

Известия

Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова

Научно-практический журнал

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (ПИ № ФС77-75291 от 15 марта 2019 г.). Индекс издания ПП921 АО «Почта России». Издаётся с 2013 г. Выходит 4 раза в год.

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

УЧРЕДИТЕЛЬ: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Шекихачев Ю. А. – д-р техн. наук, проф.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Апажев А. К. – д-р техн. наук, доц.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Абдулхаликов Р. З. – д-р с.-х. наук, доц.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР:

Дзуганов В. Б. – д-р техн. наук, доц.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Айсанов З. М. – д-р с.-х. наук, проф.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Аширбеков М. Ж. – д-р с.-х. наук, доц., Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева (Петропавловск, Республика Казахстан)
Бакуев Ж. Х. – д-р с.-х. наук, доц., Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства (Нальчик, Россия)
Батукаев А. А. – д-р с.-х. наук, проф., Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Грозный, Россия)
Васюкова А. Т. – д-р техн. наук, проф., Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ) (Москва, Россия)
Власова О. И. – д-р с.-х. наук, доц., Ставропольский ГАУ (Ставрополь, Россия)
Гварамя А. А. – д-р физ.-мат. наук, проф., акад. АН Абхазии, Абхазский государственный университет (Сухум, Республика Абхазия)
Гудковский В. А. – д-р с.-х. наук, проф., акад. РАН, Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина (Мичуринск, Россия)
Гукежев В. М. – д-р с.-х. наук, проф., Кабардино-Балкарский научный центр РАН (Нальчик, Россия)
Джабоева А. С. – д-р техн. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Есаулко А. Н. – д-р с.-х. наук, проф., проф. РАН, Ставропольский ГАУ (Ставрополь, Россия)
Камбулов С. И. – д-р техн. наук, доц., Аграрный научный центр «Донской» (Зерноград, Россия)
Кудаев Р. Х. – д-р с.-х. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Курасов В. С. – д-р техн. наук, доц., Кубанский ГАУ (Краснодар, Россия)

Ламердонов З. Г. – д-р техн. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Максимов В. И. – д-р биол. наук, проф., Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К. И. Скрябина (Москва, Россия)
Марченко В. В. – д-р с.-х. наук, проф., чл.-кор. РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела (Московская область, Пушкино, пос. Лесные поляны, Россия)
Модебадзе Н. П. – д-р экон. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Назранов Х. М. – д-р с.-х. наук, доц., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Несмиянов И. А. – д-р техн. наук, доц., Волгоградский ГАУ (Волгоград, Россия)
Сокол Н. В. – д-р техн. наук, проф., Кубанский ГАУ (Краснодар, Россия)
Тамова М. Ю. – д-р техн. наук, проф., Кубанский государственный технологический университет (Краснодар, Россия)
Тарчов Т. Т. – д-р с.-х. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Темираев Р. Б. – д-р с.-х. наук, проф., Горский ГАУ (Владикавказ, Россия)
Успенский А. В. – д-р ветеринар. наук, проф., чл.-кор. РАН, Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук (Москва, Россия)
Ханиева И. М. – д-р с.-х. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Шахмурзов М. М. – д-р биол. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Шевхужев А. Ф. – д-р с.-х. наук, проф., Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства – филиал Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра (Ставрополь, Россия)
Шеуджен А. Х. – д-р биол. наук, проф., акад. РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт риса (Краснодар, Россия)
Шогенов Ю. Х. – д-р техн. наук, акад. РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН (Москва, Россия)
Юлдашбаев Ю. А. – д-р с.-х. наук, проф., акад. РАН, РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева (Москва, Россия)

Izvestiya

of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

Scientific and practical journal

Registered by Federal Communication Supervision Service of Information Technologies and Mass Communication (PI № FS77-75291 from March, 15, 2019). Publication index PP921 JSC Russian Post. Issued since 2013. It is published four times a year.

The journal is included in the List of the peer-reviewed scientific publications, in which the basic scientific results of dissertations for the degree of candidate of science, for the degree of doctor of science should be published

FOUNDER: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov"

EDITOR-IN-CHIEF:

Shekikhachev Yu.A. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)

ASSISTANTS CHIEF EDITOR:

Apazhev A.K. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Abdulkhalikov R.Z. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)

EXECUTIVE EDITOR:

Dzukanov V.B. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)

EDITORIAL BOARD:

Aisanov Z.M. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Ashirbekov M.Zh. – Assoc. Prof., Dr. Sci., North
Kazakhstan University named after M. Kozybayev
(Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan)
Bakuev Zh.Kh. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
North Caucasian Research Institute of Mountain
and Foothill Gardening (Nalchik, Russia)
Batukaev A.A. – Prof., Dr. Sci.,
Chechen Research Institute of Agriculture
(Grozny, Russia)
Vasyukova A.T. – Prof., Dr. Sci., Russian Biotechnological
University (ROSBIOTECH) (Moscow, Russia)
Vlasova O.I. – Assoc. Prof., Dr. Sci., Stavropol SAU
(Stavropol, Russia)
Gvaramiya A.A. – Prof., Dr. Sci., Academician of AS
of Abkhazia, Abkhazian State University
(Sukhum, Republic of Abkhazia)
Gudkovskiy V.A. – Prof., Dr. Sci., Academician
of RAS, Federal Scientific Center named after
I.V. Michurin (Michurinsk, Russia)
Gukezhev V.M. – Prof., Dr. Sci., Kabardino-Balkarian
Scientific Center RAS (Nalchik, Russia)
Dzhaboeva A.S. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Esaulko A.N. – Prof., Dr. Sci., Prof. of RAS,
Stavropol State Agrarian University (Stavropol, Russia)
Kambulov S.I. – Assoc. Prof., Dr. Sci., Agrarian
Scientific Center "Donskoy" (Zernograd, Russia)
Kudaev R.Kh. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Kurasov V.S. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Kuban SAU (Krasnodar, Russia)

Lamerdonov Z.G. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Maksimov V.I. – Prof., Dr. Sci.,
Moscow State Academy of Veterinary Medicine and
Biotechnology – MVA named after K.I. Seryabin
(Moscow, Russia)
Marchenko V.V. – Prof., Dr. Sci., Corr. Member of RAS,
All-Russian Research Institute of Pedigree Business
(Moscow region, Pushkino, Lesnye Polyany village,
Russia)
Modebadze N.P. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Nazranov Kh.M. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Nesmiyanov I.A. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Volgograd SAU (Volgograd, Russia)
Sokol N.V. – Prof., Dr. Sci., Kuban SAU
(Krasnodar, Russia)
Tamova M.Yu. – Prof., Dr. Sci.,
Kuban State Technological University
(Krasnodar, Russia)
Tarchokov T.T. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Temiraev R.B. – Prof., Dr. Sci., Gorsky SAU
(Vladikavkaz, Russia)
Uspenskiy A.V. – Prof., Dr. Sci., Corr. Member of RAS,
Federal Scientific Center – All-Russian Research Institute
of Experimental Veterinary named after K.I. Seryabin and
Y.R. Kovalenko Russian Academy of Sciences
(Moscow, Russia)
Khanieva I.M. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Shakhmurzov M.M. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Shevkhuzhev A.F. – Prof., Dr. Sci., All-Russian Research
Institute of Sheep and Goat Breeding – branch of the
North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center
(Stavropol, Russia)
Sheudzhen A.Kh. – Prof., Dr. Sci., Academician of RAS,
All-Russian Rice Research Institute (Krasnodar, Russia)
Shogenov Yu.Kh. – Dr. Sci., Academician of RAS,
Department of Agricultural Sciences RAS
(Moscow, Russia)
Yuldashbaev Yu.A. – Prof., Dr. Sci., Academician of RAS,
Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russia)



Дорогие друзья!

Выход юбилейного, 50-го номера научно-практического журнала «Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова» – хороший повод высказать слова признательности всему редакционному коллективу.

Периодическое печатное издание выходит с июня 2013 года. У истоков создания и развития журнала стояли: редактор Вера Зачиевна Герандокова, технический редактор Валерий Иосифович Салашный, переводчик Мадина Александровна Устова, инженер-программист Ирина Владимировна Рулёва, которым выражаем искреннюю благодарность.

С каждым годом журнал совершенствовался: менялись тематика, рубрики и требования к научным статьям.

Журнал имеет цель – доведение до научной общественности и практических работников результатов актуальных научно-исследовательских работ в различных областях аграрной науки, оказание помощи аспирантам и молодым ученым в публикации результатов исследований при подготовке ими диссертационных работ.

За период существования общее количество статей, опубликованных в журнале, составило 1333.

Оценивая пройденный путь, можно отметить, что журнал «Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова» достиг определенных успехов.

С 15.02.2023 г. он включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по научным специальностям и соответствующим им отраслям науки:

4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки);

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки);

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки);

с 15.03.2024 г.:

4.3.3. Пищевые системы (технические науки).

Журнал входит в библиографическую базу данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ), с 2022 года – в международную реферативную базу данных «Agris», а с 2025 года размещен на платформе Российского центра научной информации (РЦНИ) и в информационной системе «Метафора».

В 2025 г. журнал включен в «Белый список» – перечень наиболее авторитетных научных журналов.

С 2022 года всем статьям журнала присваивается международный цифровой идентификатор объекта (DOI).

Полнотекстовые версии статей выпусков журнала размещаются на сайте Кабардино-Балкарского ГАУ, в порталах научных электронных библиотек eLibrary и CyberLeninka.

В редакционную коллегию научно-практического журнала входят известные отечественные и зарубежные ученые: академики, члены-корреспонденты, доктора наук, профессора, ведущие специалисты по соответствующим научным направлениям, благодаря которым рейтинг журнала ежегодно повышается.

Поздравляю весь коллектив университета с юбилейным, 50-м выпуском журнала «Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова».

Желаю успехов в достижении намеченных целей, дальнейшего развития и процветания, новых интересных публикаций и издательского долголетия.

*Ректор Кабардино-Балкарского ГАУ
З. Л. Шхагапсоев*

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Садоводство, овощеводство, виноградарств и лекарственные культуры

- Расулов А. Р., Бесланев Б. Б., Калмыков М. М., Шибзухов З.-Г. С., Мисиров Э. А.**
Развитие интенсивного садоводства на склонах на основе иммунных к парше сортов яблоны 8
- Шетов А. Х., Шонтуков Э. З., Ахундзада М. Ш., Шибзухова З. С.**
Влияние жидких комплексных удобрений на рост и развитие томата 19

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства

- Гукежев В. М., Темирдашева К. А.**
Особенности учета климатических факторов для оптимизации молочного производства в пастбищный период 27
- Жемухова О. А., Шахмурзов М. М.**
Повышение мясной продуктивности гусей 35

Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

- Айсанов З. М., Тарчоков Т. Т., Пилов А. Х., Тлейншева М. Г., Шабанов В. П., Гучаев Т. М.**
Племенная ценность быков-производителей бурой швицкой породы в зависимости от страны происхождения и линейной принадлежности 43
- Горелик А. С., Горелик О. В., Харлап С. Ю., Ражина Е. В.**
Воспроизводительные качества дочерей голштинских от быков-производителей разной селекции ... 53
- Тищенко Н. Н., Губаев И. С., Пежева М. Х., Махова И. Х., Кожаева Д. К.**
Хозяйственно-полезные признаки калмыцкого скота в условиях Кабардино-Балкарии 63

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

- Балкаров Р. А., Мизиев З. И.**
Выбор оптимальных масс и скоростей машинно-тракторных агрегатов с учетом уплотняющего воздействия на почву 70
- Бекаров А. Д., Мишхожев В. Х., Габаев А. Х.**
Характеристики движения частиц зернового вороха при его обработке на конвейерной очистке в зерноуборочном комбайне 77
- Болотоков А. Л., Танашев А. А.**
Улучшение показателей эффективности использования дизеля трактора МТЗ 86
- Кумахов А. А., Кудавев З. Р., Кушаев С. Х., Хапов Ю. С.**
Энергоэффективные электроприводы в агропромышленном комплексе: анализ, моделирование и оптимизация режимов работы 95
- Мисиров М. Х., Егожев А. М.**
Влияние угла действия режущего клина на механизм деформирования почвы и энергоемкость процесса почвообработки 103

Себетова Р. И., Икоева Э. Ю., Дзарагасова И. В. Тяговый электропривод опорно-тяговых модулей для сельскохозяйственной техники	111
Темирбаева Н. Ы., Нарымбетов М. С., Осмонов Ж. Ы., Уметалиева Ч. Т., Абдурахманова Ш. А., Мамбетов Э. М. Использование малых горных водотоков для электроснабжения животноводов Кыргызстана	118
Фиапшев А. Г., Цопанов Н. Е., Есенов И. Х., Уртаев Т. А. Обоснование выбора источника питания погружного центробежного электронасоса для маломощных источников воды	126
Пищевые системы	
Бисчокова Ф. А., Шогенова И. Б. Использование кукурузной и льняной муки в производстве хлебобулочных изделий для детского питания	134
Гаврилов А. В. Анализ процесса экстрагирования растительного сырья под действием электромагнитного поля СВЧ-диапазона	142
Мухамедов Т. А., Кунашева Ж. М., Кодзокова М. Х. Влияние дезодорированной полуобезжиренной муки соевой на сохранность хлеба	151
ЭКОНОМИКА	
Региональная и отраслевая экономика	
Газаева М. Ш., Буздова А. З., Кокова Э. Р. Состояние, проблемы и перспективы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве	158
ЮБИЛЯРЫ	
С юбилеем Дзуганова В. Б.	171
С юбилеем Сокол Н. В.	173
С юбилеем Тарчокова Т. Т.	175

CONTENTS

AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT Horticulture, Vegetable Growing, Viticulture and Medicinal Crops

Rasulov A.R., Beslaneev B.B., Kalmykov M.M., Shibzukhov Z.-G.S., Misirov E.A.
Development of intensive horticulture on slopes based on apple varieties immune to scab 8

Shetov A.Kh., Shontukov E.Z., Akhundzada M.S., Shibzukhova Z.S.
The effect of liquid complex fertilizers on growth and development of tomatoes 19

ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE Private Zootechnics, Feeding, Feed Preparation Technologies and Livestock Production

Gukezhev V.M., Temirdasheva K.A.
Features of taking into account climatic factors for optimizing dairy production during the pasture period 27

Shakhmurzov M.M., Zhemukhova O.A.
Increasing the meat productivity of geese 35

Breeding, Selection, Genetics and Biotechnology of Animals

Aisanov Z.M., Tarchokov T.T., Pilov A.Kh., Tleynsheva M.G., Shabanov V.P., Guchaev T.M.
Breeding value of brown Swiss bulls, depending on the country of origin and line affiliation 43

Gorelik A.S., Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Razhina E.V.
Reproductive qualities of daughters of Holstein bulls of different breeding 53

Tishchenko N.N., Gubaev I.S., Pezheva M.Kh., Makhova I.Kh., Kozhaeva D.K.
Economically Valuable Traits of Kalmyk Cattle in the Kabardino-Balkarian Republic 63

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES Technologies, Machines and Equipment for the Agro-industrial Complex

Balkarov R.A., Miziev Z.I.
Selection of optimal weights and speeds of machine and tractor units, taking into account the compacting effect on the soil 70

