, Россия;

⁴ ФГБОУ ВО «Клиники Самарского государственного медицинского университета» Минздрава России, Самара, Россия

* Корреспондирующий автор (alekseymichailovich22976[at]gmail.com)

Аннотация

В литературном обзоре представлены сведения о влиянии пептида катестатина на сердечно-сосудистую систему. Обсуждаются ключевые исследования, установившие антигипертензивные, вазодилатирующие, антиатеросклеротические, антиапоптотические и кардиопротективные эффекты катестатина. Приведены клинические исследования, в которых показана возможность использования катестатина в качестве биомаркера некоторых сердечно-сосудистых заболеваний: гипертонической болезни, хронической сердечной недостаточности, инфаркта миокарда.

Ключевые слова: катестатин, сердечно-сосудистые заболевания, гипертоническая болезнь, хроническая сердечная недостаточность, инфаркт миокарда.

CATESTATINE IN DIAGNOSTICS OF CARDIOVASCULAR DISEASES

Research article

Chaulin A.M.^{1,*}, Aleksandrov A.G.², Karslyan L.S.³, Mazaev A.Yu.⁴

¹ ORCID: 0000-0002-2712-0227;

^{1,3} State Budgetary Healthcare Institution, Samara Regional Clinical Cardiology Dispensary, Samara, Russia;

^{1,3} FSBEI of HE, Samara State Medical University, Samara, Russia;

² INVITRO-Samara LLC, Samara, Russia;

⁴ FSBEI of HE, Clinics of Samara State Medical University, Samara, Russia

* Corresponding author (alekseymichailovich22976[at]gmail.com)

Abstract

The literature review presents information on the effect of peptide catestatine on the cardiovascular system. Key studies that have established antihypertensive, vasodilating, anti-atherosclerotic, anti-apoptotic and cardioprotective effects of catestatine are discussed in the paper. Clinical studies in which the possibility of using catestatine as a biomarker of several cardiovascular diseases are presented: hypertension, chronic heart failure, myocardial infarction is shown.

Keywords: catestatine, cardiovascular diseases, hypertension, chronic heart failure, myocardial infarction.

Строение и биологическая роль катестатина

Катестатин представляет собой гидрофобный нейроэндокринный пептид из 21 аминокислотного остатка, который образуется в результате протеолитического расщепления хромогранина А эндогенными протеазами. Катестатин хранится в секреторных гранулах хромоаффинных клеток мозгового вещества надпочечников и адренергических нейронах и ингибирует секрецию катехоламинов у млекопитающих, за что получил свое название [1].

Впервые катестатин был обнаружен в 1997 г. в хромоаффинных клетках мозгового вещества надпочечников. Впоследствии он был найден также в секреторных гранулах диффузной нейроэндокринной системы, кардиомиоцитах, нейтрофилах и кератиноцитах [2], [3], [4].

Экспериментальные исследования показали, что катестатин снижает вазопрессорные реакции, вероятно, путем повышения в плазме крови гистамина, который снижает общее периферическое сопротивление сосудов за счет их дилатации. Высвобождение гистамина происходит из тучных клеток через пептидергический путь. Коклюшный токсин может подавлять индуцированный катестатином выброс гистамина [3], [5], [6].

Работами Mahapatra N.R. с соавт. (2005) и Liu R. et al. (2013) продемонстрировано участие катестатина в патогенезе гипертонической болезни. Низкие уровни катестатина сопровождалась усилением адренергических вазопрессорных реакций и увеличением риска развития гипертонии. Высокий уровень артериального давления и повреждение органов-мишеней (сердце, почки, сосуды и др.) являются наиболее важными факторами, которые могут повлиять на прогрессирование и прогноз пациентов с гипертонией. С помощью гистологического и иммуногистохимического методов показано, что катестатин уменьшает пролиферирующие изменения сердца, почек и сосудов во время гипертонии, особенно отложения интерстициального коллагена, что является защитным механизмом для гипертонических органов-мишеней [7], [8].

Mazza R. с соавт. (2008) в исследовании *ex vivo* на сердце лягушки показали, что катестатин подавляет инотропизм миокарда, уменьшая ударный объем и ударную работу. Кроме того, катестатин подавлял положительный инотропный эффект, вызванный прямой бета-адренергической стимуляцией изопроterenолом (изопреналином) и эндотелином-1. Введение агонистов бета2- и бета3-адренорецепторов, ингибиторов эндотелина устраняло отрицательный инотропный эффект, вызванный катестатином. Внутриклеточные механизмы передачи сигнала внутри

клетки, опосредуемые катестатином, мало изучены, довольно противоречивы и требуют дальнейшего уточнения. Предполагается, что катестатин активирует сигнальный путь NO-цГМФ, поскольку введение ингибиторов NO-синтазы и гуанилатциклазы значительно снижало отрицательный инотропизм, обусловленный катестатином [9], [10].

Penna C. et al. (2010) показал, что катестатин проявляет кардиозащитное действие, улучшая постишемическую функцию левого желудочка и снижая повреждение сердца в результате ишемии/реперфузии. В изолированных кардиомиоцитах взрослых крыс катестатин увеличивал жизнеспособность клеток примерно на 65% после имитированной ишемии/реперфузии [11]. Обнаружено, что катестатин увеличивает экспрессию антиапоптотических факторов в постишемическом и гипертрофированном миокарде крыс [12].

Gallo M.P. с коллегами (2018) в экспериментах на изолированных кардиомиоцитах взрослых крыс продемонстрировали, что катестатин может модулировать метаболизм глюкозы в миокарде. В физиологических концентрациях катестатин значительно увеличивал поглощение глюкозы кардиомиоцитами. Кроме того, катестатин стимулировал транслокацию белка-переносчика глюкозы, характерного для миокарда – GLUT-4 из цитоплазмы в плазматическую мембрану, что свидетельствует о наличии инсулиноподобного действия [13].

Kojima M. с соавт. (2018) впервые изучили влияние катестатина на этиопатогенез атеросклероза. Исследователи показали, что катестатин значительно снижает воспалительный ответ эндотелиальных клеток и макрофагов и уменьшает образование пенистых клеток [14].

Таким образом, молекула катестатина выполняет несколько важнейших функций в организме: антигипертензивная за счет ингибирования высвобождения катехоламинов и вазодилатации, гипогликемическое (инсулиноподобное) действие за счет увеличения поглощения глюкозы кардиомиоцитами, антиатеросклеротическое благодаря снижению воспалительной реакции, защита от ишемии/реперфузии при инфаркте миокарда, антиапоптотическое действие.

Клинические исследования концентраций катестатина при сердечно-сосудистых заболеваниях

Рядом исследователей разработаны методы определения (иммуноферментный и радиоиммунный анализы) катестатина в плазме крови и предприняты попытки его использования в качестве диагностического маркера некоторых сердечно-сосудистых заболеваний.

O'Connor D.T. с соавт. измеряли уровни катестатина с помощью радиоиммуноанализа у 277 пациентов, стратифицированных по артериальному давлению: 61 гипертоник, 216 нормотензивных, из которых 176 имели генетический риск развития гипертонической болезни в дальнейшем, а у 40 – отрицательный семейный анамнез. Авторы отметили снижение концентрации катестатина как у пациентов с гипертонией, так и в группе нормотензивных пациентов с положительным семейным анамнезом, по сравнению с нормотензивными пациентами с отрицательным генетическим риском развития гипертонической болезни. Авторы пришли к выводу, что уровень катестатина снижается на ранних стадиях развития гипертонии, даже у нормотензивных людей с высоким риском развития данного заболевания, что позволяет считать пониженные уровни катестатина предикторами развития гипертонической болезни [15].

Salem R.M. соавт. (2008) обнаружили снижение концентраций катестатина у пациентов с гипертонической болезнью и терминальной стадией хронической почечной недостаточности по сравнению контрольной группой [16].

Несколько работ посвящены исследованию плазменных концентраций катестатина при хронической сердечной недостаточности (ХСН) [17], [18].

Liu L. et al. (2013) определяли уровни катестатина в плазме крови у пациентов с ХСН (n=228), и у контрольной группы (n=172). Пациентов с сердечной недостаточностью распределили в соответствии с Нью-Йоркской классификацией (NYHA) функционального состояния больных на 4 подгруппы: NYHA I (n=10), NYHA II (n=90), NYHA III (n=109), NYHA IV (n=19). Концентрации катестатина у пациентов ХСН постепенно возрастала в зависимости от стадии NYHA и составили: NYHA I (Медиана=0,612 нг/мл), NYHA II (Медиана=0,772 нг/мл), NYHA III (0,848 нг/мл), NYHA IV (1,540 нг/мл). Тем не менее, статистически значимых различий между NYHA I, NYHA II и контрольной группой не выявлено (p>0,05). В то же время, плазменный катестатин у пациентов с NYHA III и NYHA IV достоверно выше по сравнению со всеми остальными группами пациентов (NYHA I, NYHA II, контрольной группой) [17].

Peng F. с соавт. (2016) измеряли уровни катестатина в плазме у 202 пациентов с ХСН и в последующем проводили наблюдение за ними в течение 52,5 месяцев для оценки прогноза. У умерших пациентов выявлены более высокие концентрации катестатина в течение данного периода наблюдения. Однофакторный регрессионный анализ Кокса показал, что высокие концентрации катестатина предсказывали повышенный риск смерти от всех причин [Отношение шансов (ОШ)=1,84; 95% Доверительный интервал (ДИ):1,02-3,32, p=0,042] и сердечной смерти [ОШ=2,41; 95% ДИ:1,26-4,62, p=0,008]. Одновременное повышение катестатина и другого маркера сердечной недостаточности (натрийуретического пептида В-типа) предсказывало наибольший риск смерти от всех причин [ОШ=5,18; 95% ДИ:1,94-13,87, p=0,001] и сердечной смерти [ОШ=9,19; 95% ДИ:2,75-30,78, p<0,001] [18].

Нами найдено несколько работ, в которых проводилось определение катестатина у пациентов с инфарктом миокарда. По данным Meng L. et al. (2013) концентрация катестатина в плазме крови значительно выше у пациентов с инфарктом миокарда на момент поступления, по сравнению с группой контроля (p<0,05). Уровни катестатина выросли еще больше в первую неделю после инфаркта: на третий (p<0,005) и седьмой день госпитализации (p<0,005) по сравнению с контролем. Через 3 месяца у пациентов после инфаркта миокарда концентрация катестатина была сопоставима с контрольными пациентами. Авторы предполагают, что повышенные уровни катестатина при инфаркте миокарда и в постинфарктный период обладают защитным действием, снижая вредное воздействие катехоламинов на миокард [19].

Liu L. с коллегами (2013) также обнаружили повышенные уровни катестатина в плазме крови у пациентов с ишемической болезнью сердца по сравнению со здоровыми людьми. У пациентов с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST (STEMI) отмечены более высокие уровни катестатина, чем у пациентов с нестабильной стенокардией.

Концентрации катестатина положительно коррелировали с концентрациями норадреналина и повышались параллельно в различных состояниях ишемии миокарда [20].

В другом исследовании получен противоположный результат. Wang X. et al. проводил серийные измерения уровней катестатина у 50 пациентов с инфарктом миокарда при поступлении, и в течение первой недели постинфарктного периода (на третий и седьмой день). Пациенты с инфарктом миокарда имели более низкие концентрации катестатина ($16,5 \pm 5,4$ нг/мл), чем контрольная группа ($21,4 \pm 6,4$ нг/мл, $p < 0,01$) при поступлении. На третий день от момента госпитализации зафиксирован резкий подъем уровня катестатина по сравнению с контрольными пациентами ($30,7 \pm 12,2$ нг/мл, $p < 0,01$). На седьмой день от момента инфаркта миокарда концентрации катестатина вновь были достоверно ниже, чем в группе контроля ($13,8 \pm 5,3$ нг/мл, $p < 0,01$). Кроме того, обнаружена обратная корреляция между концентрацией катестатина и норадреналина в течение 36 часов от момента появления симптомов инфаркта миокарда ($r = -0,302$, $p < 0,01$). Авторы предполагают, что катестатин вовлечен в патогенетическое течение инфаркта миокарда и его концентрации могут быть полезным инструментом для мониторинга пациентов с инфарктом миокарда наряду с другими кардиомаркерами [21].