Bekarov A.D., Mishkhozhev V.Kh., Gabaev A.Kh.
Characteristics of grain particle movement during its processing on a conveyor cleaning system in a grain harvest 77

Bolotokov A.L., Tanashev A.A.
Improving the efficiency of using MTZ tractor 86

Kumakhov A.A., Kudayev Z.R., Kushaev S.Kh., Khapov Yu.S.
Energy-efficient electric drives in the agro-industrial complex: analysis, modeling and optimization of operating modes 95

Misirov M.Kh., Egozhev A.M.
The influence of the cutting wedge angle on the soil deformation mechanism and energy consumption of the tillage process 103

Sebetova R.I., Ikoeva E.Yu., Dzaragasova I.V.
Traction electric drive of traction modules for agricultural machinery 111

Temirbaeva N.Y., Narymbetov M.S., Osmonov Zh.Y., Umetalieva Ch.T., Abdurakhmanova Sh.A., Mambetov E.M.	
The use of small mountain streams for electricity supply to livestock farmers in Kyrgyzstan	118
Fiapshyev A.G., Tsopanov N.E., Yesenov I.Kh., Urtaev T.A.	
Justification for the selection of a power source for a submersible centrifugal electric pump for low-flow water sources	126
Food Systems	
Bischokova F.A., Shogenova I.B.	
The use of corn and flaxseed flour in the production of bakery products for baby food	134
Gavrilov A.V.	
Analysis of the process of extracting plant raw materials under the influence of an electromagnetic field of the microwave range	142
Mukhamedov T.A., Kunasheva Zh.M., Kodzokova M.Kh.	
The effect of deodorized semi-defatted soy flour on the shelf life of bread	151
ECONOMY	
Regional and Sectoral Economy	
Gazaeva M.Sh., Buzdova A.Z., Kokova E.R.	
The state, problems and prospects of artificial intelligence in agriculture	158
ANNIVERSARIES	
Congratulations to Dzuganov V.B.	171
Congratulations to Sokol N.V.	173
Congratulations to Tarchokov T.T.	175

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО
AGRONOMY, FORESTY AND WATER MANAGEMENT

Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные травы
Horticulture, Vegetable Growing, Viticulture and Medicinal Crops

Научная статья

УДК 634.11

DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-8-18

**Развитие интенсивного садоводства на склонах
на основе иммунных к парше сортов яблони**

Абдуллабек Расулович Расулов¹, Беслан Борисович Бесланеев^{✉2},
Муказир Мухабович Калмыков³, Залим-Гери Султанович Шибзухов⁴,
Эльдар Анзорович Мисиров⁵

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

¹abdulabek.r@mail.ru

^{✉2}beslanceev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8974-4388>

³muchazir.kalmykov@mail.ru

⁴konf07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9765-5633>

⁵eldarmisirov864@gmail.com

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований, проведенных в 2023–2025 гг. в интенсивных насаждениях яблони в ООО «Богатый урожай» Кабардино-Балкарской Республики (КБР). Пахотные земли в КБР находятся в остром дефиците. Проводятся комплексные исследования по изучению склоновых земель для использования в промышленном садоводстве. С появлением новых иммунных к парше сортов необходимо проанализировать их эффективность в условиях горной местности. Цель исследования – изучение иммунных к парше сортов Флорина, Моды, Топаз и Голден Раш на напашных террасах в лесогорной зоне КБР. Многолетние наблюдения за насаждениями свидетельствуют, что по фенотипическим признакам плоды сортов Флорина, Моды и Топаз, выращенные в лесогорной плодовой зоне, более привлекательны и востребованы потребителями. В то же время сорт Голден Раш, несмотря на стабильную урожайность, отличается сдержанной силой роста и плодами позднего срока созревания, уступает сравниваемым сортам по качеству плодов. Установлено, что использование устойчивых к парше сортов яблони позволяет существенно снизить пестицидную нагрузку и затраты на обработку сада, получать при этом качественные плоды без поражений грибковыми заболеваниями даже в неблагоприятные по погодным условиям годы. Интенсивно окрашенные, привлекательные для потребителей плоды сортов Флорина, Моды и Топаз рекомендуются для выращивания на напашных террасах в условиях лесогорной зоны КБР. В то же время сорт Голден Раш уступает по товарности плодов и не рекомендуется для использования в этой зоне.

Ключевые слова: склоновые земли, напашные террасы, лесогорная зона, интенсивный сад, иммунные сорта, плотность посадки

Для цитирования: Расулов А. Р., Бесланеев Б. Б., Калмыков М. М., Шибзухов З.-Г. С., Мисиров Э. А. Развитие интенсивного садоводства на склонах на основе иммунных к парше сортов яблоки // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 4(50). С. 8–18. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-8-18

Original article

Development of intensive horticulture on slopes based on apple varieties immune to scab

Abdullabek R. Rasulov¹, Beslan B. Beslaneev^{✉2}, Mukazir M. Kalmykov³,
Zalim-Geri S. Shibzukhov⁴, Eldar A. Misirov⁵

Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue,
Nalchik, Russia, 360030

¹abdulabek.r@mail.ru

^{✉2}beslaneev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8974-4388>

³muchazir.kalmykov@mail.ru

⁴konf07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9765-5633>

⁵eldarmisirov864@gmail.com

Abstract. This article presents the results of research conducted in 2023–2025 on intensive apple plantings at Bogaty Urozhay LLC in the Kabardino-Balkarian Republic (KBR). Arable land in the KBR is in acute shortage. Comprehensive research is underway to study sloping lands for use in industrial horticulture. With the emergence of new scab-resistant varieties, it is necessary to analyze their effectiveness in mountainous conditions. The objective of this study was to evaluate scab-resistant varieties Florina, Modi, Topaz, and Golden Rush on terraced fields in the forest-mountain zone of the KBR. Long-term observations of the plantings indicate that, based on phenotypic traits, fruits of the Florina, Modi, and Topaz varieties grown in the forest-mountain fruit-growing zone are more attractive and in demand by consumers. At the same time, despite its stable yield, the Gold Rush variety is characterized by moderate vigor and late-ripening fruit, yielding inferior fruit quality to comparable varieties. It has been established that the use of scab-resistant apple varieties significantly reduces pesticide loads and orchard treatment costs, while producing high-quality fruit free from fungal diseases, even in years with unfavorable weather conditions. The intensely colored, consumer-attractive fruit of the Florina, Modi, and Topaz varieties is recommended for cultivation on terraced fields in the forest-mountain zone of the KBR. However, the Golden Rush variety has inferior marketability and is not recommended for use in this zone.

Keywords: slope lands, fallow terraces, forest-mountain zone, intensive orchard, immune varieties, planting density

For citation: Rasulov A.R., Beslaneev B.B., Kalmykov M.M., Shibzukhov Z.-G.S., Misirov E.A. Development of intensive horticulture on slopes based on apple varieties immune to scab. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2025;4(50):8–18. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-8-18

Введение. За последние два десятилетия в развитии интенсивного садоводства в стране достигнуты значительные успехи. Объем производства яблок превысил 4 миллиона тонн. Почти треть из этого объема выращивается в Кабардино-Балкарской Республике (КБР). Однако проблема самообеспеченно-

сти страны плодами, а тем более экспорта в другие регионы страны с менее благоприятными климатическими условиями, ещё далеко не решена [1, 2].

В связи с тем, что пахотные земли в КБР (в условиях равнин) в остром дефиците, для закладки новых интенсивных насаждений

следует учитывать склоновые земли. Тем более что в КБР уже имеется положительный опыт садоводства на склонах [3].

Освоением склоновых земель под промышленное садоводство в Кабардино-Балкарской Республике занимаются начиная с 70-х годов прошлого века. Глубокие исследования с последующим внедрением результатов в практику были проведены учеными Кабардино-Балкарской опытной станции садоводства А. Х. Авсараговым, П. Г. Лучковым, А. К. Каировым, Х. Ж. Балкаровым и др. На основе накопленного опыта на склоновых землях было заложено более 3 тыс. га садов и организованы крупные садоводческие хозяйства, которые в период реформ в последующем раздробились [3, 4].

В настоящее время вопросы организации интенсивного садоводства на склонах должны решаться на основе самых современных разработок [5].

В Кабардино-Балкарии применяется 2 основных метода устройства полотна террас – нарезное и напашное. Методы отличаются техникой и областью применения. Нарезной метод применяется на склонах крутизной от 20 до 40°, а напашной – на склонах до 20°.

При напашном методе ряды деревьев на склонах размещают поперек склона по горизонталям. В первые годы после посадки сада почву в междурядьях сада один-два раза напахивают обычным плугом с оборотом пласта в направлении вниз по склону. Со временем поверхность междурядий становится почти горизонтальной, удобной для эксплуатации рабочей техники.

Этот метод устройства террас позволяет сэкономить затраты на нарезку террас. Полотно затем задерняется естественным способом. Траву скашивают несколько раз за сезон. При этом широколиственные растения постепенно исчезают, уступая место более устойчивым к выкашиванию многолетним злаковым травам, образуя естественный газон. Приствольную полосу обрабатывают неселективными системными гербицидами два раза за сезон. Обработка производится при достижении высоты травы 20–30 см. В молодых садах вместо системных гербицидов используют десиканты.

Для закладки безпорных яблоневых садов на террасах используют саженцы на по-

лукарликовых подвоях ММ106 и СК-2. Крону предпочитают формировать веретеновидного типа без толстых ветвей, что позволяет размещать 800–1000 и более деревьев на 1 га. В дальнейшем параметры кроны поддерживаются в оптимальных параметрах посредством ежегодной обрезки [6].

Все возделываемые сорта яблони в той или иной степени поражаются грибковыми заболеваниями. Наиболее вредоносной болезнью считается парша. Она покрывает листья и плоды черной пленкой мицелия грибка, листья постепенно засыхают и преждевременно опадают. Пораженные плоды становятся уродливыми, кривобокими, пораженные участки плода пробковеют и становятся непригодными для потребления [7, 8].

Степень поражаемости паршой у разных сортов яблони различается – от слабопоражаемых до средне- и сильно поражаемых. Она оценивается в баллах поражения от 0–0,5 балла (слабое поражение) до 4–5 баллов (сильное поражение). Наиболее ценные сорта яблони, районированные на юге Российской Федерации, такие как Ренет Симиренко, Айдаред, сорта группы Ред Делишес относятся к сильнопоражаемым, что наносит большой ущерб садоводству. У сильно поражаемых сортов до 50% плодов могут оказаться нетоварными [9].

В связи с этим селекционеры многих странах работают над выведением новых сортов, устойчивых к поражению паршой. Учеными США еще в начале 20 века была проведена селекционная работа по межвидовому скрещиванию известного сорта яблони Римская красавица (относится к виду «яблоня домашняя»), имеющего красивые ценные плоды, но сильно поражаемого паршой, с устойчивым к парше дикоплодовым видом с мелкими плодами «яблоня многоцветковая – Флорибунда». После проведенных скрещиваний анализ выращенных из семян гибридов на поражаемость паршой показал, что до 50% сеянцев-гибридов оказались устойчивыми к парше. Это означало, что яблоня Флорибунда несет доминирующий ген устойчивости к парше и передает «иммунитет» своему потомству в соотношении 50:50 [10, 11].

Для дальнейшего изучения из выращенных сеянцев-гибридов, устойчивых к парше, были отобраны те, которые имели характер-

ный для культурных сортов фенотип (отсутствие колючек, крупные листья). После вступления деревьев в фазу плодоношения из них вновь были отобраны те, что имели крупные плоды. Отобранные растения затем скрещивали с другими культурными сортами для закрепления нужных признаков [12, 13].

Таким образом, спустя почти 70 лет после начала экспериментов были получены новые сорта яблони, имеющие статус иммунных к парше. Первым таким сортом яблони стал сорт Прима осеннего срока созревания, затем сорта Присцилла, Ред фри и другие.

В последующем самые интересные гибриды были использованы и в других странах для селекции. На основе этих сортов продолжалась работа по выведению новых устойчивых к парше сортов. К иммунным сортам, получившим мировую популярность, относятся: Флорина, выведенная во Франции с использованием иммунного гибрида из Америки, Моды, выведенный в Италии; Топаз – в Чехии и другие [12, 13].

В России селекционная работа по выведению новых, устойчивых к болезням сортов проводится в ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (г. Краснодар – Ульяновская Е. В с сотрудниками), в ФГБНУ ВНИИСПК (г. Орел – Седов Е. Н.), в ФГБНУ СевКавНИИГиПС (г. Нальчик) и в других научных учреждениях [14].

Высокоурожайные, устойчивые к парше сорта яблони дают возможность снизить пестицидную нагрузку и затраты на обработки садов на 30% и более и получать гарантированное качество плодов даже в неблагоприятные по погодным условиям годы.

Для получения плодов крупного калибра необходимо проводить прореживание завязи. В современных садах принято проводить химическое прореживание с помощью обработки фитогормонами ауксинового типа, такими как *NAD* (амид альфа-нафтилуксусная кислота) либо *NAA* (нафтил-уксусная кислота) – *обстрактин* [14].

При конструкции сада с веретеновидной кроной все длинные растущие вверх побеги удаляют при обрезке переводом на нижерасположенный побег, растущий наружу кроны, поэтому обрезка оказывается довольно сильной, и дерево плодами не перегружается, за

исключением некоторых сортов. Поэтому проведение химического прореживания завязи необходимо не для всех сортов.

Цель исследования – изучение иммунных к парше сортов Флорина, Моды, Топаз и Голден Раш на напашных террасах в лесогорной зоне Кабардино-Балкарской Республики.

Материалы, методы и объекты исследования. Сад с учетом вышеизложенных научных наработок был заложен в 2019 году на землях с.п. Аушигер на площади 70 га в ООО «Богатый урожай» на высоте 800 м над уровнем моря (рис. 1). Склон восточной экспозиции длительной протяженности, крутизной 12–15 °; почвы серые лесные. Объектами исследования послужили устойчивые к грибковым заболеваниям зимние сорта яблони: Флорина, Моды, Топаз и Голд Раш, выращиваемые на напашных террасах в ООО «Богатый урожай» (рис. 2).

Для посадки были использованы скороплодные, устойчивые к парше сорта яблони, способные обеспечивать высокое товарное качество плодов.

В процессе работы учет и наблюдения проводились в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» Орел (1999) [9]. Размер учетной делянки составлял 10 деревьев в 3-кратной повторности.

Почвы под садовыми насаждениями серые, лесные. Содержание гумуса колеблется в пределах 3–4%. Вниз по профилю почвы его количество резко уменьшается. Аналогичная картина наблюдается и относительно содержания азота. Валового фосфора по всему профилю содержится 0,15–0,20%, за исключением горизонта А1 (0,07–0,10%). Содержание подвижного фосфора в верхних слоях незначительное (3–5 мг), а в аллювиальном горизонте достаточно высокое (10–15 мг на 100 г почвы). Содержание валового калия достигает 2,0–2,5%, а обменного 15–20 мг. Реакция почвенного раствора слабокислая (рН водное 5,5). В глубоких карбонатных слоях почвы (90–100 см) рН возрастает до 7,0–7,4 [15].

Механический состав верхних горизонтов рассматриваемых почв тяжелосуглинистый, иловато-пылеватый. Плотность сложения (объемная масса) изменяется аналогично распределению илистой фракции, увеличи-

ваясь с 1,28 в пахотном слое до 1,51 г/см³ в иллювиальном горизонте. В горизонте ВС и материнской породе с глубиной 80–100 см и глубже объемная масса уменьшается, и поч-

вогрунт приобретает довольно рыхлое сложение, благоприятное для проникновения корней растений.



Рисунок 1. Сад в с. п. Аушигер, расположенный на высоте 800 м н. у. м.
Figure 1. Garden in the village of Aushiger, located at an altitude of 800 m above sea level



Рисунок 2. Интенсивные садовые насаждения на пахотных террасах
Figure 2. Intensive garden plantings on arable terraces

В целом серые лесные почвы обладают естественным плодородием среднего уровня, и они в сочетании с достаточным атмосферным увлажнением дают основание считать их пригодными для возделывания большинства плодовых и ягодных культур.

В серые лесные почвы, имеющие среднюю обеспеченность питательными элементами,

при урожае плодов около 30 т/га ежегодно следует в действующее вещество вносить: азот 100 кг, фосфор 50 кг и калий 150 кг. В качестве удобрения широко используют нитроаммофоску с содержанием азота, фосфора и калия по 16:16:16%. Всего за год требуется внести 600 кг удобрения на 1 га. Из них осенью следует внести половину дозы

(300 кг), весной – в 2–3 приема еще 300 кг. В течение вегетации следует проводить некорневые подкормки по листьям 3–4-кратно совместно с химобработками, летом в этих подкормках должен присутствовать также и кальций (кальбит С (calbit С)), чтобы предотвратить заболевание горькой ямчатостью плодов, появляющееся при недостатке кальция.

Климатические условия места проведения исследования характеризуются как умеренно

жаркие со среднегодовой температурой воздуха 9,5–9,7 °С. Сумма температур за период активной вегетации ($t > 10$ °С) составляет 3000–3200 °. Увлажнение хорошее. Гидротермический коэффициент (ГТК) равен 1,3–1,5. Годовая сумма осадков 630 мм. По количеству выпадающих осадков анализируемые годы можно отнести к хорошо обеспеченным. Зона проведения исследований относится к градоопасным (рис. 3).



Рисунок 3. Градозащитная установка в саду с. п. Аушигер
Figure 3. Nail protection installation in the garden of the rural settlement of Aushiger

Результаты исследования. По силе роста изучаемые сорта относятся к группе среднерослых, за исключением сорта Голд Раш, отличающегося заметно меньшими размерами в сравнении с остальными. По силе роста в пределах частей склона наиболее рослые деревья отмечены в нижней части склона (рис. 4).

В верхней части склона рост деревьев слабее в связи с неизбежным снижением плодородия почвы на разных частях склона (табл. 1).

Урожайность 6–7-летних деревьев достаточно высокая – в пределах 33–42 кг с дерева в нижней части и 27–36 кг в верхней части склона. По урожайности на 1-м месте сорт

Топаз (36–42 кг с дерева, 33–36 т/га), на последнем – Флорина (27–33 кг с дерева, 26–27 т/га). При пересчете на гектар урожай выравнивается на разных частях склона благодаря разной плотности посадки (табл. 2).

В верхней части склона рост деревьев слабее в связи с неизбежным снижением плодородия почвы на разных частях склона (табл. 1).

Урожайность 6–7-летних деревьев достаточно высокая – в пределах 33–42 кг с дерева в нижней части и 27–36 кг в верхней части склона. По урожайности на 1-м месте сорт Топаз (36–42 кг с дерева, 33–36 т/га), на последнем – Флорина (27–33 кг с дерева, 26–27 т/га). При пересчете на гектар урожай

выравнивается на разных частях склона благодаря разной плотности посадки (табл. 2).

По срокам созревания и употребления все изучаемые сорта являются зимними. Период уборки в лесогорной зоне начинается с 3-й декады сентября.



Рисунок 4. Промер окружности штамба деревьев сорта Моди измерительной лентой, сентябрь, 2025 г.

Figure 4. Apples of the immune variety Modi, grown in an orchard on arable terraces in the rural settlement of Aushiger

По результатам многолетних наблюдений можно заключить, что по фенотипу плодов сорта Флорина, Моди и Топаз имеют привлекательные, востребованные потребителями плоды (рис. 5).



Рисунок 5. Яблоки иммунного сорта Моди, выращенные в саду на папашных террасах с. п. Аушигер

Figure 5. Apples of the immune variety Modi, grown in an orchard on arable terraces in the rural settlement of Aushiger

Таблица 1. Рост деревьев яблони на склоне (12–15 °) в зависимости от схем посадки (сад 2019 г. посадки подвой ММ106), 2025 г.

Table 1. Growth of apple trees on a slope (12–15 °) depending on planting patterns (2019 orchard, MM106 rootstock), 2025

Сорт	Схема посадки	Часть склона	Высота дерева, м	Длина окружности штамба, см
Флорина	5×2,5 м	Нижняя	3,7	29,5
	5×2,0 м	Верхняя	3,4	25,0
Моди	5×2,5 м	Нижняя	3,6	26,6
	5×2,0 м	Верхняя	3,3	23,4
Топаз	5×2,5 м	Нижняя	3,7	26,0
	5×2,0 м	Верхняя	3,4	23,0
Голд Раш	5×2,5 м	Нижняя	3,3	24,4
	5×2,0 м	Верхняя	3,0	22,0
НСР ₀₅			0,35	2,6

Таблица 2. Плодоношение яблони на склоне в зависимости от схемы посадки
Table 2. Fruiting of apple trees on a slope depending on the planting pattern

Сорт	Схема посадки	Часть склона	Диаметр плода, мм	Средняя масса плода, г	Урожай плодов в среднем за 2024–2025 гг.	
					кг с 1 дерева	т/га
Флорина	5×2,5 м	Нижняя	68,5	164,4	33,0	26,4
	5×2,0 м	Верхняя	64,0	160,0	27,2	27,2
Моди	5×2,5 м	Нижняя	70,2	170,0	35,4	28,3
	5×2,0 м	Верхняя	67,4	165,5	30,6	30,6
Топаз	5×2,5 м	Нижняя	74,4	175,6	42,0	33,6
	5×2,0 м	Верхняя	72,2	170,2	36,2	36,2
Голд Раш	5×2,5 м	Нижняя	62,5	155,5	40,0	32,0
	5×2,0 м	Верхняя	60,0	146,6	30,2	30,2
НСР ₀₅			4,2	11,2	5,4	4,0

В то же время, как выяснилось в процессе выращивания данных сортов на склонах с.п. Аушигер, сорт Голд Раш уступает по привлекательности остальным. Указанный сорт высокоурожайный, со сдержанной силой

роста, с плодами позднего срока созревания; мякоть плодов суховатая. Светло-зеленые плоды в процессе хранения приобретают соломенный цвет, не привлекательный для потенциального покупателя (рис. 6).



Рисунок 6. Урожай на дереве сорта Голд Раш в саду с. п. Аушигер, сентябрь, 2025 г.

Figure 6. Harvest on a Gold Rush tree in the garden of the village of Aushiger, September 2025

К настоящему времени отечественными селекционерами также выведен ряд иммунных сортов. Сортоиспытание проходят перспективные, иммунные к парше сорта селекции в ФГБНУ СевКавНИИГиПС: Иммунный Альпинист, Жансура, Кенри, Залинка, Гигант Грин, Кензи.

Широкое внедрение новых, устойчивых к грибковым заболеваниям сортов – ключ к увеличению площадей садовых насаждений на склонах и повышению объемов производства плодовой продукции.

Выводы. Высокоурожайные сорта яблони, устойчивые к парше, позволяют значительно снизить затраты на обработки садов и пестицидную нагрузку, получать гарантированное

качество плодов без поражений грибковыми болезнями даже в неблагоприятные по погодным условиям годы. За годы наблюдений с момента закладки сада иммунные к парше сорта яблони Флорина, Моды и Топаз в условиях склоновых земель лесогорной зоны Кабардино-Балкарской Республики зарекомендовали себя положительно. Как ростовые процессы, так и процессы формирования плодов у этих сортов протекают хорошо. Интенсивно окрашенные, качественные плоды сортов Флорина, Моды и Топаз пользуются спросом у потребителей. В то же время сорт Голден Раш не отвечает требованиям по товарности плодов и не рекомендуется для использования в этой плодовой зоне.

Список литературы

1. Расулов А. Р., Кудяев Р. Х., Бесланев Б. Б. Направления развития интенсивного садоводства в Кабардино-Балкарии // *Аграрная Россия*. 2023. № 2. С. 21–25. DOI: 10.30906/1999-5636-2023-2-21-25. EDN: DBCKDJ
2. Расулов А. Р., Калмыков М. М., Бесланев Б. Б. Агроэкологические аспекты развития интенсивного садоводства в Кабардино-Балкарии // *Аграрная Россия*. 2021. № 5. С. 27–30. DOI: 10.30906/1999-5636-2021-5-27-30. EDN: QXSWBM
3. Лучков П. Г. Освоение склонов под промышленную культуру яблони. Нальчик, 1976. 183 с.
4. Расулов А. Р., Калмыков М. М., Уянаев А. Б. Оптимизация почвенного питания на склоновых землях Кабардино-Балкарии в связи с их освоением под сады // *Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова*. 2021. № 3(33). С. 7–14. EDN: XGNBXV
5. Расулов А. Р., Езаов А. К., Дорогов А. С. Проблемы интенсивного садоводства в Кабардино-Балкарии // *Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова*. 2014 № 1(3). С. 15–17. EDN: VXPGAK
6. Влияние густоты посадки на рост и продуктивность яблони в безопорном интенсивном насаждении / Р. Х. Кудяев, А. Р. Расулов, А. И. Тхакахов, А. С. Дорогов // *Проблемы развития АПК региона*. 2016. № 3(27). С. 40–43. EDN: WXIQFP
7. Атабиев К. М., Ульяновская Е. В. Оценка продуктивности перспективных сортов яблони в условиях северной Осетии-Алании // *Плодоводство и виноградарство юга России*. 2018. № 52(4). С. 11–20. DOI: 10.30679/2219-5335-2018-4-52-11-20. EDN: XTETEL
8. Подбор адаптивных и продуктивных сортов яблони для интенсивных садов Кабардино-Балкарии / Р. Х. Кудяев, А. И. Тхакахов, А. Р. Расулов и [др.] // *Проблемы развития АПК региона*. 2015. № 4(24). С. 32–34. EDN: VDWEBX
9. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур: монография. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с. ISBN 5-900705-15-3. EDN: YNAOZT
10. Расулов А. Р., Кудяев Р. Х., Дорогов А. С. Эффективность возделывания интенсивных садов яблони в Кабардино-Балкарии // *Проблемы развития АПК региона*. 2014. № 1(17). С. 15–18. EDN: SBPQCH
11. Создание иммунных к парше генотипов яблони с комплексом ценных агробиологических признаков / Е. В. Ульяновская, И. И. Супрун, Е. Н. Седов [и др.] // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2011. № 10(4). С. 14–30. EDN: NXRSWV
12. Ульяновская Е. В. Перспективные иммунные к парше сорта яблони для Юга России // *Агро Форум*. 2022. № 2. С. 34–37. EDN: CHLGQZ
13. Ульяновская Е. В., Супрун Е. Н., Седов Е. Н. Роль иммунных к парше сортов в создании эколого-адаптивных агроценозов яблони // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2010. Том 24. № 2. С. 249–256. EDN: MSNADX

14. Агротехнологические основы интенсивного садоводства в Кабардино-Балкарской Республике / Х. Х. Хагажеев, А. Р. Расулов, Б. Б. Бесланеев, М. М. Калмыков // Проблемы развития АПК региона. 2024. № 2 (58). С. 135–144. DOI: 10.52671/20790996_2024_2_135. EDN: IHAUFO

15. Кумахов В. И. Почвы центрального Кавказа. Нальчик, 2007. 126 с.

References

1. Rasulov A.R., Kudaev R.Kh., Beslaneev B.B. Directions of development of intensive horticulture in Kabardino-Balkaria. *Agrarian Russia*. 2023;(2):21–25. (In Russ.). DOI: 10.30906/1999-5636-2023-2-21-25. EDN: DBCKDJ

2. Rasulov A.R., Kalmykov M.M., Beslaneev B.B. Agroecological aspects of the development of intensive horticulture in Kabardino-Balkaria. *Agrarian Russia*. 2021;(5):27–32. (In Russ.). DOI: 10.30906/1999-5636-2021-5-27-30. EDN: QXSWBM

3. Luchkov P.G. *Osvoenie sklonov pod promyshlennuyu kul'turu yabloni* [Development of slopes for industrial apple cultivation]. Nalchik, 1976. 183 p.

4. Rasulov A.R., Kalmykov M.M., Uyanayev A.B. Optimization of soil nutrition on slope lands of Kabardino-Balkaria in connection with their development for orchards. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;3(33):7–14. (In Russ.). EDN: XGNBXV

5. Rasulov A.R., Ezaov A.K., Dorogov A.S. Problems of intensive horticulture in Kabardino-Balkaria. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2014;1(3):15–17. (In Russ.). EDN: VXPQAK

6. Kudaev R.Kh., Rasulov A.R., Tkakhkhov A.I., Dorogov A.S. Influence of planting density on the growth and productivity of apple trees in a treeless intensive plantation. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2016;3(27):40–43. (In Russ.). EDN: WXIQFP

7. Atabiev K.M., Ulyanovskaya E.V. Assessment of productivity of perspective apple varieties in the conditions of Northern Ossetia-Alanya. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2018;52(4):11–20. (In Russ.). DOI: 10.30679/2219-5335-2018-4-52-11-20. EDN: XTETEL

8. Kudaev R.Kh., Tkakhkhov A.I., Rasulov A.R. [et al.]. Selection of adaptive and productive apple varieties for intensive orchards in Kabardino-Balkaria. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2015;4(24):32–34. (In Russ.). EDN: VDWEBX

9. *Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur: monografiya* [Program and methodology for variety study of fruit, berry, and nut crops: monograph]. Orel: VNIISP, 1999. 608 p. ISBN: 5-900705-15-3. (In Russ.). EDN: YHAOZT

10. Rasulov A.R., Kudaev R.Kh., Dorogov A.S. Efficiency of cultivation of intensive apple orchards in Kabardino-Balkaria. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2014;1(17):15–18. (In Russ.). EDN: SBPQCH

11. Ulyanovskaya E.V., Suprun I.I., Sedov E.N. [et al.]. Creation of the apple-tree genotypes immune to scab and with complex of valuable agrobiological traits. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2011;10(4):14–30. (In Russ.). EDN: NXRSWV

12. Ulyanovskaya E.V. Promising scab-immune apple varieties for the South of Russia. *Agro Forum*. 2022;(2):34–37. (In Russ.). EDN: CHLGQZ

13. Ulyanovskaya E.V., Suprun E.N., Sedov E.N. The role of scab-immune varieties in the creation of Ecologo-aptive agrocenoses of apple trees. *Pomiculture & small fruits culture in Russia*. 2010;24(2):249–256. (In Russ.). EDN: MSNADX

14. Khagazheev Kh.Kh., Rasulov A.R., Beslaneev B.B., Kalmykov M.M. Agrotechnological foundations of super intensive gardening in the KBR. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2024;2(58):135–144. (In Russ.). DOI: 10.52671/20790996_2024_2_135. EDN: IHAUFO