Заключение

Катестатин, по всей видимости, играет важную роль в функционировании сердечно-сосудистой системы, проявляя антигипертензивные, вазодилатирующие, антиатеросклеротические, антиапоптотические и кардиозащитные свойства. Кроме того, он может использоваться в качестве биомаркера некоторых сердечно-сосудистых заболеваний: гипертонической болезни, сердечной недостаточности, инфаркта миокарда. Тем не менее, ввиду относительной малочисленности клинических исследований катестатина в качестве биомаркера, существует необходимость дальнейшего изучения.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

- Kennedy B.P. Mechanism of cardiovascular actions of the chromogranin A fragment catestatin in vivo / Kennedy B.P., Mahata S.K., O'Connor D.T. and others // *Peptides*. 1998. Vol. 19, № 7. P. 1241-1248. DOI: 10.1016 / S0196-9781 (98) 00086-2
- Mahata S.K. Novel autocrine feedback control of catecholamine release. A discrete chromogranin a fragment is a noncompetitive nicotinic cholinergic antagonist / Mahata S.K., O'Connor D.T., Mahata M. and others // *J. Clin. Invest.* 1997. Vol. 100, № 6. P. 1623-1633. DOI: 10.1172/JCI119686
- Zhao Y. Potential applications of catestatin in cardiovascular diseases / Zhao Y., Zhu D. // *Biomarkers in Medicine*. 2016. Vol. 10, № 8. P. 877-888. doi: 10.2217/bmm-2016-0086
- Biswas N. Chromogranin/secretogranin proteins in murine heart: myocardial production of chromogranin A fragment catestatin (Chga(364-384)) / Biswas N., Curello E., O'Connor D.T. and others // *Cell and Tissue Research*. 2010. Vol. 342, № 3. P. 353-361. doi: 10.1007/s00441-010-1059-4
- Kruuger P.G. Catestatin (chromogranin A344–358) stimulates release of histamine from rat pleural and peritoneal mast cells / Kruuger P.G., Mahata S.K., Helle K.B. and others // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2002. Vol. 971, № 1. P. 349-351. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2002.tb04493.x>
- Kruger P.G. Catestatin (CgA344–364) stimulates rat mast cell release of histamine in a manner comparable to mastoparan and other cationic charged neuropeptides / Kruger P.G., Mahata S.K., Helle K.B. // *Regulatory Peptides*. 2003. Vol. 114, № 1. P. 29-35. DOI: 10.1016/S0167-0115(03)00069-7
- Mahapatra N.R. Hypertension from targeted ablation of chromogranin A can be rescued by the human ortholog / Mahapatra N.R., O'Connor D.T., Vaingankar S.M. and others // *The Journal of Clinical Investigation*. 2005. Vol. 115, № 7. P. 1942-1952. DOI: 10.1172/JCI24354
- Liu R. Catestatin could ameliorate proliferating changes of target organs in spontaneously hypertensive rats / Liu R., Sun N.L., Yang S.N., and others // *Chinese Medical Journal (Engl)*. 2013. Vol. 126, № 11. P. 2157-2162. doi: 10.3760 / cma.j.issn.0366-6999.20120757
- Mazza R. Catestatin (chromogranin A344-364) is a novel cardiosuppressive agent: inhibition of isoproterenol and endothelin signaling in the frog heart / Mazza R., Gattuso A., Mannarino C. and others // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2008. Vol. 295, № 1. H113-122. doi: 10.1152/ajpheart.00172.2008
- Bassino E. A novel catestatin-induced antiadrenergic mechanism triggered by the endothelial PI3K-eNOS pathway in the myocardium / Bassino E., Fornero S., Gallo M.P. and others // *Cardiovascular Research*. 2011. Vol. 91, № 4. P. 617-624. doi: 10.1093/cvr/cvr129
- Penna C. Catestatin improves post-ischemic left ventricular function and decreases ischemia/reperfusion injury in heart / Penna C., Alloatti G., Gallo M.P. and others // *Cellular and Molecular Neurobiology*. 2010. Vol. 30, № 8. P. 1171-1179. doi: 10.1007/s10571-010-9598-5
- Penna C. Catestatin increases the expression of anti-apoptotic and pro-angiogenic factors in the post-ischemic hypertrophied heart of SHR / Penna C., Pasqua T., Amelio D. and others // *PLoS One*. 2014. Vol. 9, № 8: e102536. doi: 10.1371/journal.pone.0102536
- Gallo M.P. Catestatin Induces Glucose Uptake and GLUT4 Trafficking in Adult Rat Cardiomyocytes / Gallo M.P., Femmino S., Antoniotti S. and others // *Biomed Research International*. 2018: 2086109. doi: 10.1155/2018/2086109
- Kojima M. Catestatin Prevents Macrophage-Driven Atherosclerosis but Not Arterial Injury-Induced Neointimal Hyperplasia / Kojima M., Ozawa N., Mori Y. and others // *Thrombosis and Haemostasis*. 2018. Vol. 118, № 1. P. 182-194. DOI: 10.1160/TH17-05-0349

15. O'Connor D.T. Early decline in the catecholamine release-inhibitory peptide catestatin in humans at genetic risk of hypertension / O'Connor D.T., Kailasam M.T., Kennedy B.P. and others // *Journal of Hypertension*. 2002. Vol. 20, № 7. P. 1335-1345. DOI: 10.1097/00004872-200207000-00020
16. Salem R.M. Chromogranin A Polymorphisms Are Associated With Hypertensive Renal Disease / Salem R.M., Cadman P.E., Chen Y. and others // *Journal of the American Society of Nephrology*. 2008. Vol. 19, № 3. P. 600-614; DOI: <https://doi.org/10.1681/ASN.2007070754>
17. Liu L. Plasma levels and diagnostic value of catestatin in patients with heart failure / Liu L., Ding W., Li R. and others // *Peptides*. 2013. Vol. 46. P. 20-25. doi: 10.1016/j.peptides.2013.05.003
18. Peng F. The predictive value of plasma catestatin for all-cause and cardiac deaths in chronic heart failure patients / Peng F., Chu S., Ding W. // *Peptides*. 2016. Vol. 86. P. 112-117. doi: 10.1016/j.peptides.2016.10.007
19. Meng L. Plasma catestatin level in patients with acute myocardial infarction and its correlation with ventricular remodeling / Meng L., Wang J., Ding W.H. and others // *Postgraduate Medical Journal*. 2013. Vol. 89, № 1050. P. 193-196. doi: 10.1136/postgradmedj-2012-131060
20. Liu L. Plasma levels and potential roles of catestatin in patients with coronary heart disease / Liu L., Ding W., Zhao F. and others // *Scand. Cardiovasc. J*. 2013. Vol. 47, № 4. P. 217-224. doi: 10.3109/14017431.2013.794951
21. Wang X. Dramatic changes in catestatin are associated with hemodynamics in acute myocardial infarction / Wang X., Xu S., Liang Y. and others // *Biomarkers*. 2011 Vol. 16, № 4. P. 372-377. doi: 10.3109/1354750X.2011.578260

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.021>**МНОГОЛЕТНИЕ ТРАВСТОИ НА ОСНОВЕ НОВЫХ СОРТОВ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО И ИНТЕНСИВНЫХ ВИДОВ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ**

Научная статья

Вагунин Д.А.^{1,*}, Иванова Н.Н.², Амбросимова Н.Н.³¹ ORCID: 0000-0001-5319-2614;² ORCID: 0000-0001-6923-5180;^{1, 2, 3} Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (ФГБНУ ВНИИМЗ), Тверь, Россия

* Корреспондирующий автор (2016vniimz-noo[at]list.ru)

Аннотация

На протяжении 2015-2018 гг. на полигоне ФГБНУ ВНИИМЗ были проведены исследования перспективных сортов козлятника восточного и интенсивных видов злаковых трав. К исследуемым сортам козлятника восточного (*Galega orientalis*) относятся: сорт Гале селекции Эстонского НИИ земледелия и мелиорации, Юбиляр и Кривич – ГНУ Псковский НИИСХ. Злаковый компонент состоит из следующих видов трав: костреца безостый (*Bromopsis inermis*) сорта Вегур, тимopheевка луговая (*Phleum pretense*) сорта ВИК 9, двукосточник тростниковый (*Phalaris arundinacea*) сорта Урал. Наибольшая густота стеблестоя козлятника восточного отмечена в чистом посеве сорта Кривич и составила по годам опыта 53-144 шт./м². В среднем за годы исследований агроценозы на основе козлятника восточного формируют густоту стеблестоя от 36 шт./м², в смеси со злаками до 136 шт./м². Посевы козлятника восточного в смеси со злаками способны обеспечивать стабильное долголетие и менее засоряемы несеечными видами трав. В условиях Нечерноземной зоны Верхневолжья агроценозы на основе козлятника восточного обеспечивают высокую продуктивность до 11,7 т/га сухой массы. Ботанический состав травостоев и конкурентоспособность трав по годам опыта изменялись. По мере увеличения возраста агроценозов происходит постепенное увеличение доли козлятника восточного. В начале исследований наибольший процент у злаковых трав в бобово-злаковых травостоях отмечен у двукосточника тростникового. К 2018 году среди злакового компонента преобладала тимopheевка луговая. Фитоценотическая активность козлятника восточного постепенно возрастает к 2018 году, составив 0,5-1,2. Индекс ценоценотической активности злаковых трав по годам опыта составил у костреца безостого 0,5-1,8, двукосточника тростникового 0,6-2,6, тимopheевки луговой 0,7-2,7.

Ключевые слова: козлятник восточный, двукосточник тростниковый, костреца безостый, сорт, травостой, тимopheевка луговая, злаковые травы.

LONG-TERM PLANT FORMATION ON THE BASIS OF NEW VARIETIES OF EASTERN GALEGA AND INTENSIVE TYPES OF CEREAL GRASSES

Research article

Vagunin D.A.^{1,*}, Ivanova N.N.², Ambrosimova N.N.³¹ ORCID: 0000-0001-5319-2614;² ORCID: 0000-0001-6923-5180;^{1, 2, 3} Federal State Budgetary Institution "All-Russia Research Institute of Hydraulic Engineering and Reclaimed Lands,"
Tver, Russia

* Corresponding author (2016vniimz-noo[at]list.ru)

Abstract

Prospective cultivars of Eastern galega and intensive cereal grass species were studied at the landfill site of the All-Russia Research Institute of Hydraulic Engineering and Reclaimed Lands during 2015-2018. Studied varieties of Eastern galega (*Galega orientalis*) include: the Gale variety of the Estonian Research Institute of Agriculture and Land Reclamation selection, Yubilyar and Krivich selected by SNU Pskov Research Institute of Agriculture. The cereal component consists of the following types of grass: the awnless brome (*Bromopsis inermis*) of the Vegur variety, timothy grass (*Phleum pretense*) of the VIK 9 variety, and the arundinaceous canary grass (*Phalaris arundinacea*) of the Ural variety. The greatest density of the eastern galega stalk stand was recorded in pure sowing of the Krivich variety and amounted to 53–144 pcs/m². On average, over the years of research, agrocnoses on the basis of the eastern galega form a stalk density of 36 pcs/m² in a mixture with cereals up to 136 pcs/m². Crops of the eastern galega in a mixture with cereals are able to ensure stable longevity and are less clogged with unseen species of grass. Under the conditions of the nonchernozem belt, the Upper Volga agrocnoses on the basis of the eastern galega provide high productivity of up to 11.7 t/ha of dry mass. The botanical composition of the grass stands and the competitiveness of herbs changed over the years of experience. As the age of agrocnosis increases, there is also a gradual increase in the share of the eastern galega. At the beginning of the research, the highest percentage of cereal grasses in legume-grass herbage was observed in the arundinaceous canary grass. By 2018, timothy grass prevailed among the cereal grass. The phytocenotic activity of the eastern galega gradually increased in 2018 reaching 0.5-1.2. The index of coenotic activity of cereal grasses over the years of experience comprised 0.5–1.8 of awnless brome, 0.6–2.6 for arundinaceous canary grass, 0.7–2.7 for timothy grass.

Keywords: Eastern galega, arundinaceous canary grass, awnless brome, variety, plant formation, timothy grass, cereal grasses.

Введение

Расширение видового и сортового состава кормовых трав – эффективный метод повышения устойчивости кормопроизводства, валовых сборов и качества растительного сырья. Многолетние травы обогащают почву органическим веществом, восстанавливают плодородие земель, положительно влияют на урожайность последующих культур [5].

В современных условиях козлятник восточный – весьма перспективная культура в кормопроизводстве и растениеводстве. Данная культура имеет ряд ценных свойств: высокая продуктивность, длительный период хозяйственного использования на одном месте, богатая белком, способен рано отрастать и обеспечивать стабильно высокую семенную продуктивность, аккумулировать азот в почве и др.

Из бобовых трав, козлятник имеет ряд преимуществ по сроку использования, устойчивости семеноводства, слабой повреждаемости вредителями и болезнями. Для увеличения продуктивного долголетия кормовых угодий и обеспечения стабильности фитоценоза целесообразно использовать козлятник в смеси со злаковыми растениями [1].

С агротехнической точки зрения козлятник восточный выгоден тем, что восстанавливает структуру почвы, повышает ее плодородие за счет обогащения биологическим азотом и органическим веществом, способствует очищению полей от сорняков, возбудителей болезней и вредителей сельскохозяйственных культур, является хорошим предшественником в севообороте и имеет стабильное семеноводство [3].

Методика исследований

Исследования проводятся на осушаемом агростанции ФГБНУ ВНИИМЗ. Опыт по сравнительной оценке травостоев сенокосного типа на основе современных сортов козлятника восточного в одновидовых и смешанных посевах заложен в 2014 году.

Опыт расположен на 3-х почвенных разностях дерново-подзолистой легкосуглинистой (разной степени оглеенности) почвы, приуроченных к разным частям северного склона.