15. Kumaхов V.I. *Pochvy central'nogo Kavkaza* [Soils of the Central Caucasus]. Nalchik, 2007. 126 p.

Сведения об авторах

Расулов Абдуллабек Расулович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры садоводства и лесного дела, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 5766-2345

Бесланев Беслан Борисович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садоводства и лесного дела, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 5156-7356

Калмыков Муказир Мухабович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 3602-3930

Шибзухов Залим-Гери Султанович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садоводства и лесного дела, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2455-5191

Мисиров Эльдар Анзорович – аспирант кафедры садоводства и лесного дела, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

Information about the authors

Abdullabek R. Rasulov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Horticulture and Forestry, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 5766-2345

Beslan B. Beslaneev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 5156-7356

Mukazir M. Kalmykov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 3602-3930

Zalim-Geri S. Shibzukhov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Horticulture and Forestry, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2455-5191

Eldar A. Misirov – Postgraduate student, Department of Horticulture and Forestry, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 20.10.2025;
одобрена после рецензирования 10.11.2025;
принята к публикации 18.11.2025.*

*The article was submitted 20.10.2025;
approved after reviewing 10.11.2025;
accepted for publication 18.11.2025.*

Научная статья

УДК 635.64:631.8

DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-19-26

Влияние жидких комплексных удобрений на рост и развитие томата

Атмир Хусейнович Шетов¹, Эльдар Заурович Шонтуков^{✉2},
Шафи Мохаммад Ахундзада³, Залина Султановна Шибзухова⁴

^{1,2,4}Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

³Гильмендский университет, улица Сулха Чоук, 12, Лашкаргах, Афганистан

¹shetik1988@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-1937-556X>

^{✉2}eshontukov@mail.ru

³mohammadshafiakhundzada@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-4935-6400>

⁴shibzukhova81@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2827-8835>

Аннотация. В России давно разработаны технологии применения жидких комплексных удобрений (ЖКУ) с добавлением гербицидов, фунгицидов и минеральных удобрений как для открытого, так и для защищенного грунта. Данный комплекс позволяет эффективно выращивать растения в неблагоприятных условиях и повышать урожайность продукции. Особенно перспективным является применение жидких комплексных удобрений для выращивания растений по суперинтенсивному типу. Для этих целей подходит томат, так как его производство давно стало суперинтенсивным. Для максимально эффективного производства нужно подобрать препараты и разработать технологии их применения на производстве. Исходя из этого определена цель исследования – изучение влияния жидких комплексных удобрений на рост и развитие растений томата в 6-й световой зоне. Научная новизна работы заключается в том, что впервые в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики в целях оптимизации технологии выращивания томата применены ЖКУ, исследовано их влияние на рост и развитие томата, определены наиболее оптимальные дозы изучаемых препаратов. Объектом исследования выбрали раннеспелый, рекомендованный для выращивания на Северном Кавказе гибрид томата Алеся F1. Из ЖКУ для испытаний выбраны следующие: КомплеМет Томаты, Волшебная лейка, Акварин. Данными препаратами обрабатывали семена и опрыскивали растения томатов. Испытания проводили в соответствии с общепринятыми методиками полевого опыта. На основании полученных данных можно сделать вывод, что применение ЖКУ значительно влияет на ростовые процессы растений. Среди изучаемых препаратов КомплеМет Томаты показал наилучшие результаты по всем параметрам. Препарат Волшебная лейка занял промежуточное положение, а Акварин оказался менее эффективным по сравнению с другими препаратами. В итоге использование препарата КомплеМет Томаты является наиболее перспективным для повышения урожайности и качества томатов.

Ключевые слова: томат, жидкие комплексные удобрения, высота томата, сухая масса растений, образование бутонов, начало цветения

Для цитирования: Шетов А. Х., Шонтуков Э. З., Ахундзада М. Ш., Шибзухова З. С. Влияние жидких комплексных удобрений на рост и развитие томата // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 4(50). С. 19–26. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-19-26

Original article

The effect of liquid complex fertilizers on growth and development of tomatoes

Atmir Kh. Shetov¹, Eldar Z. Shontukov^{✉2}, Mohammad Sh. Akhundzada³,
Zalina S. Shibzukhova⁴

^{1,2,4}Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue,
Nalchik, Russia, 360030

³Helmand University, 12 Sulkha Chowk, Lashkar Gah, Afghanistan

¹shetik1988@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-1937-556X>

^{✉2}eshontukov@mail.ru

³mohammadshafiakhundzada@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-4935-6400>

⁴shibzukhova81@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2827-8835>

Abstract. In Russia, technologies for the application of liquid complex fertilizers have long been developed for both open and protected soil, where they are used in conjunction with herbicides, fungicides, and mineral fertilizers. This combination allows for the effective cultivation of plants in unfavorable conditions and increases yields. Liquid complex fertilizers are particularly promising for super-intensive cultivation. Tomatoes are particularly suitable for this purpose, as their production has long been super-intensive. For maximum efficiency, it is necessary to select the right fertilizers and develop technologies for their application. We defined the aim of our research: to study the effect of liquid complex fertilizers on the growth and development of tomato plants in photoperiod 6. The scientific novelty of this study lies in the fact that for the first time in the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic, liquid complex fertilizers have been used to optimize cultivation technology. In our studies, we tested liquid complex fertilizers on the growth and development of tomatoes and also determined the optimal doses of the studied fertilizers. The subject of our research was the early-ripening tomato hybrid Alesya F1, recommended for cultivation in the North Caucasus. The following liquid fertilizers were selected for testing: KompleMet Tomato, Magic Watering Can, and Aquirin. These fertilizers were used to treat seeds and spray tomato plants. The tests were conducted in accordance with generally accepted field trial methods. Based on the data obtained, we can conclude that the use of liquid fertilizers significantly affects plant growth. Among the fertilizers studied, KompleMet Tomato demonstrated the best results across all parameters. Magic Watering Can placed intermediately, and Aquirin was less effective than the other fertilizers. Ultimately, KompleMet Tomato appears to be the most promising for increasing tomato yield and quality.

Keywords: tomato, liquid complex fertilizers, tomato height, plant dry mass, bud formation, flowering onset

For citation: Shetov A.Kh., Shontukov E.Z., Akhundzada M.Sh., Shibzukhova Z.S. The effect of liquid complex fertilizers on growth and development of tomatoes. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;4(50):19–26. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-19-26

Введение. Для повышения эффективности производства сельскохозяйственной продукции необходим комплексный подход, который включает использование безопасных комплексных удобрений. Такие препараты способны влиять на рост и развитие растений, увеличивать приживаемость, набирать зеленую массу, влиять на накопление сухих веществ в растениях, и как следствие, урожайность повышается в кратном размере [1].

Во всем мире наблюдается рост популярности жидких комплексных удобрений, так

как их применение значительно повышает экономическую эффективность сельскохозяйственного производства [2–4].

В России давно разработаны технологии применения жидких комплексных удобрений с гербицидами, фунгицидами и минеральными удобрениями как для открытого, так и для защищенного грунта. Данный комплекс позволяет эффективно выращивать растения в неблагоприятных условиях и повышать урожайность продукции [5–7].

Особенно перспективным является применение жидких комплексных удобрений для выращивания растений по суперинтенсивному типу. Для этих целей подходит томат, так как его производство давно стало суперинтенсивным [8, 9].

Для максимально эффективного производства нужно подобрать препараты и разработать технологии их применения на производстве.

Исходя из этого определили **цель нашего исследования** – изучить влияние роста и развития растений томата в 6-ой световой зоне с применением жидких комплексных удобрений.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые в предгорной зоне КБР при оптимизации технологии выращивания применяли ЖКУ.

Материалы, методы и объекты исследования. Производственные испытания проведены на черноземе выщелоченном в условиях ООО «Агро-Ком», находящегося в 20 км от городского округа Нальчик.

В научной работе изучено влияние ЖКУ на рост и развитие томата, определены наиболее оптимальные дозы изучаемых препаратов.

Объектом исследования выбрали раннеспелый, рекомендованный для выращивания на Северном Кавказе гибрид томата Алеся F1.

Из ЖКУ для испытаний выбрали следующие: КомплеМет Томаты, Волшебная лейка, Акварин.

Данными препаратами обрабатывали семена, опрыскивали растения томатов. Испытания проводили в соответствии с общепринятыми методиками полевого опыта.

В течение вегетационного периода 2024–2025 г. проводили опыты по выбору эффективного биопрепарата по следующей схеме:

– контроль – семена и растения не обрабатываются;

– КомплеМет Томаты – семена замачивали в рабочем растворе препарата. Растения обрабатывали в начале цветения 1-й кисти;

– Волшебная лейка – семена замачивали в рабочем растворе препарата. Растения обрабатывали в начале цветения 1-й кисти;

– Акварин – семена замачивали в рабочем растворе препарата. Растения обрабатывали в начале цветения 1-й кисти.

Семена замачивали в оптимальных концентрациях, рекомендованных производителем препаратов. Обработку растений растворами испытуемых препаратов проводили ранцевым опрыскивателем марки Комфорт-18. Концентрация препаратов принята согласно ранее установленным рекомендациям. Расход рабочего раствора 200 г/м².

Расположение делянок рендомизированное. В полевом опыте площадь опытной делянки 20 м². Повторность 4-кратная.

Агротехника в опытах по подготовке почвы, режиму питания; применению химических средств была общепринятая в хозяйстве; все полевые работы проводились своевременно.

Учет урожая проводили по мере созревания плодов. К сбору плодов приступали в розовой окраске и в полной спелости плода.

Данные опытов обрабатывались математически методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову.

В качестве удобрения испытывали и внедряли следующие препараты: КомплеМет Томаты, Волшебная лейка, Акварин. Сравнительная оценка эффективности применения ЖКУ на томатах проведена впервые и представлена в данной работе.

Рост и развитие растений нужно учитывать в производстве любой сельскохозяйственной культуры. От этого зависит состояние растений. Рост растений зависит от множества факторов, но больше всего от питательных элементов и применяемых технологий.

Результаты исследования. В процессе выращивания томатов первые листья обычно появляются через 7–11 дней после всходов. Верхушечные почки начинают формироваться примерно через 9–13 дней. В первые две-три недели после всходов томаты растут относительно медленно и не требовательны к площади питания.

С течением времени рост томатов значительно ускоряется, и уже через месяц после всходов томаты растут более интенсивно. Наиболее активный рост наблюдается в интервале от 45 до 50 дней, в зависимости от конкретного сорта. В этот период растения активно набирают зеленую массу.

Таблица 1. Влияние ЖКУ на высоту томата, см
Table 1. Effect of LCF on tomato height, cm

Вариант	Обработка			
	семян		растений томата	
	образование бутонов	начало цветения	начало формирования плода	начало созревания
Контроль	23,4	41,7	58,6	62,7
КомплеМет Томаты	25,4	47,6	78,1	83,8
Волшебная лейка	24,1	43,0	69,3	75,6
Акварин	23,9	42,3	64,5	69,9
НСР ₀₅	0,8	1,5	2,4	2,5

Анализ данных таблицы 1 показывает, что жидкие комплексные удобрения положительно влияют на рост томатов. В начале цветения на контрольном варианте растения имели высоту 41,7 см, в начале формирования плодов 58,6 см, а в фазе созревания 62,7 см. Использование ЖКУ, в частности препарата КомплеМет Томаты, привело к увеличению этих показателей на 11–35%.

Кроме того, ЖКУ оказывают заметное влияние на формирование зеленой массы, увеличение массы плодов и сроки образования цветков (табл. 2).

Исследование выявило, что с увеличением высоты томатов увеличивается их масса. Наибольшая масса растений была получена на варианте с использованием препарата КомплеМет Томаты.

Таблица 2. Влияние ЖКУ на развитие надземных органов растений, г/раст.
Table 2. Effect of LCF on the development of above-ground plant organs, g/plant

Вариант	Образование бутонов			Начало цветения		
	стеблей	листьев	Е	стеблей	листьев	Е
Контроль	17,88	37,67	55,55	35,71	75,23	110,94
КомплеМет Томаты	23,03	48,51	71,54	42,25	88,99	131,24
Волшебная лейка	20,33	42,84	63,17	37,87	79,79	117,66
Акварин	19,08	40,20	59,28	36,57	77,05	113,62
НСР ₀₅	0,68	1,49	2,21	1,35	2,75	3,93

Продуктивность томатов напрямую зависит от интенсивности накопления сухих веществ, для оптимизации которого были использованы ЖКУ и определено наиболее эффективное удобрение.

Использование жидких комплексных удобрений существенно влияло на интенсивность роста растений. Наибольший эффект был достигнут в период от бутонизации до начала цветения, в котором темпы роста растений, обработанных ЖКУ, составляли около 0,055 г/сутки, в то время как в контрольном варианте этот показатель был равен 0,045 г/сутки (табл. 3).

В ходе исследования было выявлено, что применение препарата КомплеМет Томаты значительно улучшает показатели формирования и созревания плодов.

В сравнении с другими препаратами, такими как Волшебная лейка и Акварин, КомплеМет Томаты продемонстрировал лучшие результаты. Так, при формировании плодов накопление сухих веществ составило 43,71 г/раст., что превышает показатели на контроле (35,3 г/раст.) (табл. 4).

Таблица 3. Влияние ЖКУ на накопление сухой массы растениями
(при образовании бутонов и начале цветения), г/раст.
Table 3. Effect of LCF on the accumulation of dry mass by plants
(during bud formation and early flowering), g/plant

Вариант	Образование бутонов			Начало цветения		
	стеблей	листьев	Е	стеблей	листьев	Е
Контроль	3,73	6,32	10,05	7,40	12,56	19,96
КомплеМет Томаты	4,24	7,21	11,45	9,10	15,44	24,54
Волшебная лейка	3,86	6,56	10,45	8,36	14,23	22,59
Акварин	3,82	6,49	10,31	8,26	14,01	22,27
НСР ₀₅	0,14	0,24	0,38	0,29	0,49	0,78

Таблица 4. Влияние ЖКУ на накопление сухой массы растениями
(при формировании плода и начале созревания), г/раст.
Table 4. Effect of LCF on the accumulation of dry mass by plants
(during fruit formation and early ripening), g/plant

Вариант	Формирование плода			Начало созревания		
	стеблей	листьев	Е	стеблей	листьев	Е
Контроль	13,0	22,2	35,3	16,8	28,6	45,5
КомплеМет Томаты	16,2	27,5	43,7	19,9	33,	53,8
Волшебная лейка	15,0	25,5	40,6	18,3	31,1	49,5
Акварин	14,8	25,2	40,1	18,2	31,0	49,3
НСР ₀₅	0,51	0,86	1,37	0,64	1,08	1,72

Выводы. Таким образом, для получения качественного и обильного урожая важно применять жидкие комплексные удобрения (ЖКУ), повышающие урожайность, улучшающие качество почвы и стимулирующие рост растений. После использования ЖКУ посевные качества семян значительно улучшаются: их всхожесть увеличивается на 12–24%, что ускоряет прорастание и способствует более равномерному развитию растений.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что применение ЖКУ значительно влияет на ростовые процессы растений. Среди изучаемых препаратов КомплеМет Томаты показал наилучшие результаты по всем показателям. Препарат Волшебная лейка занял промежуточное положение, а Акварин оказался менее эффективным по сравнению с другими препаратами.

Список литературы

1. Езаов А. К., Шибзухов З. С. Оптимизация технологии выращивания томата в условиях защищенного грунта // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: II Международная научно-практическая интернет-конференция / ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». Соленое Займище, 2017. С. 625–629. EDN:ZANNNF
2. Езаов А. К., Шибзухов З. С., Нагоев М. Х. Овощеводство – перспективная отрасль сельскохозяйственного производства Кабардино-Балкарии // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. С. 1693. EDN: VIFDDJ
3. Восстановитель плодородия почв / К. Г. Магомедов, И. М. Ханиева, А. Ю. Кишев [и др.] // Fundamental and Applied Science-2017. Materials of the XIII International scientific and practical conference. Том 3. Editor: Michael Wilson. 2017. С. 74–77. EDN: ZRJURV

4. Сарбашев А. С., Шибзухов З. С., Карежева З. М. Использование антистрессовых препаратов для профилактики устойчивости овощных культур к болезням и вредителям // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования I Международная научно-практическая / Интернет-конференция, посвященная 25-летию ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия». Солёное Займище, 2016. С. 2097–2101. EDN: WCXPEN
5. Хуштов Ю. Б., Шибзухов З. С., Индароков М. Х. Изучение продуктивности различных сортов томата в условиях защищенного грунта // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования II международная научно-практическая интернет-конференция / ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». 2017. С. 613–615. EDN: ZANNMB
6. Шибзухов З. С., Шибзухова З. С. Экологические приемы повышения устойчивости томатов к болезням и вредителям // Защита и карантин растений. 2017. № 7. С. 51–52. EDN: ZAXOУH
7. Шибзухов З. С., Куржиева Ф. М. Рост и развитие томата при выращивании методом гидропоники // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования I Международная научно-практическая / Интернет-конференция, посвященная 25-летию ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия». Солёное Займище, 2016. С. 2130–2132. EDN: WCXPНZ
8. Шибзухов З.-Г. С., Езаов А. К., Шугушхов А. А. Влияние регуляторов роста на продуктивность томата // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2016. № 2(12). С. 27–32. EDN: ZDDGDJ
9. Эльмесов А. М., Шибзухов З. С. Регулирование сорного компонента агрофитоценоза в земледелии // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования II международная научно-практическая интернет-конференция / ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». Солёное Займище, 2017. С. 822–825. EDN: ZANODT

References

1. Ezaov A.K., Shibzukhov Z.S. Optimization of tomato cultivation technology in protected ground conditions. *Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskie aspekty racional'nogo prirodopol'zovaniya: II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya internet-konferenciya. FGBNU "Prikaspijskij NII aridnogo zemledeliya"* [Current ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management. II International scientific and practical Internet conference. Federal State Budgetary Scientific Institution "Caspian Research Institute of Arid Agriculture"]. Solenoe Zaimishche, 2017. Pp. 625–629. (In Russ.). EDN: ZANNNF
2. Ezaov A.K., Shibzukhov Z.S., Nagoyev M.Kh. Vegetable Growing: A Promising Sector of Agricultural Production in Kabardino-Balkaria. *Modern problems of science and education*. 2015;(1-1):1693. (In Russ.). EDN: VIFDDJ
3. Magomedov K.G., Khanieva I.M., Kishiev A.Yu. [et al.]. Soil Fertility Restorer. Fundamental and Applied Science-2017. Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference. Volume 3. Editor: Michael Wilson. 2017. Pp. 74–77. (In Russ.). EDN: ZRJURV
4. Sarbashev A.S., Shibzukhov Z.S., Karezheva Z.M. Use of anti-stress preparations for the prevention of vegetable crop resistance to diseases and pests. *Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskie aspekty racional'nogo prirodopol'zovaniya I Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya. Internet-konferenciya, posvyashchennaya 25-letiyu FGBNU "Prikaspijskij nauchno-issledovatel'skij institut aridnogo zemledeliya"* [Current ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management I International scientific and practical. Internet conference dedicated to the 25th anniversary of the Caspian Research Institute of Arid Agriculture]. Solenoe Zaimishche, 2016. Pp. 2097–2101. (In Russ.). EDN: WCXPEN
5. Khushtov Yu.B., Shibzukhov Z.S., Indarokov M.Kh. Study of productivity of different tomato varieties in protected ground conditions. *Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskie aspekty racional'nogo prirodopol'zovaniya II mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya internet-konferenciya. FGBNU "Prikaspijskij NII aridnogo zemledeliya"* [Current ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management II international scientific and practical internet conference. Federal State Budgetary Scientific Institution "Caspian Research Institute of Arid Agriculture"]. Solenoe Zaimishche, 2017. Pp. 613–615. (In Russ.). EDN: ZANNMB

6. Shibzukhov Z.S., Shibzukhova Z.S. Ecological methods for increasing tomato resistance to diseases and pests. *Plant protection and quarantine*. 2017;(7):51–52. (In Russ.). EDN: ZAXOUH

7. Shibzukhov Z.S., Kurzhiyeva F.M. Tomato Growth and Development in Hydroponic Cultivation. *Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskie aspekty racional'nogo prirodopol'zovaniya I Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya. Internet-konferenciya, posvyashchennaya 25-letiyu FGBNU "Prikaspijskiy nauchno-issledovatel'skiy institut aridnogo zemledeliya"* [Current Ecological State of the Natural Environment and Scientific and Practical Aspects of Rational Nature Management. 1st International Scientific and Practical. Online Conference dedicated to the 25th Anniversary of the Caspian Research Institute of Arid Agriculture]. Solenoe Zaimishche, 2016. Pp. 2130–2132. (In Russ.). EDN: WCXPHZ

8. Shibzukhov Z.-G.S., Ezaov A.K., Shugushkhov A.A. Influence of growth regulators on productivity of tomatoes. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2016;2(12):27–32. (In Russ.). EDN: ZDDGDJ

9. Elmesov A.M., Shibzukhov Z.S. Regulation of the weed component of agrophytocenosis in agriculture. *Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskie aspekty racional'nogo prirodopol'zovaniya II mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya internet-konferenciya / FGBNU "Prikaspijskiy NII aridnogo zemledeliya"* [Current ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management II international scientific and practical internet conference / Federal State Budgetary Scientific Institution "Caspian Research Institute of Arid Agriculture"]. Solenoe Zaimishche, 2017. Pp. 822–825. (In Russ.). EDN: ZANODT

Сведения об авторах

Шетов Атмир Хусейнович – аспирант кафедры садоводства и лесного дела, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 3975-9088

Шонтуков Эльдар Заурович – кандидат сельскохозяйственных наук, начальник управления по молодежной политике и воспитательной работе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 8791-9022

Ахундзада Мохаммад Шафи – преподаватель кафедры садоводства, сельскохозяйственный факультет, Гильмендский университет

Шибзухова Залина Султановна – кандидат биологических наук, доцент кафедры землеустройства и кадастров, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 1844-1107

Information about the authors

Atmir Kh. Shetov – Postgraduate Student, Department of Horticulture and Forestry, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 3975-9088

Eldar Z. Shontukov – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Youth Policy and Educational Work, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 8791-9022

Akhundzada M. Shafi – Lecturer, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Helmand University

Zalina S. Shibzukhova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management and Cadastre, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 1844-1107

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 07.11.2025;
одобрена после рецензирования 27.11.2025;
принята к публикации 04.12.2025.*

*The article was submitted 07.11.2025;
approved after reviewing 27.11.2025;
accepted for publication 04.12.2025.*

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов
и производства продукции животноводстваPrivate Animal Husbandry, Feeding, Feed Preparation
and Livestock Production Technologies

Научная статья

УДК 636.2

DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-27-34

Особенности учета влияния климатических факторов на оптимизацию
производства молока в пастбищный периодВладимир Мицахович Гукеев¹, Карина Альбертовна Темирдашева^{✉2}¹Институт сельского хозяйства – филиал «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук», улица Кирова, 224, Нальчик, Россия, 360004²Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030¹kbniish2007@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2523-1246>^{✉2}karinaabazova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2365-8628>

Аннотация. В работе изучена зависимость максимальных и минимальных значений валового надоя от влажности воздуха. Установлено, что средняя влажность воздуха за весь период исследования была практически одинаковой, составив 66,5% при максимальном удое и 65,9% – при минимальном. В мае были отмечены минимальные показатели. Надой оказались выше оптимальных в последующие месяцы, где разница между показателями по удою (297,2 кг) оказалась самой низкой. В условиях пастбищного содержания влажность не оказывает большого влияния на удои, о чем свидетельствует незначительная разница в средних показателях анализируемых периодов. В мае, июне и августе влажность была выше на 4,6; 6,0 и 0,7% при минимальных надоях, в июле и сентябре – на 0,4 и 3,2% выше при максимальных показателях по надоям, а в среднем за анализируемый период влажность была на 0,6% выше при максимальных показателях. В среднем за период исследования (1200 дней) среднесуточный удои выше средних показателей был получен в течение 291 дня (24,2%, 13008,3 кг), а минимальный – в течение 271 дня (22,6%, 12346,8 кг). Разница составила 661,5 кг. Ежегодные потери молока за пастбищный период составили 54,8 тонны.

Ключевые слова: дойное поголовье, пастбищный период, тепловой стресс, влажность воздуха, максимальный и минимальный суточный надой

Для цитирования: Гукеев В. М., Темирдашева К. А. Особенности учета климатических факторов для оптимизации молочного производства в пастбищный период // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 4(50). С. 27–34. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-27-34

Original article

Features of taking into account the influence of climatic factors on the optimization of milk production during the pasture period

Vladimir M. Gukezhev¹, Karina A. Temirdasheva^{✉2}

¹Institute of Agriculture – branch of the Federal Scientific Center Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 224 Kirov Street, Nalchik, Russia, 360004

²Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

¹kbniish2007@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2523-1246>

^{✉2}karinaabazova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2365-8628>

Abstract. The study examined the frequency of occurrence of maximum and minimum values of gross milk yield, depending on the air humidity. It was found that the average air humidity during the entire study period was almost the same, at 66.5% for maximum milk yield and 65.9% for minimum milk yield. In the May months, during 34 days out of 41 days during the period of minimum milk yield, the milk yield was higher than the optimal milk yield in the following months, with an average difference of 297.2 kg. In pasture conditions, humidity does not have a clear effect on milk yield, as evidenced by the slight difference in the average values of the analyzed periods, which were higher in the months of May, June, and August, with minimum milk yields of 4.6%, 6.0%, and 0.7%, respectively, and in the months of July and September, with maximum milk yields of 0.4% and 3.2%, respectively, and an average of 0.6% higher in the maximum milk yields for the analyzed period. On average, during the study period (1200 days), the average daily milk yield was higher than the average for 291 days (24.2%) and amounted to 13,008.3 kg, while the minimum yield was 12,346.8 kg for 271 days (22.6%), with a difference of 661.5 kg. The annual milk loss during the grazing period was 54.8 tons.

Keywords: number of cows, grazing period, heat stress, air humidity, maximum and minimum daily milk yield

For citation: Gukezhev V.M., Temirdasheva K.A. Features of taking into account climatic factors for optimizing dairy production during the pasture period. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;4(50):27–34. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-27-34

Введение. В условиях интенсивно изменяющегося климата по всему миру, в том числе и в южных регионах России, тепловой стресс становится значимым фактором, негативно влияющим на продуктивность сельскохозяйственных животных. Уровень молочной продуктивности зависит от ряда факторов, как генетических, так и фенологических. Исследованиями ряда ученых подтверждается то факт, что для достижения высоких показателей молочной продуктивности и качества молока коров критически важно комплексно решать проблему теплового стресса. Это подразумевает создание благоприятного микроклимата не только в помещениях, но и при лагерно-пастбищном содержании (контроль температуры и влажности воздуха), разработ-

ку сбалансированных рационов с применением кормовых добавок, обеспечение свободного доступа к воде и другие сопутствующие меры [1–4].

Обеспечение устойчивого производства животноводческой продукции на основе сохранения и воспроизводства природно-ресурсной базы на фоне экологически оправданной интенсификации на окружающую природную среду является одним из важных задач человечества [5]. По данным единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС): «...за 30 последних лет численность поголовья крупного рогатого скота в России сократилась на 39,0 млн голов, или в 3,2 раза, а мелкого рогатого скота – на 36,5 млн голов или в 2,7 раза, в Севе-

ро-Кавказском федеральном округе на 0,8 млн голов, или в 1,4 раза и 3,5 млн голов, или в 1,4 раза соответственно» [6]. Важно отметить, что жаркий климат оказывает негативное воздействие не только на отрасль животноводства, но и на растениеводство, садоводство и другие сегменты экономической цепи.

В своих исследованиях авторы из разных регионов России и за рубежом предлагают методики расчета температурно-влажностного индекса для определения комфортности коров в условиях высоких температур и влажности [7–9]. Однако в природно-климатических условиях степной зоны Кавказа предлагаемые методики определения границ комфортности и группировки уровня влияния на основании температурно-влажностного индекса (ТВИ) некорректны, что подтверждается нашими исследованиями [10, 11].

Возникла необходимость разработки методологических подходов учета негативного влияния теплового стресса в условиях пастбищного содержания и установления изучаемых факторов (влажность, температура, количество осадков) раздельно на основной показатель – величину валового суточного надоя по данному поголовью (700 коров), количество которых практически стабильно выдерживается в хозяйстве.

В связи с этим **целью** данного исследования является изучение анализа зависимости максимальных и минимальных значений валового надоя от влажности воздуха, независимо от других факторов.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследование проводилось на базе племенрепродукторного хозяйства СХПК «Ленинцы» Майского района Кабардино-Балкарской Республики. Поголовье составляло 700 коров дойного стада красной степной породы. Технология содержания коров зимой стойлово-выгульное, летом – пастбищно-лагерное.

Поголовье коров было распределено на три группы: родильное отделение, где содержатся коровы и нетели за 10 дней до отела и до проявления четко выраженной первой охоты, сухостойных коров и нетелей содержат отдельно, дойное поголовье. Стадо обслуживали 14 операторов машинного доения. Наличие убойного цеха обеспечивает практически своевременную замену выбракованных жи-

вотных и стабильную нагрузку 50 дойных коров на оператора, доение в молокопровод.

Исследование проводилось с 2017 по 2024 год (с мая по сентябрь). Для сравнительного учета данных влажности воздуха показатели распределены на шесть классов с интервалом 8,5%. Анализ влажности воздуха включал в себя ежедневные, еженедельные и в среднем за 30 дней ежемесячные данные (по 240 дней за каждый месяц и 1200 дней за 8 лет). В период, в течение которого были зафиксированы максимальные и минимальные надои, производилась оценка влияния влажности на величину суточного надоя, и исходя из разницы определялись потери молока.

Результаты исследования. Исследование взаимосвязи между величиной надоя и влажностью воздуха в мае за все годы анализируемого периода (табл. 1) показывает, что количество дней с минимальным надоем варьируется от 2–3 до 19 дней в зависимости от класса влажности. За указанный период (240 дней) таких дней было 41 (17,1%) с среднесуточным общим надоем по стаду 13449,4 кг при влажности воздуха 77,4%. Анализ данных показал, что максимальное количество дней с таким уровнем надоя отмечено в четвертом (19 дней – влажность 76,8%) и пятом классах влажности (15 дней – 81,4%). Наименьший надой (10453,0 кг) был зафиксирован в мае 2018 года в течение двух дней при влажности воздуха 49,5%. Наибольший надой (14274,2 кг) был получен в течение 19 дней при влажности воздуха 76,8%. Разница составила 3821,2 кг и 27,3% соответственно.