1. Дерново-подзолистая легкосуглинистая глубокооглеенная почва – приуроченная к плоской равнине склона. Дрены расположены на расстоянии 38м, тип питания – атмосферный, (Кф 0,8-1,0 м/сутки), УПГВ-1,6-2,0м в сухой период; 0,9-1,2м – во влажный. Морена тяжелосуглинистая, карбонатная на глубине 1,5-1,7м. Содержание гумуса – 1,4-1,7%, pH 5,3-5,5.

2. Дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая почва – приурочена к средней части пологого склона. Дрены расположены на расстоянии 28м, смешанный тип питания (атмосферные осадки и намывные склоновые воды), Кф пахотного слоя – 0,5-0,9, Кф подпахотного – 0,16, УПГВ-1,3-1,5м в сухой период; 0,6-0,7м – во влажный. Морена карбонатная – 1,0-1,3м. Содержание гумуса 1,6-1,8%, pH 5,6-5,9.

3. Дерново-подзолистая легкосуглинистая глеевая почва – приурочена к нижней части склона. Дрены расположены на расстоянии 20м, тип питания – намывные склоновые и почвенно-грунтовые воды. Кф пахотного и подпахотного горизонтов 0,25-0,10м/сутки. УПГВ-0,7-1,0м в сухой период и 0,3-0,4м – во влажный. Морена валунная, карбонатная на глубине 0,3-0,5м. Содержание гумуса 2,5-3,1%, pH 6,3-6,5.

Варианты в опыте размещены рендомизировано в трехкратной повторности. Посев беспокровный. Использовался районированный видовой и сортовой состав. Режим использования травостоев 2-х кратное скашивание. Агротехника общепринятая для условий Нечерноземной зоны (табл.1).

Таблица 1 – Схема опыта

№ п/п	Виды трав	Норма высева семян кг/га	Число уковок
1	Козлятник восточный сорта Гале (контроль)	20	2
2	Козлятник восточный Гале + тимофеевка луговая ВИК 9 + кострец безостый Вегур + двукосточник тростниковый Урал	12 5 6 6	2
3	Козлятник восточный сорта Юбилар	20	2
4	Козлятник восточный Юбилар + тимофеевка луговая ВИК 9 + кострец безостый Вегур + двукосточник тростниковый Урал	12 5 6 6	2
5	Козлятник восточный сорта Кривич	20	2
6	Козлятник восточный Кривич + тимофеевка луговая ВИК 9 + кострец безостый Вегур + двукосточник тростниковый Урал	12 5 6 6	2
7	Кострец безостый Вегур + тимофеевка луговая ВИК 9 + двукосточник тростниковый Урал	6 5 6	2

Полевой опыт сопровождался необходимыми учетами, наблюдениями и измерениями в соответствии требований современных методик, принятых в кормопроизводстве [2], [4], [6]. Анализы растительных и почвенных образцов выполнялись в лаборатории ФГБНУ ВНИИМЗ.

Результаты исследований

Продуктивность многолетних трав во многом зависит от густоты стояния побегов. На протяжении 2015-2018 годов, козлятник восточный формирует 81-136 шт./м² в одновидовых посевах, 25-63 шт./м² в четырехкомпонентных травосмесях. Максимальная густота стеблестоя отмечена в 2017 году на глееватой почве варианта 5 до 149 шт./м². В контрольном варианте на протяжении 4х лет исследований густота стеблестоя составила 63-131 шт./м². В среднем по годам густота стояния злаковых трав в вариантах опыта составила: тимофеевки луговой 174-247 шт./м², костреца безостого 96-156 шт./м², двукосточника тростникового 87-161 шт./м². В целом количество злаковых трав в травосмесях доминирует над бобовыми. Суммарная густота всех сеяных злаков в травосмесях варьирует по годам в пределах 293-615 шт./м². Более загущенной среди сеяных злаков отмечена тимофеевка луговая составив в среднем за годы 174-247 шт./м².

Видовой состав агрофитоценозов изменяется по вариантам опыта. С увеличением возраста агроценозов происходит постепенное увеличение доли участия козлятника восточного всех трёх сортов. К 2018 году на долю козлятника восточного приходилось 72,1-95,8% в одновидовых посевах, 20,8-51,3% в смеси со злаками.

В среднем по годам опыта на долю тимофеевки луговой в травосмесях приходится 20,6-35,3%, двукосточника тростникового 16,6-32,3%, костреца безостого 15,6-27,9%. Среди злакового компонента в травосмесях наибольшая процентная доля приходится на тимофеевку луговую. При двукосном использовании на контрольном варианте процентное содержание козлятника восточного по годам составило от 50,5 до 78,2 %. В среднем за годы исследования наибольший процент содержания козлятника восточного в агроценозах, отмечен в одновидовом и смешанном посеве сорта Кривич, составив 63,2-84,1% и 23,3-30,8%, соответственно. Процентное соотношение козлятника восточного сорта Юбилар составляет в одновидовом посеве 74,3-76,9%, в смеси – 17,6-26,4%. В целом наибольший процент бобового компонента отмечен на глееватой почве. За годы исследования засоренность посевов была ниже в четырехкомпонентных травостоях.

Фитоценотическая активность бобово-злаковых трав зависит от биологических особенностей сеяных культур. На протяжении 2015-2018 годов активность козлятника восточного варьирует в пределах 0,2-1,2. Наибольшая фитоценотическая активность отмечена у тимофеевки луговой (0,7-2,7). С увеличением возраста травостоев фитоценотическая активность козлятника восточного постепенно возрастает. К 2018 году у двукосточника тростникового и костреца безостого отмечено снижение активности, в травосмесях составив 0,6-1,5, 0,5-1,0, соответственно. Среди сортов козлятника восточного более активным отмечен сорт Кривич, в одновидовом посеве ценотическая активность составила 0,3-1,0, в травосмеси – 0,3-1,2. Ценотическая активность козлятника восточного сорта Гале контрольного варианта составила 0,5-0,9, в смеси – 0,2-1,2. Индекс ценотической активности в одновидовом и смешанном посеве козлятника восточного сорта Юбилар составил 0,6-0,9 и 0,2-0,8, соответственно.

Продуктивность агроценозов при двукратном скашивании во многом зависит от климатических условий и состава травосмесей (рис.).

В проведенных исследованиях средняя по годам урожайность травостоев колеблется по вариантам в пределах 5,7-8,5 т/га сухой массы. В одновидовых посевах урожайность колебалась в пределах 6,3-8,5 т/га сухой массы. В четырехкомпонентных травосмесях урожайность варьирует от 6,8 до 8,5 т/га. В трехкомпонентном злаковом агроценозе урожайность составляет 5,7-8,1 т/га сухой массы.

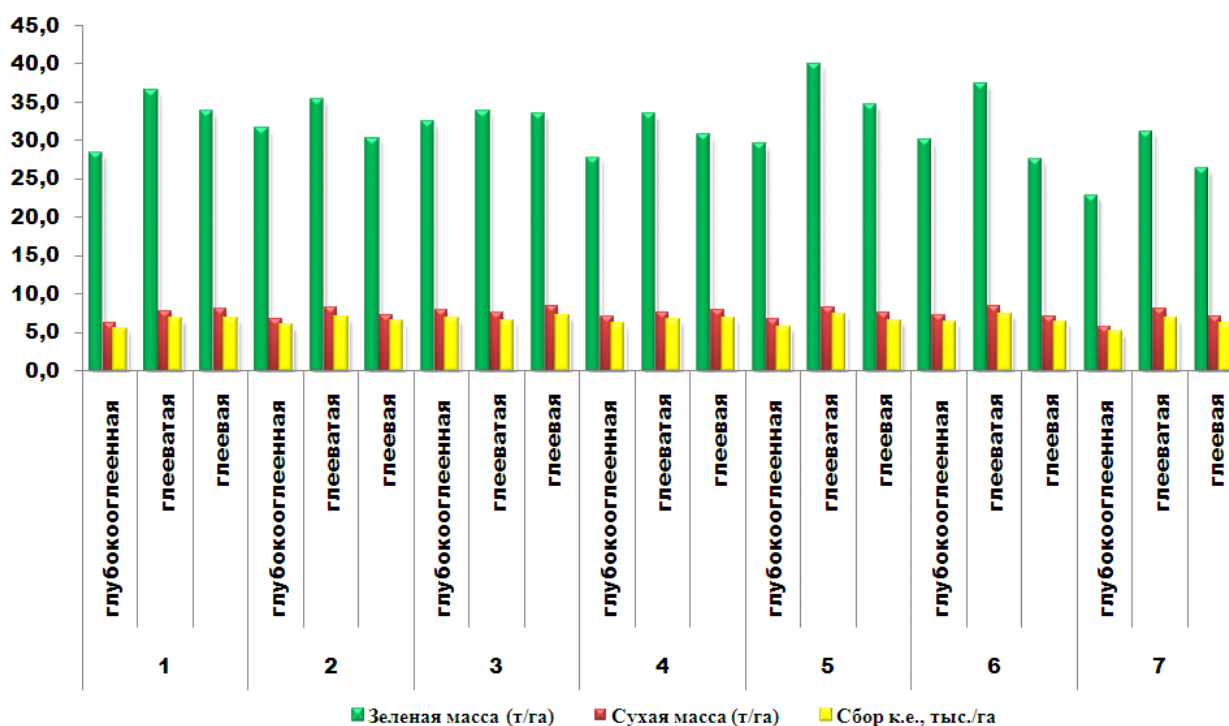


Рис. 1 – Урожайность бобово-злаковых травостоев на основе козлятника восточного на почвах разной степени оглеенности

Заключение

Возделывание козлятника восточного в смеси со злаковыми травами положительно влияет на рост и развитие растений в травостоях, позволяя при этом получать урожайность до 11,7 т/га сухой массы. Создаваемые травостои при использовании новых сортов козлятника восточного и интенсивных видов злаковых трав способствуют снижению засоренности посевов, повышают качество заготавливаемых кормов. Более активным компонентом среди злаковых трав отмечена тимopheевка луговая.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Андреева Р.А. Динамика развития компонентов в злаково-козлятниковых травосмесях / Р.А. Андреева В.Г. Храмуева, А.Л. Бояринов // Кормопроизводство. – 2009. – № 8. – С. 21-23.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Максименко В.П. Галега восточная реальность и перспективы / В.П. Максименко, А.Н. Бондаренко, Т.Л. Волчкова. – М.: Изд-во Мещер. фил. ВИИГиМ, 2005. – 102 с.
4. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: ВНИИ Кормов, 1983. – 197 с.
5. Наумова Т. В. Продуктивность образцов тимopheевки луговой в условиях Приморского края кормопроизводство / Т. В. Наумова, А. Н. Емельянов // Кормопроизводство. – 2016. – №2. – С. 24-29.
6. Проведение научных исследований на мелиорированных землях избыточно увлажненной части СССР. Методические указания. – Калинин: ВНИИМЗ, 1984. – 163 с.
7. Трузина Л.А. Эффективность возделывания козлятника восточного (*Galega orientalis Lam.*) в условиях Центрального района Нечернозёмной зоны / Л.А. Трузина // Кормопроизводство. – 2012. – № 6. – С. 20-22.
8. Донских Н.А. Травостои козлятника восточного для лугового кормопроизводства в Северо-Западном регионе РФ / Н.А. Донских, А. Б. Никулин // Кормопроизводство. – 2017. – № 6. – С. 6-11.
9. Сивякова Ю. А. Развитие козлятника восточного в первый год жизни в зависимости от способа посева и норм высева в условиях недостаточного увлажнения Ростовской области / Ю. А. Сивякова // Кормопроизводство. – 2007. – № 11. – С. 19-21.
10. Чепелев Г. П. Влияние норм высева на продуктивность козлятника восточного / Г.П. Чепелев, Т.М. Слободяник, Н.С. Слободяник, А. В. Чепелева // Кормопроизводство. – 2016. – № 4. – С. 18-22.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Andreyeva R.A. Dinamika razvitiya komponentov v zlakovo-kozlyatnikovyykh travosmesyakh [The dynamics of the development of components in grass-goat grass mixtures] / R.A. Andreyeva, V.G. Khramtseva, A.L. Boyarinov // Kormoproizvodstvo [Feed production]. – 2009. – № 8. – P. 21-23. [in Russian]
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methods of field experience] /B.A. Dospekhov. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p. [in Russian]
3. Maksimenko V.P. Galega vostochnaya real'nost' i perspektivy [Galega eastern reality and prospects] / V.P. Maksimenko, A.N. Bondarenko T.L. Volchkova. – M.: Publishing house Meshcher. fil. VIIGiM, 2005. – 102 p. [in Russian]
4. Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kul'turami [Guidelines for conducting field experiments with feed crops]. – M.: VNI Kormov, 1983. – 197 p. [in Russian]
5. Naumova T.V. Produktivnost' obraztsov timofeyevki lugovoy v usloviyakh Primorskogo kraia kormoproizvodstvo [Efficiency of samples of timothy meadow under conditions of Primorsky Krai fodder production] / T.V. Naumova, A.N. Yemel'yanov // Kormoproizvodstvo [Feed production]. – 2016. – №2. – P. 24-29. [in Russian]
6. Provedeniye nauchnykh issledovaniy na meliorirovannykh zemlyakh izbytochno uvlazhnennoy chasti SSSR, Metodicheskiye ukazaniya [Conducting scientific research on the ameliorated lands of the over-wetted part of the USSR, Methodical instructions]. – Kalinin: VNIIMZ, 1984. – 163 p. [in Russian]
7. Truzina L.A. Effektivnost' vozdel'yvaniya kozlyatnika vostochnogo (*Galega orientalis Lam.*) v usloviyakh Tsentral'nogo rayona Nечерноземной зоны [Efficiency of cultivation of the eastern kozlyatnik (*Galega orientalis Lam.*) Under the conditions of the Central region of the Nonchernozem zone] / L.A. Truzina // Kormoproizvodstvo [Feed production]. – 2012. – № 6. – P. 20-22. [in Russian]
8. Donskikh N.A. Travostoi kozlyatnika vostochnogo dlya lugovogo kormoproizvodstva v Severo-Zapadnom regione RF [Herbage of the eastern goat milk for meadow feed production in the North-West region of the Russian Federation] / N.A. Donskikh, A. B. Nikulin // Kormoproizvodstvo [Feed production]. – 2017. – № 6. – P. 6-11. [in Russian]
9. Sivyakova Yu.A. Razvitiye kozlyatnika vostochnogo v pervyy god zhizni v zavisimosti ot sposoba poseva i norm vyseva v usloviyakh nedostatochnogo uvlazhneniya Rostovskoy oblasti [The development of the eastern goatling in the first year of life, depending on the sowing method and seeding rates under conditions of insufficient moisture in the Rostov region] / Yu. A. Sivyakova // Kormoproizvodstvo [Feed production]. – 2007. – № 11. – P. 19-21. [in Russian]
10. Chepelev G.P. Vliyaniye norm vyseva na produktivnost' kozlyatnika vostochnogo [Influence of seeding rates on the productivity of the eastern goatling] / G.P. Chepelev, T.M. Slobodyanik, N.S. Slobodyanik, A. V. Chepeleva // Kormoproizvodstvo [Feed production]. – 2016. – № 4. – P. 18-22. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.022>

ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНОГО ВОДООТВОДА НА КАЧЕСТВО ДОРОГ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Научная статья

Каменчуков А.В.^{1,*}, Светенко В.С.²

¹ORCID: 0000-0001-7997-3195;

^{1,2} ФГБОУ ВО Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

* Корреспондирующий автор (aleksey_k-al[at]mail.ru)

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы оценки качества работы водопропускных труб и системы дорожного водоотвода. Дана оценка надежности работы водопропускных труб и дорожного покрытия над трубами. Детально рассмотрены вопросы влияния качества водопропускных труб на состояние дорожного покрытия. Установлена взаимосвязь между дефектами водопропускных труб и качеством дорожного покрытия.

Ключевые слова: автомобильная дорога; дорожный водоотвод; водопропускные трубы; эксплуатационное состояние; качество; дефекты.

INFLUENCE OF ROAD DRAINAGE ON THE QUALITY OF ROADS OF AGRICULTURAL DESIGNATION

Research article

Kamenchukov A.V.^{1,*}, Svetenko V.S.²

¹ORCID: 0000-0001-7997-3195;

^{1,2} Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Pacific National University," Khabarovsk, Russia

* Corresponding author (aleksey_k-al[at]mail.ru)

Abstract

The article deals with the issues of assessing and improving the quality and reliability of the pipe culverts and road drainage system on roads with unpaved and transitional types of coverage. An assessment of the reliability of the pipe culverts and the pavement above the pipes is made with regard to the fill thickness above the artificial structure. The issues of the quality of the pipe culverts on the condition of the road surface are considered in detail. The relationship between pipe culvert defects and the quality of the road surface is established.

Keywords: motorway; road drainage; pipe culverts; operational condition; quality; defects.

Повышение надежности работы системы дорожного водоотвода является одной из важнейших задач дорожного строительства и особенно актуален для дорог сельскохозяйственного и промышленного назначения, на которых распространены грунтовые покрытия.

Грунтовые насыпи и покрытия подвержены водной и ветровой эрозии вследствие отсутствия в дисперсных грунтах прочных взаимосвязей между частицами. Развитие процессов водной эрозии на автомобильных дорогах с грунтовым покрытием в первую очередь обусловлено нестабильной работой системы дорожного водоотвода [5].

Для повышения надежности работы дорожного водоотвода необходимо обеспечить стабильную работу всех его составляющих, а именно: водопропускных труб, кюветов, дорожного покрытия (обеспечение отвода воды с проезжей части за счет продольного и поперечного уклона).

Повышение надежности работы системы дорожного водоотвода позволит обеспечить качественное и безопасное движение по дорогам, а также уменьшить воздействие дороги на окружающую среду и предотвратить возникновение «прудов» у входа и выхода в водопропускные сооружения.

Так как наиболее важным элементом дорожного водоотвода, к которому предъявляются повышенные эксплуатационные требования, являются водопропускные трубы, то именно от качества и надежности этого элемента дороги, в конечном итоге, и зависит работоспособность всей системы дорожного водоотвода.

Для анализа и систематизации данных о работе водопропускных труб, выявления взаимосвязей между эксплуатационным состоянием водопропускных труб и покрытием автомобильных дорог (транспортно-эксплуатационное качество и безопасность дорожного движения) были выполнены работы по диагностике дорог. В ходе диагностики водопропускных труб выполнялись работы по классификации и систематизации дефектов водопропускных труб и грунтового покрытия возле сооружения (участок по 25 м в обе стороны от оси трубы) [2], [3].

Исследования взаимосвязей между эксплуатационным состоянием водопропускных труб и качеством и безопасностью дорожного движения также проводились для дорог с усовершенствованным асфальтобетонным покрытием [5].

Для вероятностной оценки и анализа зависимости транспортно-эксплуатационного состояния покрытия автомобильной дороги от эксплуатационного состояния водопропускных труб необходимо ранжировать данные о видах дефектов в зависимости от фактора наилучшим образом позволяет описать эту взаимосвязь. Определение взаимосвязи между состоянием водопропускной трубы и качеством покрытия дороги выполняется через величину засыпки насыпи над трубой, так эта характеристика позволит также косвенно учесть величину воздействия транспортной нагрузки на сооружение и устойчивость (сопротивляемость) насыпи этому воздействию.

На эксплуатируемых дорогах величина насыпи над трубой складывается из сочетания двух элементов: толщина защитного слоя (насыпи) над трубой и толщина слоев конструкции дорожной одежды. Следует отметить тот факт, что

в большинстве типовых проектных решений по железобетонным водопропускным трубам [4] допускается объединение защитного слоя над трубой с подстилающим (дополнительным) слоем основания, устраиваемым из песка средней крупности или песчано-гравийной смеси, для обеспечения однородности слоя и повышения его сопротивляемости транспортной нагрузке, однако на дорогах с грунтовыми и переходными типами покрытия покрытиями такой слой отсутствует, и дорога проектируется с минимальным возвышением насыпи над водопропускными сооружениями.

Так как на эксплуатируемой дороге не допускается устанавливать толщину насыпи над трубой прямым методом (бурением скважин) из-за возможности повреждения и разрушения тела трубы, средняя толщина насыпи над трубой определялась геометрически, по результатам нивелирного хода или тахеометрической съемки.

Систематизацию дефектов водопропускных труб выполнили по двум категориям: дефекты водопропускных труб и дефекты на покрытии, вызванные состоянием водопропускных сооружений [2].

Дефекты водопропускных труб: 1 – застой воды у оголовков трубы; 2 – локальные разрушения укреплений откосов; 3 – заиливание трубы; 4 – нарушение герметичности стыков; 5 – разбежка звеньев; 6 – частичное разрушение оголовков.

Дефекты на покрытии, вызванные состояние водопропускных сооружений: 7 – колеиность; 8 – выбоины; 9 – волны; 10 – просадки; 11 – пучины; 12 – открытие тела трубы.

Результаты систематизации представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение дефектов водопропускных труб на дорогах с грунтовыми и переходными покрытиями

Диаметр трубы	Кол-во наблюдений	Количество зафиксированных дефектов											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,75	9	4	0	9	9	6	2	9	0	0	7	1	0
1,00	39	10	20	17	21	18	22	36	0	9	19	6	1
1,25	6	0	3	1	3	4	3	6	0	0	3	2	0
1,50	30	15	14	11	14	4	6	23	0	4	8	9	0
2,00	15	9	6	3	9	2	10	12	1	5	0	1	0
ВСЕГО	99	38	43	41	56	34	43	86	1	18	37	19	1

Кроме этого, необходимо систематизировать данные по уровням эксплуатационного состояния дорожного покрытия [6] для установления вероятности появления дефектов покрытия от дефектов водопропускных труб. Результаты систематизации данных представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение дефектов водопропускных труб на дорогах с грунтовыми и переходными покрытиями

Состояние трубы	Кол-во наблюдений	Количество зафиксированных дефектов						Состояние покрытия дороги			
		1	2	3	4	5	6	Отл.	Хор.	Удовл.	Неудовл.
Отличное	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Хорошее	15	9	4	2	0	0	4	4	8	2	1
Удовл.	46	19	23	19	29	0	21	3	12	24	7
Неудовл.	38	10	16	20	27	34	10	3	1	7	27
ВСЕГО	99	38	43	41	56	34	43	10	21	33	35

Из анализа данных, представленных в таблицах 1 и 2, ясно, что наиболее критичными при оценке работоспособности водопропускной трубы являются такие дефекты как заиливание трубы, нарушение герметичности стыков между звеньями трубы и разбежка звеньев трубы. Поэтому необходимо оценить вероятность возникновения того или иного дефекта водопропускной трубы с учетом дефектов покрытия дороги.

Основной гипотезой при определении зависимости между эксплуатационным состоянием искусственных сооружений и качеством покрытия дороги является предположение, что качество покрытия зависит от эксплуатационного состояния искусственного сооружения и толщины защитного слоя насыпи над трубой, при этом размер и форма отверстия не учитываются [1].

Для вероятностной оценки и установления зависимости между качеством дорожного покрытия и эксплуатационным состоянием искусственного сооружения необходимо ранжировать данные относительно толщины защитного слоя насыпи над трубой. Защитный слой определяется с учетом толщины дорожной одежды, так как в полевых условиях невозможно однозначно определить толщину каждого слоя дорожной одежды и найти границу между дорожной одеждой и насыпью земляного полотна над трубой.

Материалы диагностика искусственных сооружений на автомобильных дорогах с грунтовым и переходными типами покрытия, расположенных на территории Хабаровского края, представлен в исследовании [5]. Обработка статистических величин выполнена в программе STATISTICA 10. Результаты статистической обработки данных (толщина засыпки и состояние покрытия над трубой) представлены на рисунках 1 – 3.