Что касается максимальных показателей по валовому суточному надоему по стаду за май, таких дней отмечено 61 (25,4%) со средним надоем 13747,6 кг, что на 297,2 кг выше средних минимальных показателей. Наивысший надой в течение трех дней (16350,0 кг) и семи последующих дней (15330,4 кг) отмечен в 2024 году при влажности воздуха 60,3 и 64,7%. Нижняя граница составила 10453,2 кг при влажности воздуха 49,5%.

Таким образом, по итогам мая за восемь лет исследований разница по влажности воздуха при минимальных и при максимальных показателях надоя оказалась всего 4,5%, при разнице в 297,2 кг.

Таблица 1. Частота встречаемости максимальных и минимальных значений надоя
в зависимости от влажности воздуха
Table 1. Frequency of occurrence of maximum and minimum milk yield values
depending on air humidity

Месяц	Влажность, %						Итого
	до 52,6	52,7–61,2	61,3–69,8	69,9–78,4	78,5–87,0	87,1 и выше	
Май							
Min кол-во дней	2	2	–	19	15	3	41
Влажность, %	49,5	53,0	–	76,8	81,4	96,7	77,5
Среднесуточный надой, кг	10453,0	12460,5	–	14274,2	13127,4	12506,7	13450,4
Max кол-во дней	–	15	17	10	4	15	61
Влажность, %	–	58,3	66,01	73,4	84,8	91,7	72,9
Среднесуточный надой, кг	–	14250,2	12426,3	15314,9	13557,0	13748,4	13747,6
Июнь							
Min кол-во дней	9	–	22	15	4	–	50
Влажность, %	49,4	–	64,9	73,6	80,8	–	65,99
Среднесуточный надой, кг	11797,7	–	13211,8	12553,0	13674,3	–	12796,7
Max кол-во дней	6	22	21	–	5	11	65
Влажность, %	49,2	55,3	65,0	–	83,4	93,7	66,5
Среднесуточный надой, кг	13074,2	11684,6	13875,1	–	14628,0	14208,6	13174,1
Июль							
Min кол-во дней	12	50	–	5	–	4	71
Влажность, %	50,2	59,0	–	73,8	–	93,0	60,5
Среднесуточный надой, кг	13682,9	11890,2	–	11034,2	–	13270,0	12210,6
Max кол-во дней	–	28	28	–	–	–	56
Влажность, %	–	57,2	64,6	–	–	–	60,9
Среднесуточный надой, кг	–	13097,1	12495,5	–	–	–	12796,3
Август							
Min кол-во дней	13	13	11	18	2	2	59
Влажность, %	49,1	60,6	64,0	71,9	85,0	89,5	63,9
Среднесуточный надой, кг	12542,8	12224,9	11162,1	12828,9	13143,0	10688,5	12260,1
Max кол-во дней	–	14	62	–	–	–	76
Влажность, %	–	56,5	64,7	–	–	–	63,2
Среднесуточный надой, кг	–	12793,7	12946,4	–	–	–	12918,3
Сентябрь							
Min кол-во дней	–	13	24	11	–	2	50
Влажность, %	–	57,8	65,5	72,6	–	93,5	66,2
Среднесуточный надой, кг	–	11227,5	11068,6	11841,2	–	11262,0	11287,6
Max кол-во дней	3	5	3	9	13	–	33
Влажность, %	51,0	57,6	64,6	73,5	83,4	–	78,6
Среднесуточный надой, кг	11177,3	12422,6	11834,7	12037,5	11741,1	–	11882,4
В среднем							
Min кол-во дней	36	78	57	68	21	11	271
Влажность, %	49,6	58,9	65,0	73,5	81,6	93,3	65,9
Среднесуточный надой, кг	12620,5	11850,2	11913,8	12881,1	13233,1	12227,4	12346,8
Max кол-во дней	9	84	131	19	22	26	291
Влажность, %	49,8	56,8	64,9	73,5	83,6	92,5	66,5
Среднесуточный надой, кг	12441,9	12842,4	12905,9	13762,4	12727,4	13943,1	13008,3
+/- к минимуму	+0,2	-2,1	-0,1	-0,4	+2,0	-0,8	-0,6
	-178,6	+992,2	+992,1	+882,4	-505,7	+1715,7	+661,5

Анализ июньских данных выявил негативную тенденцию: количество дней с минимальным надоем возросло до 50 (20,8%). Средний надой в эти дни составил 12796,6 кг, что на 186 кг ниже среднемесячного уровня при влажности воздуха 66,0%. Наибольшее число дней с низким удоем (13211,8 и 12553,0 кг) наблюдалось в третьем (22 дня, 64,9%) и четвертом (15 дней, 73,6%) классах влажности воздуха. Самый низкий средний надой (11797,7 кг) был зафиксирован в течение 9 дней при влажности воздуха ниже 49,4%. Примечательно, что между средним максимальным (13174,1 кг) и минимальным надоем (12796,6 кг) была отмечена разница (377,5 кг) при практически одинаковой влажности воздуха (66,5 и 66,0%). По сравнению с маем средний надой в июне снизился на 406,6 кг, что коррелирует с уменьшением влажности воздуха на 5,8%.

Количество дней с минимальным надоем за июль в сравнении с июнем увеличилось до 71 дня (29,6%), т. е. на 21 день больше при влажности воздуха 60,5% (на 5,5% ниже). Среднесуточный надой составил 12210,6 кг, что также ниже средних минимальных значений за июнь на 586 кг. Разница между оптимальными и минимальными показателями надоя составила 377,5 кг. При этом средние показатели влажности воздуха оказались практически одинаковыми как при низких, так и комфортных условиях, независимо от величины надоя.

Количество дней с низким удоем в августе уменьшилось на 12, составив 59 дней. Среднесуточный надой в этот период составил 12260 кг. Если сравнивать с пиковыми значениями за весь анализируемый период, то дни с минимальным удоем составили 63,9%, а дни с удоем выше среднего 63,2%.

Завершающий месяц пастбищного периода, сентябрь, оказался наименее продуктивным со среднесуточным удоем 11523,2 кг. В сентябре преобладали дни с удоями ниже среднего (50 дней, или 20,8%), тогда как дни с удоями выше среднего были реже (33 дня, или 13,7%). Примечательно, что в этот период разница во влажности воздуха между наихудшими (66,2%) и наилучшими (78,6%) показателями была максимальной и составила 12,4%.

По результатам проведенных исследований установлено, что частота встречаемости максимальных значений суточного надоя со-

ставляла 291 день и превышала минимальные значения (271 день) на 20 дней.

Минимальные удои при влажности воздуха до 52,8% отмечались в 4 раза чаще максимальных с разницей в удое 178,6 кг. Дальнейшие колебания влажности воздуха сопровождалось повышением разницы в удое до четвертого класса фактически при одинаковой влажности на 1098,7 кг. Снижение максимального удоя на 505,7 кг ниже минимальных отмечено в сентябре, что связано со снижением урожайности и питательной ценности пастбищ в этот период.

Обращает внимание тот факт, что при фактически одинаковой влажности воздуха разница между максимальным и минимальным удоем составила 1715,7 кг.

Выводы. Несмотря на разницу в удое (максимальный удой превысил минимальный на 661,5 кг), средняя влажность воздуха за весь период исследования оказалась практически одинаковой, составив 66,5% при максимальном удое и 65,9% – при минимальном.

За период исследований (8 лет) май оказался самым комфортным месяцем, о чем свидетельствуют стабильно высокие показатели продуктивности, за небольшим исключением крайних вариантов влажности до 52,6, 87,1% и более. При этом в течение 34 дней из 41 дня (в период минимальных показателей) надой оказались выше оптимальных в последующие месяцы. В среднем разница между показателями по удою (297,2 кг) оказалась самой низкой.

Обращает внимание тот факт, что влажность в условиях пастбищного содержания не оказывает существенного влияния на удои, о чем свидетельствует незначительная разница в средних показателях анализируемых периодов. В мае, июне и августе влажность была выше при минимальных надоях на 4,6; 6,0 и 0,7% соответственно, в июле и сентябре на 0,4 и 3,2% выше при максимальных показателях по надоем, а в среднем за анализируемый период влажность была на 0,6% выше при максимальных показателях.

В среднем за период исследования (1200 дней) среднесуточный удой выше средних показателей (13008,3 кг) был получен в течение 291 дня (24,2%), а минимальный (12346,8 кг) – в течение 271 дня (22,6%). Разница составила 661,5 кг. Ежегодные потери молока за пастбищный период составили 54,8 тонны.

Список литературы

1. Влияние капельного орошения на продуктивность и качество молока коров в условиях теплового стресса / И. Ф. Горлов, Т. А. Антипова, Н. И. Мосолова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2024. 5(77). 159–166. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-17. EDN: ЕНОСКУ
2. Особенности поддержания микроклимата в помещении для коров дойного стада в условиях изменения климата в Республике Беларусь / Д. И. Комлач, И. В. Паркалов, Е. Л. Жилич, С. А. Цалко // Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 95-летию со дня рождения академика С. И. Назарова. Минск, 2023. С. 22–26.
3. Иванов Ю. Г., Понизовкин Д. А., Борулько В. Г. Методы и технические средства снижения тепловых стрессов коров в теплый период года // British Journal of innovation in science and technology. 2017. Т. 2. № 2. С. 41–52. EDN: ZBARKB
4. Гукеев В. М., Темирдашева К. А. Влияние температурно-влажностного индекса на продуктивность молочного скота // Научные достижения и инновационные подходы в АПК: сб. науч. тр. по итогам XII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки РФ и КБР, профессора Б. Х. Жерукова, Нальчик, 22 ноября 2024 года. Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В. М. Кокова, 2024. С. 37–39. EDN: PTDXNJ
5. Степные экосистемы юга России как фактор эффективного развития животноводства / А. И. Суров, Н. Г. Лапенко, О. В. Хонина [и др.] // Юг России: экология, развитие. 2024. Том 19. № 1. С. 95–104. DOI: 10.18470/1992-1098-2024-1-10. DOI: 10.18470/1992-1098-2024-1-10. EDN: XLNMCA
6. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). URL: <https://fedstat.ru/indicator/33915> (дата обращения: 06.09.2025 г.)
7. Knapp D.M., Grumyea R.R. Response of Lactating Dairy cows to Fat Supplementation during Heat stress // Journal of Dairy Science. 1991. Vol. 74. Is. 8. Pp. 2573-2579. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78435-X
8. Symposium review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function / S. Tao, R.M. Orellana, X. Weng [et al.] // Journal of Dairy Science 2018. Vol. 101. Is. 6. Pp. 5642–5654. DOI: 10.3168/jds.2017-13727
9. Вторый В. Ф., Вторый С. В. Информационная модель влияния теплового стресса на молочную продуктивность коров // Аграрный научный журнал. 2022. № 2. С. 69–72. DOI: 10.28983/asj.y2022i2pp69-72. EDN: OBTDRJ
10. Гукеев В. М., Темирдашева К. А., Жашуев Ж. Х. Влияние теплового стресса на молочный скот в климатических условиях степной зоны Кабардино-Балкарской Республики // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 114. С. 269–275. DOI: 10.21515/1999-1703-114-269-275. EDN: LLFMNZ
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024667076 Российская Федерация. Биометрическая обработка данных по молочной продуктивности и воспроизводительным качествам крупного рогатого скота / А. М. Хуранов, Р. М. Бисочков, В. М. Гукеев [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова». № 2024666192; заявл. 12.07.2024; опубл. 19.07.2024. EDN: TELXJB

References

1. Gorlov I.F., Antipova T.A., Mosolova N.I. [et al.] The Effect of Drip Irrigation on the Productivity and Quality of Milk from Cows under Heat Stress. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2024;5(77):159–166. (In Russ.). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-17. EDN: ЕНОСКУ
2. Komlach D.I., Parkalov I.V., Zhilich E.L., Tsalko S.A. Features of maintaining a microclimate in a dairy cow barn under climate change in the Republic of Belarus. *Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, posvyashchennoj 95-letiyu so dnya rozhdeniya akademika S.I. Nazarova* [Proceedings of the International Scientific and Technical Conference dedicated to the 95th anniversary of the birth of Academician S.I. Nazarov]. Minsk, 2023. Pp. 22–26. (In Russ.)

3. Ivanov Yu.G., Ponizovkin D.A., Borulko V.G. Methods and technical means aimed at the decrease of the heat stress of cows during the warm period. *British Journal of innovation in science and technology*. 2017;2(2):41–52. (In Russ.). EDN: ZBARKB
4. Gukezhhev V.M., Temirdasheva K.A. Influence of temperature-humidity index on productivity of dairy cattle. *Nauchnye dostizheniya i innovacionnye podhody v APK: sb. nauch. tr. po itogam XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati Zasluzhennogo deyatelya nauki RF i KBR, professora B. H. Zherukova, Nal'chik, 22 noyabrya 2024 goda*. [Scientific achievements and innovative approaches in the agro-industrial complex: collection of scientific papers following the results of the XII International scientific and practical conference dedicated to the memory of Honored Scientist of the Russian Federation and the Kabardino-Balkarian Republic, Professor B.Kh. Zherukov, Nalchik, November 22, 2024]. Nalchik: Kabardino-Balkarskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. V.M. Kokova, 2024. Pp. 37–39. (In Russ.). EDN: PTDXNJ
5. Surov A.I., Lapenko N.G., Khonina O.V., Oganian L.R., Starostina M.A. Steppe ecosystems of the arid zone of southern Russia as a factor in the effective development of livestock farming. *South of Russia: ecology, development*. 2024;19(1):95–104. (In Russ.). DOI: 10.18470/1992-1098-2024-1-10. EDN: XLNMCA
6. Unified Interdepartmental Information and Statistical System (EMISS). URL: <https://fedstat.ru/indicator/33915> (date of access: 06.09.2025). (In Russ.)
7. Knapp D.M., Grumyea R.R. Response of Lactating Dairy cows to Fat Supplementation during Heat stress. *Journal of Dairy Science*. 1991;74(8):2573–2579. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78435-X
8. Tao S., Orellana R.M., Weng X. [et al.]. Symposium review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function. *Journal of Dairy Science*. 2018;101(6):5642–5654. DOI: 10.3168/jds.2017-13727
9. Vtoriy V.F., Vtoriy S.V. Information model of the effect of heat stress on dairy productivity of cows. *Agrarian scientific journal*. 2022;(2):69–72. (In Russ.). DOI: 10.28983/asj.y2022i2pp69-72. EDN: OBTDRL
10. Gukezhhev V.M., Temirdasheva K.A., Zhashuev Zh.Kh. The effect of heat stress on dairy cattle in climatic conditions of the steppe zone of the Kabardino-Balkarian Republic. *Proceedings of the Kuban state agrarian university*. 2024;(114):269–275. (In Russ.). DOI: 10.21515/1999-1703-114-269-275. EDN: LLFMNZ
11. Khuranov A.M., Bischokov R.M., Gukezhhev V.M. [et al.]. Certificate of State Registration of Computer Program No. 2024667076 Russian Federation. Biometric Processing of Data on Dairy Productivity and Reproductive Qualities of Cattle; applicant Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Kabardino-Balkarskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni V.M. Kokova". No. 2024666192; declared 12.07.2024; publ. 19.07.2024. (In Russ.). EDN: TELXJB

Сведения об авторах

Гукежев Владимир Мицахович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией животноводства Института сельского хозяйства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук», SPIN-код: 7108-7377

Темирдашева Карина Альбертовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 5585-0715

Information about the authors

Vladimir M. Gukezhhev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Animal Husbandry Laboratory, Institute of Agriculture – branch of the Federal Scientific Center Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, SPIN-code: 7108-7377

Karina A. Temirdasheva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Veterinary-Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 5585-0715

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 29.08.2025;
одобрена после рецензирования 22.10.2025;
принята к публикации 29.10.2025.*

*The article was submitted 29.08.2025;
approved after reviewing 22.10.2025;
accepted for publication 29.10.2025.*

Научная статья

УДК 636.598.03

DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-35-42

Повышение мясной продуктивности гусей

Олеся Асировна Жемухова^{✉1}, Мухамед Музачирович Шахмурзов²

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

^{✉1}olesja.2019@list.ru, <https://orcid.org/0009-0003-4910-2243>

²schahmyh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3066-7829>

Аннотация. В материалах статьи представлены результаты работы по применению в рационах водоплавающих птиц пробиотической биологически активной кормовой добавки в комплексе с препаратом «Монизен» для повышения продуктивных качеств мяса птицы путем стимуляции неспецифического иммунитета, нормализации и активизации обменных процессов в организме. Исследования в данном направлении актуализировались с выходом государственной программы по развитию рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, направленной на решение вопроса импортозависимости и обеспечения стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции. В этой связи одним из наиболее важных секторов выступает производство мяса птиц, в котором содержится комплекс необходимых микро- и макроэлементов для полноценного питания. Регулярное потребление птицеводческой продукции, богатой белками, аминокислотами, животным жиром, минеральными веществами и витаминами обеспечивает организм высококачественной пищевой продукцией. В этой связи проведены эксперименты по изучению влияния различных дозировок пробиотической кормовой добавки в комплексе с препаратом «Монизен» на продуктивные показатели гусей. В ходе исследования птицам контрольной группы скармливали основной рацион (ОР), тогда как птицы опытных групп получали биологически активную кормовую добавку различной дозировки: 1-я опытная 15 мл суспензии, 2-я опытная 30 мл и 3-я опытная 50 мл. Результаты исследований по повышению продуктивных качеств мяса водоплавающей птицы при использовании в рационах препарата «Монизен» в комплексе с пробиотической кормовой добавкой привели к увеличению прироста живой массы гусей опытных групп уже с 14-дневного возраста на 8,18 г (4,1%), 9,52 г (4,7%), 9,3 г (4,6%) соответственно с опережением значений птиц контрольной группы. Аналогичная ситуация сложилась и с другими возрастными категориями птиц, исходя из чего следует сделать вывод об эффективности использования предлагаемого комплекса в рационе гусей.

Ключевые слова: гуси, живая масса, предубойный выход, пробиотическая кормовая добавка, мясная продуктивность

Для цитирования: Жемухова О. А., Шахмурзов М. М. Повышение мясной продуктивности гусей // Известия Кабардино-Балкарского аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 4(50). С. 35–42. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-35-42

Original article

Increasing the meat productivity of geese

Olesya A. Zhemukhova^{✉1}, Mukhamed M. Shakhmurzov²

Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue,
Nalchik, Russia, 360030

^{✉1}olesja.2019@list.ru, <https://orcid.org/0009-0003-4910-2243>

²schahmyh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3066-7829>

Abstract. The article presents the results of research on the use of a probiotic biologically active feed additive in the diets of waterfowl, in combination with the drug Monisen, to improve the productive qualities of poultry meat by stimulating nonspecific immunity and normalizing and activating metabolic processes in the body. This research is relevant due to the implementation of the state program for the development of the agricultural products, raw materials, and food market, which aims to address the issue of import dependence and ensure stable growth in agricultural production. In this regard, one of the most important products in the implementation of state policy in the field of agricultural support is the production of poultry meat, which contains a complex of necessary micro and macroelements for a full-fledged diet. It is clear that regular consumption of poultry products rich in proteins, amino acids, animal fat, minerals, and vitamins provides the body with high-quality food products. In this regard, experiments were conducted to study the effect of different dosages of a probiotic biologically active feed additive in combination with Monisen on the productive indicators of geese. During the experiments, the birds in the control group were fed according to the main diet (MD), while the birds in the experimental groups received a probiotic biologically active feed additive at different dosages: 15 ml of suspension in the first experimental group, 30 ml in the second experimental group, and 50 ml in the third experimental group. The results of studies on improving the productive qualities of waterfowl meat when using Monisen in combination with a probiotic biologically active feed additive in the diets of the I, II, and III experimental groups led to an increase in the live weight of the geese in the 1, 2, and 3 experimental groups from 14 days of age, respectively, by 8.18 (4.1%), 9.52 (4.7%), and 9.3 (4.6%) compared to the control group. A similar situation occurred with other age categories of birds, this means that the proposed complex is effective in the diet of geese.

Keywords: geese, live weight, pre-slaughter yield, probiotic feed additive, meat productivity

For citation: Zhemukhova O.A., Shakhmurzov M.M. Increasing the meat productivity of geese. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;4(50):35–42. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-35-42

Введение. Постановлением Правительства России № 434 от 4 апреля 2025 года была выдвинута государственная программа по развитию сельского хозяйства и регулирования рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, преследующая решение вопроса импортозависимости и обеспечения стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции [1, 2].

В этой связи одним из наиболее важных продуктов при реализации государственной политики в сфере поддержки сельского хозяйства выступает производство мяса птицы [3], которое содержит комплекс незаменимых и необходимых макро- и микроэлементов (белки, аминокислоты, животный жир, минеральные и экстрактивные вещества и витамины) для полноценного питания. Регулярное употребление птицеводческой продукции обеспечивает организм белками, а также высококачественными пищевыми элементами [4, 5].

Так, в отрасли птицеводства за последние годы начали широко использовать качественные, сертифицированные пробиотические препараты растительного происхождения,

являющиеся стимулятором неспецифического иммунитета, который повышается за счет активизации обменных процессов, улучшения перевариваемости кормов. Данные препараты стимулируют рост и развитие сельскохозяйственной птицы [6–10].

В качестве пробиотика, применяемого в рационах сельскохозяйственных птиц, выступает одноклеточная микроскопическая водоросль с содержанием незаменимых питательных элементов [11, 12] в комплексе с антгельминтиком монизеном.

Но стоит отметить, что одним из критериев благополучного производства птицеводческой продукции выступает получение птицами полноценного корма, насыщенного витаминами, макро- и микроэлементами и другими ингредиентами.

Цель исследования – изучение влияния биологически активной добавки на продуктивность гусей.

Для реализации цели поставлена следующая **задача** – определить живую массу и абсолютный прирост гусей после получения биологически активной добавки.

Употребление пробиотика способствует повышению сопротивляемости организма различным заболеваниям, улучшению общего состояния, получению качественной и биологически безопасной птицеводческой продукции [13].

Тема применения пробиотика в комплексе с антгельминтиком в рационе сельскохозяйственных птиц является недостаточно изученной и актуальной для региона.

Материалы, методы и объекты исследования. В научно-хозяйственном опыте по повышению мясной продуктивности и физиологических параметров общего состояния гусей были использованы водоплавающие птицы кубанской породы с крестьянских (фермерских) хозяйств Баксанского района Кабардино-Балкарской Республики, расположенных в предгорной зоне (высота над уровнем моря 475 метров, среднегодовая температура воздуха +9,5 °С, влажность воздуха 75%).

Для решения поставленных задач было сформировано четыре группы гусей с усредненными значениями по массе и физиологическим параметрам общего состояния. Во время проведения опыта группы содержались в загоне в течение 42 суток с соблюдением общих требований по освещенности помещения, температуре, микроклимату и поению.

Первую опытную группу представили гуси контрольной группы, получавшие обычный рацион (комбикорм).

Гуси опытных групп получали биологически активную добавку с 7-дневного возраста в течение 42 дней, а препарат «Монизен» в дозе 0,05 мл/кг подключался 2 раза вначале в течение 14–21 дня, затем был недельный перерыв (22–35 дней) и в конце – в течение 36–49 дней. Дозы БАД у птиц были различны: 1-я опытная 15 мл суспензии, 2-я опытная 30 мл, 3-я опытная 50 мл.

По результатам полученных данных фиксировались показатели живой массы, среднесуточного прироста и убойные данные.

Обработку результатов анализа проводили в соответствии с ГОСТ 9959-2015. За окончательный результат было принято среднее арифметическое значение показателей двух параллельных измерений.

Результаты исследования. Результаты проведенных мониторинговых исследований выявили неприхотливость гусей к изменению погодных условий, т. е. зимнюю холодную пору переносили достаточно легко. Летом они пасутся на зелёных лугах, нагуливая до 70% массы. В этот период зелёная трава может занимать до 80% рациона. В день птица может съесть около 2 кг травы. Зимой они нагуливают до 20% массы на искусственно высушенных травах. Согласно динамике живой массы птиц, которая выступает в качестве основного критерия роста и развития птицы, отображаются морфологические особенности строения, комплектации, а также вариабельность протекания физиологических процессов в организме (табл. 1).

Таблица 1. Динамика живой массы гусят, г ($M \pm m$)
Table 1. Dynamics of goslings live weight, g ($M \pm m$)

Возраст, суток	Группа			
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная
7	378,57±2,30	383,70±2,55	387,53±2,66	385,77±2,75
14	596,63±3,63	604,81±3,76	606,15±3,97	605,93±4,05
21	750,18±4,86	764,62±4,26*	779,41±7,29*	790,52±8,70*
28	2057,61±13,46	2102,83±11,06	2145,91±12,33*	2133,40±12,31
35	2559,06±17,04	2608,64±13,27*	2619,84±15,78	2617,92±12,07*
42	3070,87±18,20	3120,45±18,89	3155,65±21,4	3129,73±12,69*
49	3305,51±21,77	3412,26±28,0*	3445,00±30,55	3421,54±29,03*

* $P < 0,05$.

Согласно результатам приведенных табличных данных гуси опытных групп в возрасте 7 дней показывают в среднем одинаковые результаты в динамике живой массы (от 383,70 до 387,53 г), а контрольная группа им немного уступает (378,57 г).

Стоит обратить внимание на увеличение динамики живой массы у гусей 1-й, 2-й и 3-й опытных групп в 14-дневном возрасте, которые превосходили птиц контрольной группы на 8,18 г (4,1%), 9,52 г (4,7%) и 9,3 г (4,6%) соответственно. Аналогичная ситуация складывается по группам птиц в возрасте 21 дня, которые превосходят контрольную группу на 14,44 г (7,2%, $P < 0,05$), 29,23 г (14,6%, $P < 0,05$), 40,34 г (20,2%, $P < 0,05$) соответственно. У птиц в возрасте 28 дней показатель живой массы составил 45,22 г (22,6%), 88,3 г (44,1%, $P < 0,05$), 12,51 г (6,2%). Подобная тенденция по интенсивности роста численности птиц опытных групп по сравнению с контрольной

продолжается и в возрасте 35 дней (49,58 г (24,1%, $P < 0,05$), 60,78 г (30,1%), 58,86 г (29,4%, $P < 0,05$) соответственно); у 42-дневных птиц – на 49,58 г (24,8%), 84,78 г (42,4%), 58,86 г (29,4%, $P < 0,05$) соответственно. В возрасте 49 дней у гусей 1-й, 2-й и 3-й опытных групп наблюдается тенденция к росту по сравнению с птицами контрольной группы на 106,75 г (3,16%, $P < 0,05$), 139,49 г (4,16%), 116,28 г (2,11%, $P < 0,05$) соответственно.

Скармливание биологически активной добавки гусятам с раннего возраста в комплексе с препаратом «Монизен» формирует тенденцию к росту и развитию поголовья.

Абсолютный прирост относится к важным критериям зоотехнического показателя, определяющим интенсивность роста животного за конкретный промежуток времени и количество произведенного мяса согласно критериям роста и развития [15, 16] (табл. 2).

Таблица 2. Динамика абсолютного прироста гусей, г ($M \pm m$)
Table 2. Dynamics of absolute growth of geese, g ($M \pm m$)

Возраст, суток	Группа			
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная
7–14	218,06	221,11	218,62	220,16
15–21	153,55	159,81	173,26	184,59
22–28	1307,43	1338,21	1366,50	1342,88
29–35	501,45	505,81	473,93	484,52
36–42	511,81	511,83	535,81	511,71
43–49	234,64	291,81	289,35	291,81
За период 7–49	2926,94±19,47	3028,58±31,40**	3057,47±27,04	3255,64±22,55

** $P < 0,01$.

Исходя из данных таблицы 2, тенденция к росту показателей абсолютного прироста в период 22–28-дневного возраста у гусей имеет свои прерогативы, которые могут быть связаны с генетическим потенциалом особей. За период выращивания от 29 до 35 дней показатель абсолютного прироста живой массы гусей опытных групп превосходил значения контрольной группы на 264,36; 255,31; 284,7; 283,39 г соответственно. От 36 до 42 дней абсолютный прирост живой массы гусей опытных групп превосходил значения контрольной

группы на 291,55; 317,19; 290,72; 293,75 г соответственно.

За период от 43 до 49 дней значения абсолютного прироста живой массы гусей опытных групп превосходили показатели контрольной группы на 71,65; 70,73; 70,7 и 16,58 г соответственно.

Экспликация мясной продуктивности гусей кубанской породы сориентирована на получении за короткий промежуток времени определенного количества мясной продукции. Данный показатель может варьироваться

в сторону как увеличения, так и убывания. Количество животноводческой продукции зависит не только от возраста и породы, но и от условий содержания и кормления. Так, для

определения продуктивных качеств мяса гусей по достижении ими 49-дневного возраста жизни был проведен контрольный убой (табл. 3).

Таблица 3. Результаты убоя гусей к 49 дням жизни (M±m)
Table 3. Results of goose slaughter at 49 days of life (M±m)

Показатель	Группа			
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная
Предубойная живая масса, г	3305,51±21,77	3412,26±28,0*	3445,00±30,55	3421,54±29,03*
Масса полупотрашенной тушки, г	2477,85±12,43	2566,42±12,81	2655,00±38,00*	2623,42±21,77
Масса потрошенной тушки, г	1820,18±14,07	1887,93±19,1*	1955,67±31,99*	1903,44±14,42
Сортность мяса:				
1-й сорт, %	94,09	95,49	96,79	95,69
2-й сорт, %	5,87	4,47	3,17	4,27
Тощие, %	–	–	–	–

* P<0,05.

Цифровые данные предубойной живой массы гусей контрольной группы уступают показателям гусей 1-й, 2-й и 3-й опытных групп, получавших препарат «Монизен» в комплексе с пробиотиком, на 106,75 г (3,08%, P<0,05), 139,49 г (4,48%), 116,03 г (3,28%, P<0,05) соответственно.