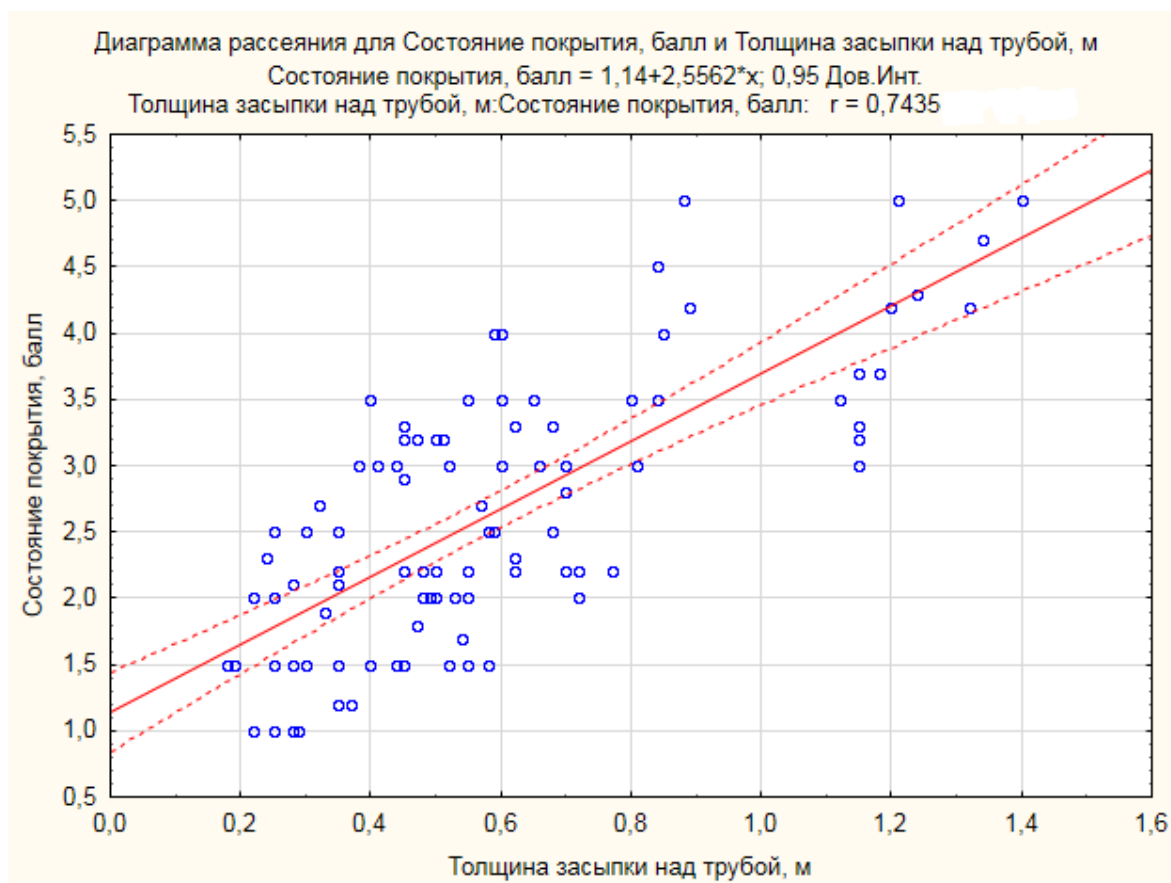


Рис. 1 – Диаграмма рассеивания величин

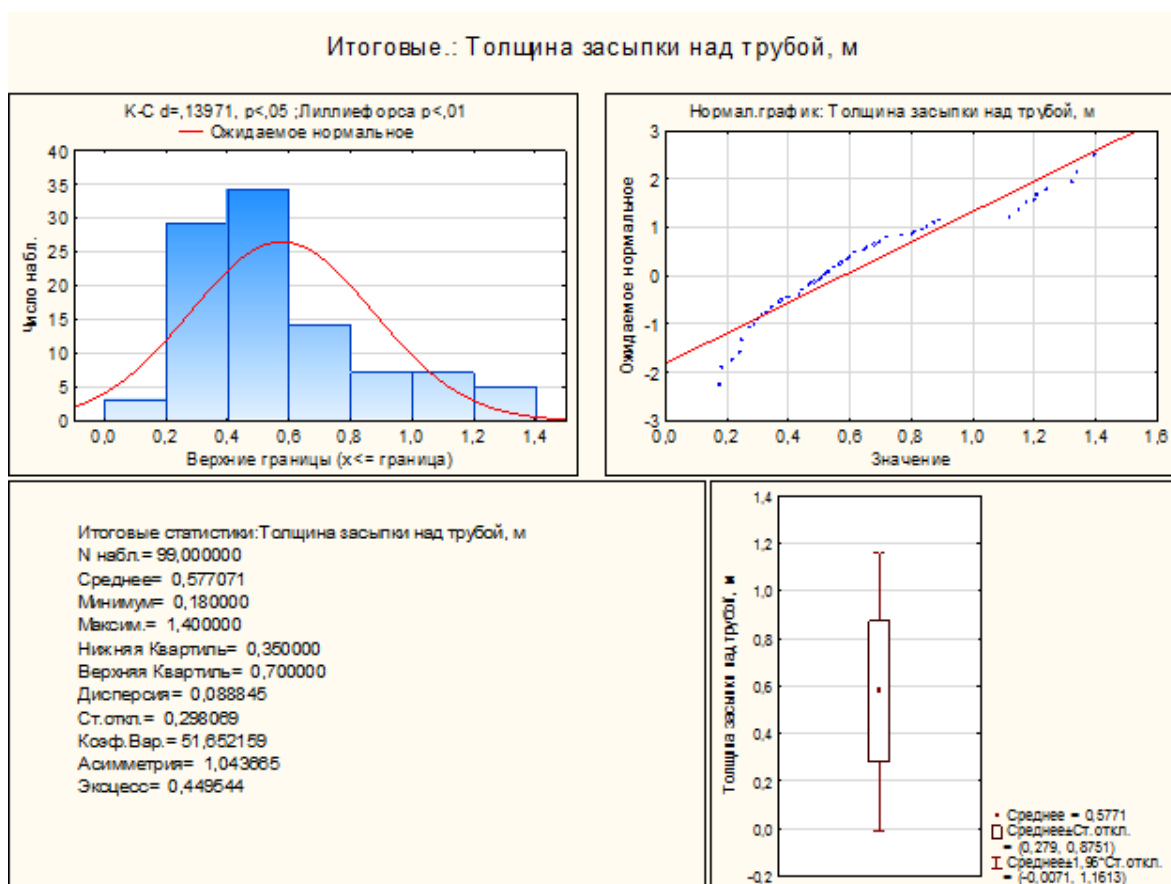


Рис. 2 – Статистическая оценка толщины засыпки над трубой

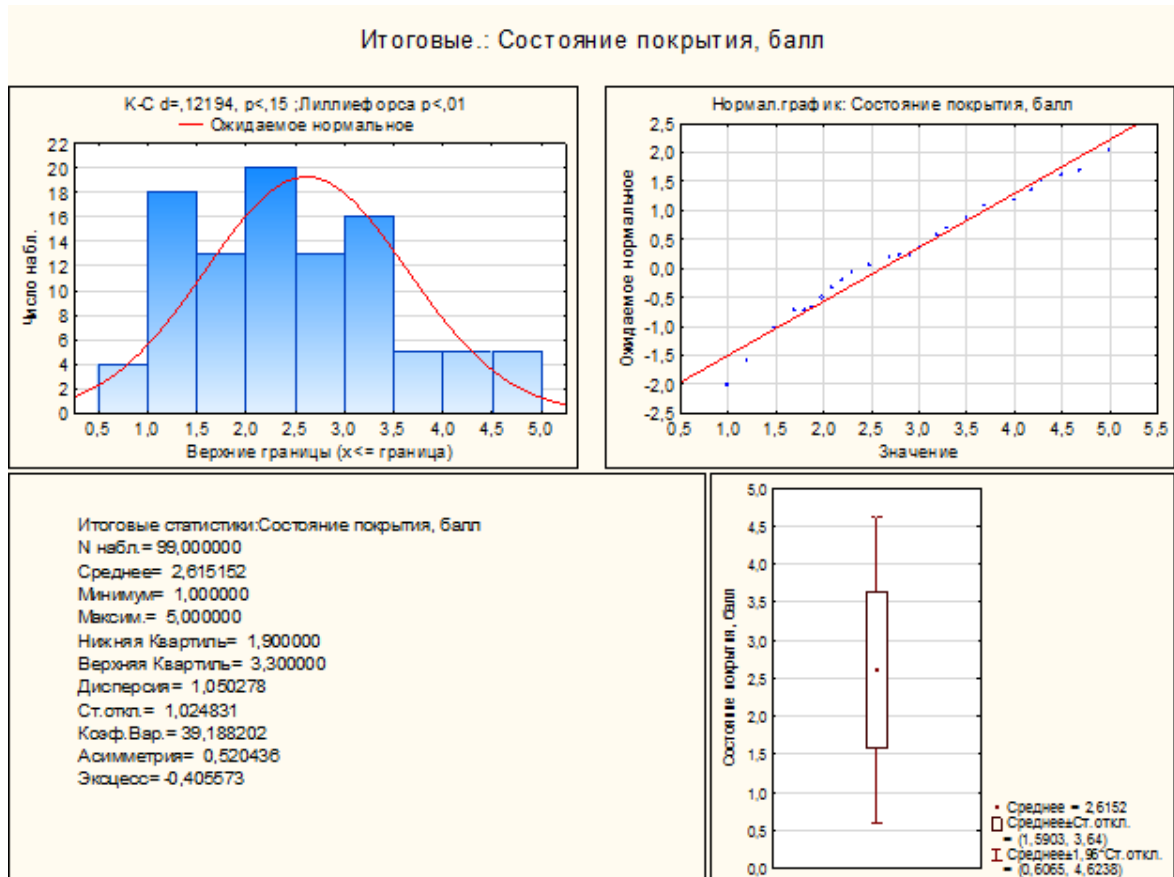


Рис. 3 – Статистическая оценка состояния покрытия

В программе STATISTICA 10 выполнена проверка распределения статистической величины по критериям нормального, логистического и логнормального распределений, и осуществлен подбор эмпирической формулы для установления зависимости уровня эксплуатационного состояния покрытия дороги от толщины засыпки над трубой. Подбор формул осуществлялся на основе метода наименьших квадратов, руководствуясь основными положениями методов линеаризации замкнутых нелинейных систем. Итоговые зависимости представлены на рисунке 4.

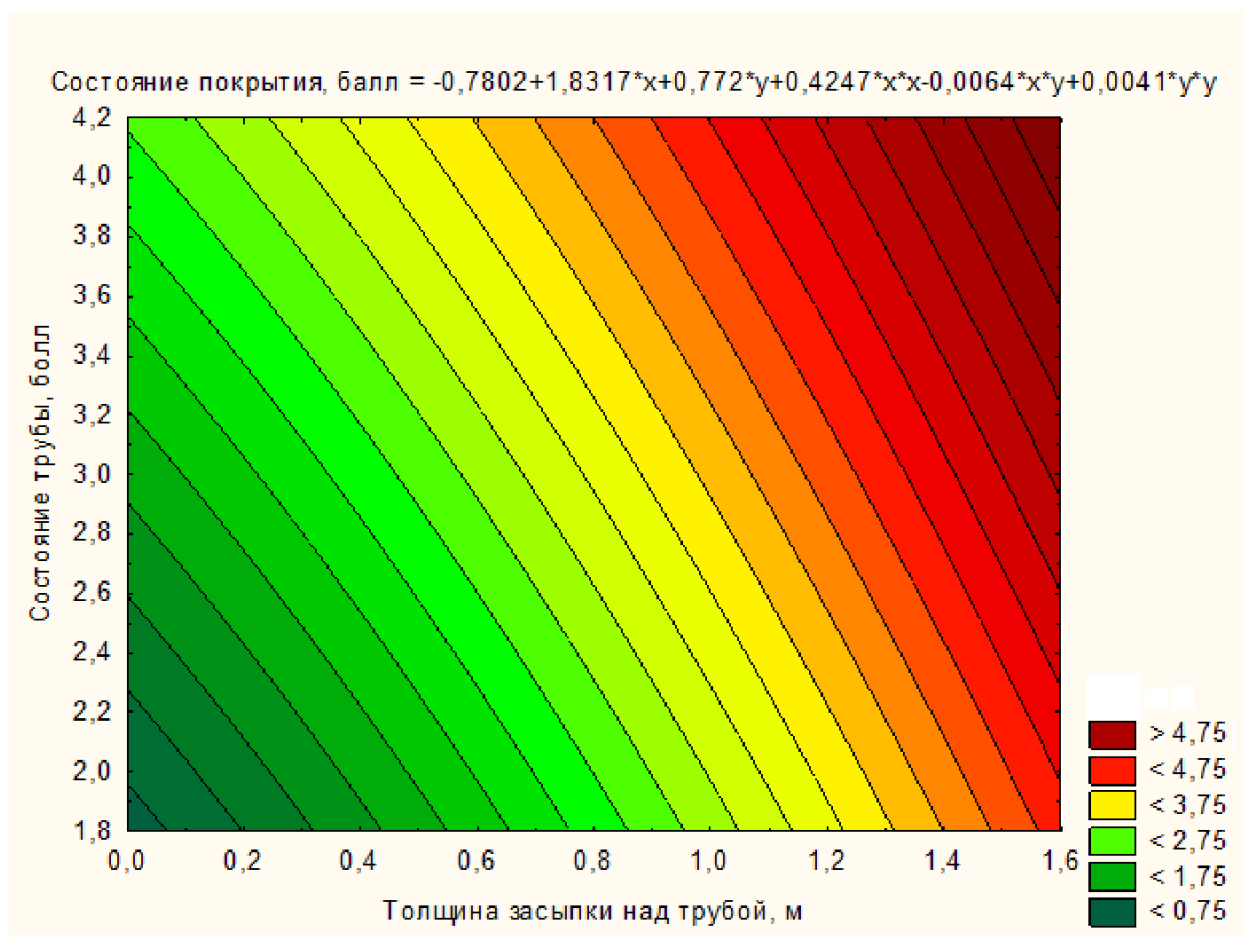


Рис. 4 – Номограмма зависимости состояния покрытия над водопропускной трубой от толщины засыпки над трубой и состояния водопропускной трубы

По результатам оценки статистических данных (рис. 4), можно определить, что толщина засыпки над водопропускной трубой играет важную роль при оценке эксплуатационного состояния дорог с переходными и низшими типами покрытия, дорогах сельскохозяйственного и промышленного назначения, а именно:

- с увеличением засыпки над трубой до толщины более 1,20 м практически сходит на «нет» влияние эксплуатационного состояния водопропускной трубы при оценке качества и безопасности движения по автомобильной дороге;

- при толщине засыпки над трубой менее 0,40 м (без учета толщины дорожной одежды, которая на дорогах сельскохозяйственного назначения, чаще всего, представлена слоем из щебеночной смеси С1 толщиной 20 см) невозможно обеспечить хорошее состояние покрытия вследствие повышенного воздействия транспортной нагрузки на сооружение и насыпь земляного полотна.

Наибольшее влияние на качество покрытия над водопропускными трубами оказывают такие дефекты труб как нарушение герметичности стыков и разбежка звеньев трубы (состояние трубы до 3 баллов). Именно наличие этих дефектов резко ухудшает качество покрытия над трубой, если величина насыпи над трубой не превышает 1,00 м над трубой.

Для повышения качества, долговечности и надежности работы системы дорожного водоотвода необходимо уменьшить степень влияния состояния трубы на дорожное покрытие и своевременно выполнять работы по ремонту и содержанию искусственных сооружений.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Вентцель Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. – М. Наука. Гл. ред. Физ.-мат. лит. - 1991. - 384 с.
2. Каменчуков А.В. Влияние исходной информации на качество проектирования транспортных сооружений / Каменчуков А.В. // Научно-техническое и социально-экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке : тр. Всерос. науч.-практ. конф. творческой молодежи с междунар. участием. В 2 т. Т. 2 / под ред. С.А. Кудрявцева. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2017. – С. 87-93.
3. Проектирование автомобильных дорог с учетом природно-климатических особенностей Дальнего Востока / А.И. Ярмолинский, В.А. Ярмолинский. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2005. – 197 с.

4. Рекомендации по проектированию и строительству водопропускных сооружений из металлических гофрированных структур на автомобильных дорогах общего пользования с учетом региональных условий (дорожно-климатических зон) : ОДМ 218.2.001-2009. – М. : РОСАВТОДОР, 2010. – 147 с.

5. Светенюк В.С. Анализ состояния водопропускных сооружений на автомобильных дорогах юга дальнего востока / Светенюк В.С., Ярмолинский А.И. // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2018. – № 4(47) – С. 51-56.

6. Ярмолинский В.А. Разработка методики выбора эффективных методов ремонтных работ в зависимости от их стоимости и фактического транспортно-эксплуатационного состояния дорожного покрытия / Ярмолинский В.А., Каменчуков А.В. // Транспортное строительство. 2014. – № 8 – С. 23-26.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ventcel' E.S. Teoriya sluchajnyh processov i ee inzhenernye prilozheniya [Theory of random processes and its engineering applications] / Ventcel' E.S., Ovcharov L.A. – М. Nauka. Gl. red. Fiz.-ma. lit. - 1991. - 384 p. [in Russian]

2. Kamenchukov A.V. Vliyanie iskhodnoj informacii na kachestvo proektirovaniya transportnyh sooruzhenij [Influence of initial information on the quality of transport facilities design] / Kamenchukov A.V. // Nauchno-tekhnicheskoe i social'no-ekonomicheskoe sotrudnichestvo stran ATR v XXI veke : tr. Vseros. nauch.-prakt. konf. tvorcheskoy molodezhi s mezhdunar. Uchastiem [Scientific, technical and socio-economic cooperation of the Asia-Pacific countries in the XXI century : proceedings of the all-Russian scientific and practical conference of creative youth with international participation]. V 2 t. T. 2 / pod red. S.A. Kudryavceva. – Habarovsk : Publishing house DVGUPS, 2017. – P. 87-93. [in Russian]

3. Proektirovanie avtomobil'nyh dorog s uchetoм prirodno-klimaticheskikh osobennostej Dal'nego Vostoka [Design of roads taking into account natural and climatic features of the Far East] / A.I. YArmolinskij, V.A. YArmolinskij. – Habarovsk: Publishing house Tihookeanskogo gos. un-ta, 2005. – 197 p. [in Russian]

4. Rekomendacii po proektirovaniyu i stroitel'stvu vodopropusknyh sooruzhenij iz metallicheskih gofrirovannyh struktur na avtomobil'nyh dorogah obshchego pol'zovaniya s uchetoм regional'nyh uslovij (dorozhno-klimaticheskikh zon) [Recommendations for the design and construction of culverts of corrugated metal structures on public roads, taking into account regional conditions (road climatic zones)] : ODM 218.2.001-2009. – М. : ROSAVTODOR, 2010. – 147 p. [in Russian]

5. Svetenok V.S. Analiz sostoyaniya vodopropusknyh sooruzhenij na avtomobil'nyh dorogah yuga dal'nego vostoka [Analysis of the state of culverts on the roads of the South of the Far East] / Svetenok V.S., YArmolinskij A.I. // Vestnik Tihookeanskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Pacific States University]. 2018. – № 4(47) – P. 51-56. [in Russian]

6. YArmolinskij V.A. Razrabotka metodiki vybora effektivnyh metodov remontnyh rabot v zavisimosti ot ih stoimosti i fakticheskogo transportno-ekspluatatsionnogo sostoyaniya dorozhnogo pokrytiya [Development of methods for selecting effective methods of repair work, depending on their cost and the actual transport and operational condition of the road surface] / YArmolinskij V.A., Kamenchukov A.V. // Transportnoe stroitel'stvo [Transport construction]. 2014. – № 8 – P. 23-26. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.023>**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ МОЛОЧНЫМИ КОРОВАМИ В ЛЕТНЕ-ПАСТБИЩНЫЙ ПЕРИОД**

Научная статья

Капсамун А.Д.^{1,*}, Иванова Н.Н.², Павлючик Е.Н.³, Пушкина Л.В.⁴¹ ORCID: 0000-0002-3639-8490;² ORCID: 0000-0001-6923-5180;³ ORCID: 0000-0001-5989-6065;^{1, 2, 3, 4} Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (ФГБНУ ВНИИМЗ), Тверь, Россия

* Корреспондирующий автор (2016vniimz-noo[at]list.ru)

Аннотация

Статья посвящена изучению эффективности обмена и использования отдельных жизненно важных макро- и микроэлементов в организме жвачных животных в пастбищный период. С целью выявления обеспеченности молочных коров минеральными элементами при разных уровнях подкормки их концентратами был проведен научно-производственный опыт на опытном участке ФГБНУ ВНИИМЗ, расположенном в четырех километрах к юго-востоку от города Тверь, на двух группах коров – аналогов черно-пестрой породы, со среднесуточным удоем 12-15 кг молока, на восьмом месяце лактации. В результате исследований изучена возможность снижения удельного веса концентрированных кормов в рационе коров опытной группы, что способствовало увеличению потребления пастбищной травы по всем месяцам летнего периода. За сезон животные опытной группы потребили травы на 19,6% больше, чем контрольные. Относительная абсорбция минеральных веществ подопытными животными в изучаемых рационах была на достаточно высоком уровне. Сделан вывод о том, что при хорошем травостое снижение расхода концентратов с 240 г до 130 г на 1 кг молока в летних рационах коров с продуктивностью в контрольной группе 12,2, а в опытной – 12,6 кг в сутки, при содержании жира в молоке соответственно 4,12% и 4,46%, не отражается на переваримости минеральных веществ. Содержание химических элементов в кале, моче, молоке и в теле животных зависит от их содержания в рационе. При содержании коров с удоем 12-15 кг молока на культурных пастбищах им целесообразно скармливать не более 130-150 г концентратов на 1 кг молока при одновременном контроле рациона по минеральным элементам, особенно по фосфору, кобальту, йоду и др.

Ключевые слова: пастбищный корм, потребление, обмен, использование, калий, кальций, фосфор, цинк, медь, кобальт, йод.

USE OF MINERAL SUBSTANCES BY MILK COWS IN THE SUMMER PASTURE PERIOD

Research article

Kapsamun A.D.^{1,*}, Ivanova N.N.², Pavlyuchik E.N.³, Pushkin L.V.⁴¹ ORCID: 0000-0002-3639-8490;² ORCID: 0000-0001-6923-5180;³ ORCID: 0000-0001-5989-6065;^{1, 2, 3, 4} Federal State Budgetary scientific Institution "All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands" (FSBSI ARRIRL), Tver, Russia

* Corresponding author (2016vniimz-noo[at]list.ru)

Abstract

The article is devoted to the study of the efficiency of metabolism and the use of certain vital macro- and microelements in the body of ruminants in the pasture period. The research and production experiment was conducted at the experimental site of the FSBSI ARRIRL located four kilometers south-east of the city of Tver on two groups of cows – analogues of black-and-white breed with average daily milk yield of 12-15 kg of milk in the eighth month of lactation to identify the provision of dairy cows with mineral elements at different levels of feeding them with concentrates. The possibility of reducing the proportion of concentrated feed in the diets of cows from the experimental group was studied as a result of research, which contributed to an increase in the consumption of pasture grass throughout summer months. During the season, animals from the experimental group consumed herbs by 19.6% more than the control group. Relative absorption of mineral substances in experimental animals in the studied rations was at a sufficiently high level. It was concluded that with good herbage the reduction of concentrate consumption from 240 g to 130 g per 1 kg of milk in summer rations of cows with productivity in the control group comprised 12.2, and in the experimental group – 12.6 kg per day, with fat content in milk – 4.12% and 4.46% respectively, and does not affect the digestibility of minerals. The content of chemical elements in the feces, urine, and milk and in the body of animals depends on their content in the diet. When keeping cows with milk yield of 12-15 kg of milk on cultivated pastures, it is advisable to feed no more than 130-150 g of concentrate per 1 kg of milk while simultaneously controlling the ration for mineral elements, especially phosphorus, cobalt, iodine, etc.

Keywords: pasture forage, consumption, exchange, use, potassium, calcium, phosphorus, zinc, copper, cobalt, iodine.

В системе мероприятий, направленных на увеличение производства продуктов животноводства, большое значение имеет рациональное кормление коров в летне-пастбищный период. Биологическое и экономическое значение пастбищного кормления и содержания молочного скота очень велико. Путем рационального кормления молочных коров в летний период передовые хозяйства страны получают 55-60% годового производства молока.

Среди факторов, определяющих полноценность кормления молочных коров в летний период, основным является обеспечение их организма жизненно необходимыми макро- и микроэлементами в определенных количествах и соотношениях, позволяющих получить высокую продуктивность.

Цель работы – выявить уровень обеспеченности молочных коров минеральными элементами за счет основного корма – пастбищной травы, при разных уровнях их подкормки концентратами.

В 1 кг травы культурных пастбищ в среднем содержится 6,30 г калия, 1,9 г кальция, 0,78 г фосфора, 1,70 мг меди, 5,30 мг цинка, 26,00 мкг кобальта и 80,00 мкг йода.

Методика исследований

Научно-производственный опыт был проведен на опытном участке ФГБНУ ВНИИМЗ, расположенном в четырех километрах к юго-востоку от города Тверь, на двух группах коров – аналогов черно-пестрой породы. Животные обеих групп находились на восьмом месяце лактации и имели среднесуточный удой в первой группе 12,2, во второй – 12,6 кг при содержании жира в молоке соответственно 4,12 и 4,46%.

Проведен балансовый опыт с целью определения обеспеченности молочных коров минеральными элементами при разных уровнях их подкормки концентратами. Балансовые опыты проводились на 6 коровах (по 3 в каждой группе). В период балансовых опытов ежедневно проводили индивидуальный учет заданных кормов и их остатков, количества выделенного молока, кала и мочи. Животным обеих групп ежедневно задавали свежескошенную пастбищную траву по 60 кг на голову и разное количество концентратов, контрольной группе – 240 г, опытной – 130 г. Коровы обеих групп дополнительно получали в день на голову 120 г монокальцийфосфата и 75 г соли. В опытах был обеспечен методический принцип «единства межгруппового различия» и наличия контрольных животных, позволивших получить объективные сравнительные экспериментальные данные и достоверные выводы на основе математической обработки с использованием статистических компьютерных программ [5, 9, 3, 12, 2].

Результаты исследований

Фактическое потребление коровами пастбищной травы в контрольной группе 40,6 кг, в опытной – 42,2 кг на голову в сутки. В расчете на 1 кг молока в первой группе коровы получали 240, во второй – 130 г концентратов. В рационах коров содержалось 11,92 и 10,78 кормовых единиц, 1469 и 1311 г переваримого протеина. На 1 кормовую единицу приходилось соответственно 123 и 121 г переваримого протеина. Результаты исследований показали, что баланс макро- и микроэлементов в обеих группах был положительным (табл.1).

Таблица 1 – Баланс и использование минеральных веществ

Показатели	Калий, г	Кальций, г	Фосфор, г	Цинк, мг	Медь, мг	Кобальт, мг	Йод, мг
Контрольная группа							
Принято в кормах	324,99	106,70	81,50	314,8	63,32	5,03	4,13
Выделено с калом	77,25	64,96	25,75	169,4	11,97	4,30	1,57
Выделено с мочой	197,40	3,76	1,75	11,16	10,60	0,34	0,34
Выделено с молоком	24,54	21,92	9,47	56,84	6,36	0,02	0,03
Баланс (±)	25,80	16,06	44,53	77,40	34,39	0,37	2,19
Усвоено от принятого, %	7,9	15,04	54,60	24,58	54,30	7,35	53,03
Опытная группа							
Принято в кормах	336,50	102,49	81,92	292,30	64,64	5,38	4,13
Выделено с калом	85,12	67,86	27,77	199,82	12,71	4,87	1,62
Выделено с мочой	214,80	3,85	2,69	8,17	9,27	0,25	0,21
Выделено с молоком	22,57	22,70	9,85	55,11	5,20	0,03	0,02
Баланс (±)	14,01	8,08	41,61	29,20	37,46	0,23	2,28
Усвоено от принятого, %	4,15	7,88	50,80	10,00	57,90	4,46	55,20

Молочные коровы в условиях балансового опыта потребляли повышенное количество калия. Фактическое потребление калия в 2-3 раза превышало максимальные нормы [6], [11]. В пастбищный период в конце лактации относительная абсорбция калия была высокой и составила в контрольной группе 76,23%, а в опытной – 74,70% [10].

Наблюдалась довольно четкая тенденция повышения абсорбции калия в группах по мере увеличения его потребления, что явилось подтверждением того, что всасывание калия из пищеварительного тракта, в отличие от кальция, прямо пропорционально его концентрации в содержимом пищеварительного канала. Отмечено, что

значительная часть поступившего с кормом калия выделяется с мочой. Причем уровень выделения через почки животных зависел, по всей вероятности, от количества его в рационе.

Относительная абсорбция кальция в летний период, в конце лактации, составила в контрольной группе 39,11%, в опытной группе – 33,79%. На образование молока использовалось кальция от принятого в контрольной группе – 20,54%, а в опытной – 22,15%, что на 7,83% больше, чем в контроле. Отложение кальция в теле коров в этот период составило в контрольной группе 16,05 г, в опытной – 8,08 г.

В наших исследованиях относительная абсорбция фосфора составила в контрольной группе 68,42%, а в опытной – 66,10%, что на 1,04% меньше, чем в контроле. Использование фосфора в контрольной группе составило 66,27% от принятого в рационе, а в опытной – 68,82%, или на 1,05% меньше. Выделение фосфора с молоком составило в контрольной группе 11,62%, а в опытной – 12,02%, или на 3,44% больше.

Потребление цинка в балансовых опытах подопытными животными (в конце лактации) составляло в контрольной группе 314,83 мг, в опытной – 292,3 мг, переваримость соответственно 46,18% и 31,65%. Выделено цинка с молоком в контрольной группе 18,05% и 18,85% от принятого. Усвоено цинка от принятого в рационе в контрольной группе 24,58%, в опытной – 10,0%.

Переваримость меди при ее потреблении была несколько ниже или в пределах нормы, рекомендованной в литературе, что связано с ее количеством в рационе и потреблением протеина в рационе животными. В пастбищный период на восьмом месяце лактации переваримость меди составила в контрольной группе – 81,10%, в опытной – 80,34% при потреблении соответственно 63,32 мг и 64,64 мг на голову в сутки. Выделение меди с калом составило в контрольной группе 18,90 и 19,66%.

Переваримость кобальта и его потребление были подвержены значительным колебаниям. За основу норм потребности в кобальте в условиях Нечерноземной зоны РФ взяты более 7,0 мг в день на одну голову [7, 4].

В конце лактации (летний период) животные потребляли в рационе в контрольной группе – 5,03 мг, в опытной – 5,38 мг на голову в сутки, переваримость при этом составила соответственно 14,62 и 9,55%.

В связи с тем, что подопытные животные в период балансовых опытов выделяли кобальта с калом до 85,38% в контрольной группе и 90,45% от принятого с кормом, переваримость кобальта у коров была низкой. По литературным данным, переваримость кобальта колеблется от 4,5 до 61%.

Потребление йода в наших исследованиях находилось в пределах 4,13 мг на голову в сутки. Относительная абсорбция йода при одинаковом потреблении в рационе была различна и составила в контрольной группе 61,92%, в опытной – 60,74% $\pm 1,84$. На образование молока использовано йода от принятого в контрольной группе 0,73%, в опытной – 0,48%.

Механизм всасывания йода у животных до настоящего времени изучен мало, можно предположить, что характер выявленных связей обусловлен влиянием отдельных питательных веществ на интенсивность развития бактериальной флоры рубца, а также на растворимость соединений йода в пищеварительном тракте животных [8].

Снижение удельного веса концентрированных кормов в рационах опытной группы способствовало увеличению потребления травы, то есть улучшению биологической ценности летнего рациона и значительному улучшению минерального состава молока (табл.2).

Таблица 2 – Минеральный состав молока

Элементы	Нормативные показатели	Группы	
		контрольная	опытная
Калий, г/л	1,40	2,01	1,79
Кальций, г/л	1,30	1,78	1,80
Фосфор, г/л	1,20	0,78	0,79
Цинк, мг/л	3,00	4,65	4,37
Медь, мг/л	0,32	0,52	0,41
Кобальт, мкг/л	30,00	1,60	2,30
Йод, мкг/л	60,00	2,40	1,60

Заключение

1. В связи с тем, что используемые корма (пастбищная трава) содержат
2. избыточное количество калия, недостатка в этом элементе животные не испытывают и не нуждаются в дополнительной подкормке.
3. Скармливание коровам монокальцийфосфата – 120 г и 75 г позволило обеспечить в рационе нормальное соотношение кальция и фосфора (1,35 и 1,46) и способствовало оптимальному использованию этих элементов.
4. Содержание кобальта и йода в молоке было значительно ниже нормы, что связано с их недостатком в рационе и низким уровнем использования этих элементов на образование молока.
5. При содержании коров с удоем 12-14 кг молока на культурных пастбищах животным целесообразно скармливать не более 130 г концентратов на 1кг молока при одновременном контроле рациона по минеральным элементам, особенно по фосфору, кобальту, йоду.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Баканов В.Н. Летнее кормление молочных коров / В.Н. Баканов, Б.Р. Овсищер. - М.: Колос, 1982. - 175 с.
2. Волгин В.И. Полноценное кормление молочного скота – основа реализации генетического потенциала продуктивности. Монография / В.И. Волгин, Л.В. Романенко, П.Н. Прохоренко, З.Л. Федорова, Е.А. Корочкина. - М.: РАН, 2018. - 260 с.
3. Ганущенко О.Ф. Организация рационального кормления коров с использованием современных методов контроля полноценности их питания. Рекомендации / О.Ф. Ганущенко, Д.Т. Соболев. - Витебск: ВГАВМ, 2016. - 80 с.
4. Капсамун А.Д. Контроль за использованием концентратов в летних рационах коров / А.Д. Капсамун, В.Г. Иванов // Молочное и мясное скотоводство. - 1983. - №8. - С. 31-32.
5. Методические указания по проведению научных исследований на сенокосах и пастбищах. - М.: Россельхозакадемия, 1995. - 156 с.
6. Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах. Монография / Под ред. Р.В. Некрасова, А.В. Головина, Е.А. Махаева. - Москва: Амирит, 2018. - 290 с.
7. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие / Под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. - Москва, 2003. - 456 с.
8. Тохметов Т.М. Профилактика дефицита йода в рационах дойных коров // Сельское, лесное и водное хозяйство. 2011. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <http://agro.snauka.ru/2011/12/75> (дата обращения: 07.02.2019).
9. Туников Г.М. Биологические основы продуктивности крупного рогатого скота. Учебное пособие / Г.М. Туников, И.Ю. Быстрова. - Рязань: ПРИЗ, 2014. - 368 с.
10. Тупицкий О.О. Фактическая питательность кормов в рационах лактирующих коров и их продуктивность / О.О. Тупицкий, Л.Н. Гамко // Зоотехния. - 2018. - №12. - С. 11-14.
11. Филиппова О.Б. Витаминно-минеральное питание коров в новотельный период / О.Б. Филиппова, Е.Ф. Саранчина, А.С. Краснослободцева // Зоотехния. - 2019. - №4. - С. 12-16.
12. Шупик М.В. Кормление сельскохозяйственных животных. Методика и техника составления рационов для крупного рогатого скота / М.В. Шупик, А.Я. Райхман Учебное пособие. - Горки: БГСХА, 2013. - 123 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bakanov V.N. Letneye kormleniye molochnykh korov [Summer feeding of dairy cows] / V.N. Bakanov, B.R. Ovsishcher. - M.: Kolos, 1982. - 175 p. [in Russian]
2. Volgin V.I. Polnotsennoye kormleniye molochnogo skota – osnova realizatsii geneticheskogo potentsiala produktivnosti. Monografiya [Full feeding of dairy cattle is the basis for realizing the genetic potential of productivity. Monograph] / V.I. Volgin, L.V. Romanenko, P.N. Prokhorenko, Z.L. Fedorova, Ye.A. Korochkina. - M.: RAN, 2018. - 260 p. [in Russian]
3. Ganushchenko O.F. Organizatsiya ratsional'nogo kormleniya korov s ispol'zovaniyem sovremennykh metodov kontrolya polnotsennosti ikh pitaniya. Rekomendatsii [Organization of rational feeding of cows using modern methods of monitoring the usefulness of their food. Recommendations] / O. F. Ganushchenko, D. T. Sobolev. - Vitebsk: VGAVM, 2016. - 80 p. [in Russian]
4. Kapsamun A.D. Kontrol' za ispol'zovaniyem kontsentratorov v letnikh ratsionakh korov [Control over the use of concentrates in summer rations of cows] / A.D. Kapsamun, V.G. Ivanov // Molochnoye i myasnoye skotovodstvo [Dairy and beef cattle]. - 1983. - №8. - P. 31-32. [in Russian]
5. Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu nauchnykh issledovaniy na senokosakh i pastbishchakh [Guidelines for conducting scientific research on hayfields and pastures]. - M.: Rossel'khozakademiya, 1995. - 156 p. [in Russian]
6. Normy potrebnostey molochnogo skota i svinей v pitatel'nykh veshchestvakh. Monografiya [Nutrient requirements for dairy cattle and pigs. Monograph] / Pod red. R.V. Nekrasova, A.V. Golovina, Ye.A. Makhayeva. - Moskva: Amirit, 2018. - 290 p. [in Russian]
7. Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh. Spravochnoye posobiye [Norms and diets feeding farm animals. Reference Guide] / Pod red. A. P. Kalashnikova, V. I. Fisinina, V. V. Shcheglova, N. I. Kleymenova. - Moskva, 2003. - 456 p. [in Russian]
8. Tokhmetov T.M. Profilaktika defitsita yoda v ratsionakh doynnykh korov [Prevention of iodine deficiency in the rations of dairy cows] // Sel'skoye, lesnoye i vodnoye khozyaystvo. 2011. № 3 [Elektronnyy resurs]. URL: <http://agro.snauka.ru/2011/12/75> (accessed: 07.02.2019). [in Russian]
9. Tunikov G.M. Biologicheskiye osnovy produktivnosti krupnogo rogatogo skota. Uchebnoye posobiye [Biological basis of cattle productivity. Study guide] / G.M. Tunikov, I.YU. Bystrova. - Ryazan': PRIZ, 2014. - 368 p. [in Russian]
10. Tupitskiy O.O. Fakticheskaya pitatel'nost' kormov v ratsionakh laktiruyushchikh korov i ikh produktivnost' [The actual nutritional value of feed in the rations of lactating cows and their productivity] / O.O. Tupitskiy, L.N. Gamko // Zootekhniya [Zootechny]. - 2018. - №12. - P. 11-14. [in Russian]
11. Filippova O.B. Vitaminno-mineral'noye pitaniye korov v novotel'nyy period [Vitamin-mineral nutrition of cows in the fresh-season period] / O.B. Filippova, Ye.F. Saranchina, A.S. Krasnoslobodtseva // Zootekhniya [Zootechny]. - 2019. - №4. - P. 12-16. [in Russian]
12. Shupik M.V., Raykhman A.YA. Kormleniye sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh. Metodika i tekhnika sostavleniya ratsionov dlya krupnogo rogatogo skota Uchebnoye posobiye [Feeding farm animals. Methods and techniques of making rations for cattle. Study guide] / M.V. Shupik, A.YA. Raykhman. - Gorki: BGSKHA, 2013. - 123 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.024>**ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА ОБРАЗЦОВ РИСА НА ПРИСУТСТВИЕ ГЕНА УСТОЙЧИВОСТИ
К ЗАТОПЛЕНИЮ SUB1A**

Научная статья

Костылев П.И.^{1,*}, Галаян А.Г.², Казакова А.С.³, Костылева Л.М.⁴¹ ORCID: 000-0002-4371-6848,¹ ФГБНУ «АНЦ «Донской»;² ORCID: 0000-0003-4174-9731;³ ORCID: 0000-0002-0957-3994;⁴ ORCID: 0000-0003-3078-2296;^{2, 3, 4} Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, Зерноград, Россия

* Корреспондирующий автор (p-kostylev[at]mail.ru)

Аннотация

В статье представлены результаты исследований методических аспектов экспресс-оценки линий риса по их реакции на условия аэробного и анаэробного прорастания в лабораторных условиях. Изучены линии шестого поколения гибридов от скрещивания устойчивых к длительному затоплению сортов с геном Sub1A: BR-11, CR-1009, Inbara 3, TDK-1 с отечественным сортом Новатор, полученные в АНЦ «Донской». Семена проращивали в пробирках, залитых водой и чашках Петри. Установлено, что образцы, не растущие под водой, несли ген Sub1A в гомо- и гетерозиготном состоянии, а у растущих проростков он отсутствовал. Следовательно, данную методику можно использовать при быстрой и экономически выгодной оценке гибридного материала.

Ключевые слова: рис, линия, устойчивость к затоплению, экспресс-оценка, ген Sub1A.

**EXPRESS EVALUATION OF RICE SAMPLES FOR IDENTIFICATION OF THE GENE RESISTANT TO FLOOD
SUB1A**

Research article

Kostylev P.I.^{1,*}, Galayan A.G.², Kazakova A.S.³, Kostyleva L.M.⁴¹ ORCID: 0000-0002-4371-6848,¹ FSBSI "ANC" Donskoy";² ORCID: 0000-0003-4174-9731;³ ORCID: 0000-0002-0957-3994;⁴ ORCID: 0000-0003-3078-2296;^{2, 3, 4} Azov-Black Sea Engineering Institute of FSBEI HE Donskoy SAU, Zernograd, Russia

* Corresponding author (p-kostylev[at]mail.ru)

Abstract

The article presents the results of research on the methodological aspects of rapid assessment of rice lines by their reaction to the conditions of the laboratory aerobic and anaerobic germination. The lines of the sixth generation of hybrids from crossing resistant to long-term flooding of varieties with the Sub1A gene: BR-11, CR-1009, Inbara 3, TDK-1 with the domestic variety Novator obtained in the ANC "Donskoy" were studied. Seeds were germinated in test tubes filled with water and Petri dishes. It was established that the samples that did not grow under water carried the Sub1A gene in the homo- and heterozygous state, while it was absent in growing seedlings. This technique can be subsequently used in a quick and cost-effective assessment of the hybrid material.

Keywords: rice, line, resistance to flooding, rapid assessment, Sub1A gene.

Во всей Юго-Восточной Азии ежегодные внезапные наводнения и тайфуны приводят к потерям урожая риса. Только в Бангладеш и Индии они составляют до 4 миллионов тонн риса в год - этого достаточно, чтобы прокормить 30 миллионов человек. Длительное погружение в воду является третьим по значимости абиотическим стрессом, сдерживающим продуктивность риса. Хотя рис является культурой, которая требует затопленных и орошаемых условий для выращивания, большинство сортов риса подвержены наводнениям, и если вода застаивается, удерживая растения погруженными в воду более, чем на семь дней, это вызывает удлинение листьев и стеблей, гниение листьев, потерю сухой массы, а также полегание после сброса воды [1, С. 899].

При затоплении длительностью в семь дней погибает большинство растений риса, но некоторые растения риса могут находиться в состоянии покоя под водой в течение двух недель.

Толерантность к длительному затоплению была открыта у индийского сорта FR13A, именно это привело к успешной селекции устойчивых сортов. При длительном глубоком затоплении выживают генотипы, сочетающие экономию энергии и углеводов, контролируемую геном Sub 1. Этот механизм выражается в состоянии покоя и отсутствии удлинения проростков под водой [2, С.1107].

Идентификация на 9-й хромосоме гена Sub1, контролирующего толерантность к погружению, позволила создать в Международном институте риса (IRRI) с помощью беккроссов новые высокоурожайные коммерческие «мегасорта» с такими важными характеристиками, как высокая урожайность, хорошее качество зерна и устойчивость к местным вредителям и болезням [3, С. 227].

Толерантность к затоплению или анаэробная толерантность характеризуется способностью растений восстановиться после затопления на разных этапах развития. Восстановление включает в себя регенерацию растений,

поврежденных внезапным затоплением [4, С. 170]. Основания для толерантности к затоплению связаны с высоким начальным содержанием углеводов, высоким уровнем хлорофилла и минимальным ростом в условиях погружения [5, С. 77], [6, С. 2030]. Толерантность к затоплению генетическое свойство, которое проявляется в условиях стресса из-за участия многих неконтролируемых факторов окружающей среды. Xu и Mackill [7, С. 222] разработали метод регенерации проростков для оценки толерантности при затоплении риса, а Yamauchi и Winn [8, С. 683] разработали метод появления всходов для экспресс-оценки всходов при затоплении. При наличии большого количества генетических ресурсов риса из них можно выбрать перспективные генотипы с желательными признаками.

Цель исследований – разработка простого, быстрого и надежного способа экспресс-оценки генотипов риса с высокой устойчивостью проростков к условиям затопления.

Материал и методика

В качестве селекционного материала использовали 64 линии шестого поколения сорта из гибридных комбинаций: BR-11 х Новатор, CR-1009 х Новатор, Inbara 3 х Новатор, TDK-1 х Новатор, полученные в АНЦ «Донской». Материнские позднеспелые родительские формы несли ген Sub1A, отцовский краснодарский раннеспелый сорт Новатор – нет. Ген устойчивости к длительному затоплению Sub1A выявляли с помощью ПЦР-анализа растений по маркеру доминантного аллеля RM7481.

Опытным вариантом оценки устойчивости риса к длительному затоплению было анаэробное прорастание. Семена (3 шт.) помещали в стеклянную пробирку (2,5 см в диаметре и 15 см в высоту), заливали дистиллированной водой глубиной 10 см и инкубировали при температуре 28°C в темноте, не меняя воду. На 15-й день измеряли длину проростка (ростка и корешка).

Контрольным вариантом было аэробное прорастание на влажной фильтровальной бумаге в чашках Петри при температуре 28°C в темноте. Через 7 суток проростки измеряли и помещали в пробирки под слой воды 10 см при температуре 28°C. На 7-й день инкубации измеряли длину проростка и сравнивали с начальной величиной [9, С. 268]. Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программы Excel и Statistica 6.

Результаты исследований

В результате исследований было установлено, что при анаэробном прорастании через 15 суток большинство изучаемых сортов и линий (63 %) имели среднюю длину роста от 0,5 до 2,5 см, только 11 % обладали максимальной средней длиной проростков от 3,0 до 4,5 см (рис. 1).



Рис. 1 – Распределение сортов и линий риса по средней длине проростка при анаэробном прорастании

Максимальное значение средней длины роста в интервале от 3,10 до 4,50 см было у линий 6469 (4,49 см), 6502 (4,28 см), 6521 (3,98 см), 6465 (3,64 см), 6552 (3,42 см), 6446 (3,20 см), 6528 (3,10 см).

Большинство линий не имели корней. Только у трех линий и одного сорта был обнаружен проросший корешок, его длина составила у линии 6592 – 0,7 см, 6506 – 0,6 см, 6474 – 0,5 см, у сорта Южанин – 0,45 см.

R. Lasanthi-Kudahettige и L. Magneschi (2007) утверждают, что при аноксии проросток риса удлиняет междоузлие и формирует в первую очередь росток, более длинный, чем при аэробном прорастании, чем и обуславливается незначительное развитие или отсутствие корешка у большинства растений риса [10]. В процессе исследования три линии риса (6505, 6484 и 6529) не проросли в пробирках, что первоначально не дало достоверной информации о наличии гена Sub 1A, так как не исключается нежизнеспособность семенного материала при его проращивании. Однако при проращивании в чашках Петри все образцы проросли, следовательно, отсутствие прорастания в пробирках обусловлено присутствием в их генотипах гена Sub 1A..

Анализ аэробного прорастания в чашках Петри показал, что на 3 день закладки опыта, максимальные значения средней длины роста в интервале от 0,14 до 0,98 см были у линий 6461 (0,98 см), 6517 (0,77 см), величина средней длины корешка варьировала в интервале от 0,44 до 1,98 см, максимум – у линий 6461 (1,98 см), 6543 (1,62 см). На 8 день закладки опыта: средняя длина роста колебалась от 0,26 до 1,03 см (максимум у линии 6469 – 1,03 см), средняя длина корешка варьировала от 0,27 до 1,98 см (у линии 6461 – 1,98 см).

По данным изменения величины прироста образцов можно судить о наличии или отсутствии гена Sub 1A. Через неделю после переноса проростков из чашек Петри в пробирку у 24 образцов и сортов увеличение длины проростка варьировало от 0,1 до 0,4 см (максимум у линии 6549). У остальных 41 образцов прироста не наблюдалось. Минимальный прирост, или состояние покоя у изучаемых образцов свидетельствует о возможности присутствия в них гена Sub1A.

Поэтому был проведен анализ ДНК-маркеров этого гена. По данным ПЦР-анализа, изученные линии распределились на 3 группы по наличию гена Sub 1A: гомозиготы по рецессивному аллелю (нижний бэнд), гомозиготы по доминантному аллелю (верхний бэнд) и гетерозиготы (оба бэнды) (рис. 2).

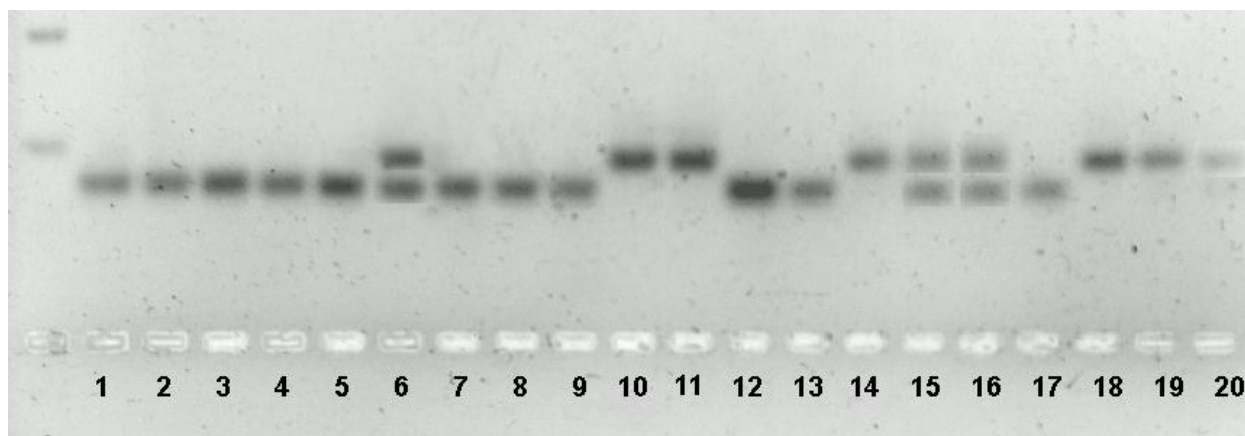


Рис. 2 – Электрофореграмма анализа наличия гена Sub1A

Примечание: **Рецессивные гомозиготы:** 1 – 6417, 2 – 6436, 3 – 6437, 4 – 6469, 5 – 6504, 7 – 6513, 8 – 6530, 9 – 6545, 12 – Новатор (реципиент), 13 – 6549, 17 – 6466, **доминантные гомозиготы Sub1A:** 10 – 6429, 11 – BR-11 (донор), 14 – 6461, 18 – 6484, 19 – 6505, 20 – 6529, **гетерозиготы:** 6 – 6477, 15 – 6546, 16 – 6592

Оказалось, что образцы без прироста под водой несли ген Sub1A в гомо- и гетерозиготном состоянии, а у растущих далее он отсутствовал. Следовательно, данную методику можно использовать при быстрой оценке гибридного материала. Затраты на 1 образец при проведении анализа наличия гена Sub 1A в полевых условиях составляют 300 рублей, с помощью ПЦР-анализа – 200, а при экспресс-оценке – 80.

Таким образом, представленный в данной статье метод является не только простым, быстрым, но и экономически выгодным в использовании по сравнению с другими методами.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Scuba rice: breeding flood-tolerance into Asia's local rice varieties, 2010 // https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08b0d40f0b652dd000a80/DFID_impact_case_study_SUB1rice_FINAL_1_.pdf site visited on 04/05/2019
2. Kende H. Rice: a model plant to study stem elongation / H. Kende // Plant Physiol. – 1998. – 118 – P. 1105–1110.
3. Submergence tolerance in rainfed lowland rice: Physiological basis and prospects for cultivar improvement through marker-aided breeding // <https://www.scilit.net/article/328b8a343d143d4326d381c5f0ea7636> site visited on 04/05/2019
4. Kamolsukyonyong W. Mapping of quantitative trait locus related to submergence tolerance in rice with aid of chromosome walking / W. Kamolsukyonyong, V. Ruanjaichon // DNA Res. – 2001. – 8. – P.163–171.
5. Ito O. Physiological basis of submergence tolerance in rainfed lowland rice ecosystem / O. Ito, E. Ella, N. Kawano // Field Crops Res. – 1999. – 64 – P.75–90.
6. Takeshi F. A variable cluster of ethylene response factor-like genes regulates metabolic and developmental acclimation responses to submergence in rice. / F. Takeshi, K. Xu, P. C. Ronald, J. Bailey-Serres // Plant Cell. – 2006. – 18. – P. 2021–2034.
7. Xu K. A major locus for submergence tolerance mapped on rice chromosome 9 / K. Xu, D. Mackill // Mol. Breed. – 1996. – 2. – P.219–224.
8. Yamauchi M. Rice seed vigor and seedling establishment in anaerobic soil / M. Yamauchi, T. Winn // Crop Sci. – 1996. – 36. – P. 680–686.
9. Manangkil, O.E. A simple, rapid and reliable bioassay for evaluating seedling vigor under submergence in *indica* and *japonica* rice (*Oryza sativa* L.) / O.E. Manangkil, H.T.T. Vu, S. Yoshida, N. Mori, C. Nakamura // Euphytica. – 2008. – V.163. – I.2. – P. 267–274.
10. Transcript Profiling of the Anoxic Rice Coleoptile // <http://www.plantphysiol.org/content/144/1/218> site visited on 3/05/2019