Масса полупотрошенных гусей контрольной группы выше значений 1-й, 2-й и 3-й опытных птиц на 88,57, 177,15 г (P<0,01) и 145,57 г соответственно.

В массе потрошенной тушки складывается аналогичная ситуация – превосходство гусей 1-й, 2-й и 3-й опытных групп над гусями контрольной группы на 67,75, 135,49 и 83,26 г соответственно.

Из данных, приведенных в таблице 3, видно, что по количеству тушек гусей можно распределить по сортам. Так, гуси 1-й, 2-й и 3-й опытных групп превосходили по качеству мяса птиц контрольной группы на 1,4; 2,7; 1,6 г соответственно (1 сорт). Контрольная группа была отнесена ко 2-му сорту по качеству мяса (5,9%), тогда как в 1-й опытной показатель достиг значения 4,5%, во 2-й опытной 3,2%, в 3-й опытной 4,3%.

Исходя из полученных данных, включение в рацион птиц 1-й, 2-й и 3-й опытных групп препарата «Монизен» в комплексе с пробио-

тиком в разных дозах повлияло положительно на повышение продуктивных качеств гусей (массы потрошенной тушки, убойного выхода), а также на товарный вид продукции.

Выводы. Результаты проведенных исследований по повышению продуктивных качеств мяса гусей кубанской породы в Кабардино-Балкарской Республике при использовании в рационах добавки выявили превосходство показателей живой массы гусей в возрасте 49 дней 1-й, 2-й и 3-й опытных групп над контрольной группой, тенденцию к росту на 106,75 г (3,16%, P<0,05), 139,49 г (4,16%), 116,28 г (2,11%, P<0,05) соответственно, повышение критериев абсолютного прироста в возрасте от 43 до 49 дней у гусей опытных групп по сравнению с контрольной на 71,65; 70,73; 70,7; 16,58 г соответственно, а также наблюдается тенденция к повышению массы потрошенной тушки опытных групп в сравнении с гусями контрольной группы на 67,75; 135,49 и 83,26 г соответственно.

Тушки гусей 1-й, 2-й и 3-й опытных групп отнесены к 1-му сорту со значениями 4,5% в 1-й опытной группе, 3,2% во 2-й опытной группе, 4,3% в 3-й опытной группе, а контрольная группа была отнесена ко 2-му сорту по качеству мяса (5,9%).

Список литературы

1. Оборин М. С. Проблемы и перспектив импортозамещения в отрасли сельского хозяйства // Ученые записки Крыского федерального университета имени В. И. Вернадского. Экономика и управление. 2020. Т. 6(72). № 2. С. 96–105. EDN: CZEVKI
2. Бобылева Г. А. Экспорт для птицеводства: сохранение стабильности и перспективы развития // Птица и птицепродукты. 2016. № 1. С. 17–20. EDN: VROGRT
3. Буяров В. С., Сахно О. Н., Буяров А. В. Ресурсосберегающие технологии как основа импортозамещения в животноводстве и птицеводстве // Вестник ОрелГАУ. 2016. № 2(59). С. 21–32. EDN: YSSRAH
4. Новокшова А. Д., Храмцов П. В., Раев М. Б. Применение культур хлореллы обыкновенной в биотехнологии и пищевой промышленности // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. 2023. № 1. С. 32–42. DOI: 10.7242/2658-705X/2023.1.4. EDN: XEDEFK
5. Дорофеева А. С. Влияние витаминных препаратов на качество мышечной ткани гусят-бройлеров // Аграрный вестник Урала. 2011. № 9(88). С. 30–33. EDN: PAPWST
6. Бекбергенева Д. Е., Баранник В. А. Продовольственная безопасность Российской Федерации // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 4-1(86). С. 38–43. DOI: 10.24412/2411-0450-2022-4-1-38-43. EDN: QVSFEJ
7. Пробиотики – альтернатива кормовым антибиотикам / Ю. Г. Афанасьева, Е. Р. Корбмахер, Е. В. Колодина [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. №. 2(220). Рр. 65–72. DOI: 10.53083/1996-4277-2023-220-2-65-72. EDN: LSNIOO
8. Галушина П. С. Применение нетрадиционных кормов в рационах сельскохозяйственных птиц // Аграрная наука и производство: реализация инновационных технологий агропромышленного комплекса. Екатеринбург, 2022. С. 33–38. EDN: MJZAJN
9. Кабанова Е. Е. Перспективы Российского сельскохозяйственного комплекса в условиях санкций // Экономическое развитие России. 2023. № 4. С. 43–49. EDN: GVRQXO
10. Пономарева Н. В., Белова Д. И. Анализ себестоимости продукции животноводства // Экономика и социум. 2015. № 2(15). С. 1482–1490.
11. Суфьянова Л. М., Смоленцев С. Ю. Биологическое значение хлореллы для выращивания сельскохозяйственных животных и птиц (обзор) // Вестник Марийского государственного университета. Серия: «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2024. Т. 10. № 1. С. 60–69. DOI: 10.30914/2411-9687-2024-10-1-60-69. EDN: GMSOVO
12. Смыков Р. А. Укрепление кормовой базы птицеводства как основа дальнейшего развития отрасли // Вестник ТГУ. 2007. Выпуск 1(45). С. 207–213. EDN: GRMIDJ
13. Получение продукции птицеводства без антибиотиков с использованием перспективных программ кормления на основе пробиотических препаратов / В. И. Фиснин, И. А. Егоров, Г. Ю. Лаптев [и др.]. // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 6. С. 114–124. EDN: ZVZHND
14. Min-Jeong Kim, Su-Hyun Kim, Ye-Rin Kim, Tae-Jin Choi. Enhancement of *Chlorella* transformation efficacy by insert fragmentation // Algal Research. 2023. Vol. 72. No. 3. P. 103146. DOI: 10.1016/j.algal.2023.103146
15. Kuzyakina L.I., Usmanova E.N. Technology of production of dairy products. Kirov: Vyatka State Agricultural Academy, 2017. 89 p.
16. Шевченко А. Н., Османян А. К., Малородов В. В. Биологическая ценность и органолептическая оценка мяса гусей при использовании в рационах кормовой добавки АА-50 // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 2(40). С. 49–55. DOI: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-49-55. EDN: FAVALX

References

1. Oborin M.S. Problems and Prospects of Import Substitution in the Agricultural Sector. *Uchenye zapiski Kryskogo federal'nogo univesriteta imeni V. I. Vernadskogo. Ekonomika i upravlenie*. 2020;6(2):96–105. (In Russ.). EDN: CZEVKI
2. Bobileva, G.A. Export for Poultry Farming: Maintaining Stability and Prospects for Development. *Poultry & chicken products*. 2016;(1):17–20. (In Russ.). EDN: VROGRT
3. Buyarov V.S., Sakhno O.N., Buyarov A.V. Resource-saving technologies as a basis for import substitution in animal husbandry and poultry farming. *Vestnik OrelGAU*. 2016;2(59):21–32. (In Russ.). EDN: YSSRAH

4. Novokshova A.D., Khramtsov P.V., Raev M.B. Application of *Chlorella vulgaris* cultures in biotechnology and the food industry. *Perm federal research center journal*. 2023;(1):32–42. (In Russ.). DOI: 10.7242/2658-705X/2023.1.4. EDN: XEDEFK
5. Dorofeeva A.S. Effect of vitamins drugs on the quality of muscle tissue goslings-broilers. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2011;9(88):30–33. (In Russ.). EDN: PAPWST
6. Bekbergeneva D.E., Barannik V.A. Food Security of the Russian Federation. *Economy and business: theory and practice*. 2022;4-1(86):38–43. (In Russ.). DOI: 10.24412/2411-0450-2022-4-1-38-43. EDN: QVSFEJ
7. Afanasyeva Yu.G., Korbmacher E.R., Kolodina E.V. [et al.]. Probiotics as an Alternative to Fodder Antibiotics. *Bulletin of Altai state agricultural university*. 2023;2(220):65–72. (In Russ.). DOI: 10.53083/1996-4277-2023-220-2-65-72. EDN: LSNIOO
8. Galushina P.S. Application of non-traditional feed in the diets of poultry. *Agrarnaya nauka i proizvodstvo: realizaciya innovacionnyh tekhnologij agropromyshlennogo kompleksa* [Agrarian science and production: implementation of innovative technologies of the agro-industrial complex]. Yekaterinburg. 2022. Pp. 33–38. (In Russ.). EDN: MJZAJN
9. Kabanova E.E. Prospects of the Russian agricultural complex in the conditions of sanctions. *Russian economic development*. 2023;(4):43–49. (In Russ.). EDN: GVRQXO
10. Ponomareva N.V., Belova D.I. Analysis of the cost of livestock products. *Economy and Society*. 2015;2(15):1482–1490. (In Russ.)
11. Sufyanova L.M., Smolentsev S.Yu. Biological Significance of *Chlorella* for Growing Farm Animals and Birds (Review). *Vestnik of the Mari state university. Chapter "Agriculture. Economics"*. 2024;10(1):60–69. (In Russ.). DOI: 10.30914/2411-9687-2024-10-1-60-69. EDN: GMISOVO
12. Smykov R.A. Strengthening of forage reserve in poultry farming as a basis of the branch further development. *Tomsk state university journal*. 2007;1(45):207–213. (In Russ.). EDN: GRMIDJ
13. Fisinin V.I., Egorov I.A., Laptev G.Y. [et al.]. Antibiotic-free poultry production based on innovative nutritional programs with the involvement of probiotics. *Problems of nutrition*. 2017;86(6):114–124. (In Russ.). EDN: ZVZHND
14. Min-Jeong Kim, Su-Hyun Kim, Ye-Rin Kim, Tae-Jin Choi. Enhancement of *Chlorella* transformation efficacy by insert fragmentation. *Algal Research*. 2023;72(3):103146. DOI: 10.1016/j.algal.2023.103146
15. Kuzyakina L.I., Usmanova E.N. Technology of production of dairy products. Kirov: Vyatka State Agricultural Academy, 2017. 89 p.
16. Shevchenko A.N., Osmanyan A.K., Malorodov V.V. Biological value and organoleptic assessment of goose meat when using AA-50 feed additive in diets. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2023;2(40):49–55. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-49-55. EDN: FAVALX

Сведения об авторах

Жемухова Олеся Асировна – соискатель кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 6548-1817

Шахмурзов Мухамед Музачирович – доктор биологических наук, профессор кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2584-2612

Information about the authors

Olesya A. Zhemukhova – Applicant, Department of Animal Science and Veterinary-Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 6548-1817

Mukhamed M. Shakhmurzov – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Animal Science and Veterinary-Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2584-2612

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 12.11.2025;
одобрена после рецензирования 28.11.2025;
принята к публикации 05.12.2025.*

*The article was submitted 12.11.2025;
approved after reviewing 28.11.2025;
accepted for publication 05.12.2025.*

Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных
Breeding, Selection, Genetics and Biotechnology of Animals

Научная статья

УДК 636.2:636.082

DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-43-52

**Племенная ценность быков-производителей бурой швицкой породы
в зависимости от страны происхождения
и линейной принадлежности**

Заурбек Магометович Айсанов^{✉1}, Тимур Газретович Гарчоков²,
Ауес Хусенович Пилов³, Мадина Гамовна Тлейншева⁴,
Владислав Павлович Шабанов⁵, Тамерлан Маратович Гучаев⁶

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

¹✉Zaurbek.1965@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2829-2848>

²ttarchokov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7434-1700>

³pilov@mail.ru

⁴tleinsheva.madina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9239-8591>

⁵vladshabanov9988@gmail.com

⁶tamirlan.guchaev@mail.ru

Аннотация. В молочном скотоводстве оценке качества потомства и рационального использования быков-производителей придается огромное значение, так как в том случае, если бык-производитель будет способствовать ухудшению признаков молочной продуктивности, это нанесет существенный ущерб фермерскому хозяйству. Цель исследования заключалась в определении влияния страны происхождения и линейной принадлежности на племенные качества быков-производителей бурой швицкой породы Акционерного общества «Головной центр по воспроизводству сельскохозяйственных животных», поставляющего в Кабардино-Балкарскую Республику семя для искусственного оплодотворения коров. Объектом исследования служили 20 быков-производителей бурой швицкой породы, у 18 из которых оценено качество потомства по пяти признакам молочной продуктивности. Опытные группы быков-производителей были сформированы с учетом страны происхождения и линейной принадлежности. В ходе проведенного исследования установили, что страна происхождения в большей степени, чем линейная принадлежность, влияет на показатели племенной ценности быков-производителей по удою, молочному жиру, молочному белку (18,56–29,25%) и в меньшей степени – на показатели племенной ценности по массовой доле жира (1,12%) и массовой доле белка (6,90%). Следовательно, при отборе швицких быков-производителей с целью повышения удоя, доли молочного жира и молочного белка следует ориентироваться на страну происхождения, а для повышения массовой доли жира и массовой доли белка при отборе необходимо учитывать их линейную принадлежность.

Ключевые слова: бурая швицкая порода, бык-производитель, молочная продуктивность, оценка по качеству потомства, показатель племенной ценности

Для цитирования: Айсанов З. М., Гарчоков Т. Т., Пилов А. Х., Тлейншева М. Г., Шабанов В. П., Гучаев Т. М. Племенная ценность быков-производителей бурой швицкой породы в зависимости от страны происхождения и линейной принадлежности // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 4(50). С. 43–52. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-43-52

Original article

Breeding value of brown Swiss bulls, depending on the country of origin and line affiliation

Zaurbek M. Aisanov^{✉1}, Timur T. Tarchokov², Aues Kh. Pilov³,
Madina G. Tleynsheva⁴, Vladislav P. Shabanov⁵, Tamerlan M. Guchaev⁶

Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue,
Nalchik, Russia, 360030

¹Zaurbek.1965@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2829-2848>

²ttarchokov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7434-1700>

³pilov@mail.ru

⁴tleinsheva.madina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9239-8591>

⁵vladshabanov9988@gmail.com

⁶tamirlan.guchaev@mail.ru

Abstract. In dairy cattle breeding, the assessment of the quality of offspring and the rational use of bulls is of great importance, as if the bull turns out to be a deteriorator of the signs of dairy productivity, it will cause significant damage to the farm. The purpose of the study was to determine the influence of the country of origin and linear affiliation on the breeding qualities of the bulls of the Brown Swiss breed of the Joint Stock Company "Head Center for the Reproduction of Farm Animals", which supplies the Kabardino-Balkarian Republic with semen for artificial insemination of cows. The study involved 20 brown Swiss bulls, 18 of which were evaluated for their offspring's quality based on five indicators of milk production. The experimental groups of bulls were formed based on their country of origin and lineage. The studies showed that the country of origin has a greater impact on the breeding value of bulls in terms of milk yield, milk fat, and milk protein (18.56–29.25%) than on the breeding value in terms of fat content (1.12%) and protein content (6.90%). Therefore, when selecting Swiss bulls-improvers for milk yield, milk fat, and milk protein, the country of origin should be taken into account, and when selecting bulls-improvers for fat and protein content, their line affiliation should be considered.

Keywords: Brown Swiss breed, bull-sire, milk productivity, offspring quality assessment, breeding value indicator

For citation: Aisanov Z.M., Tarchokov T.T., Pilov A.Kh., Tleynsheva M.G., Shabanov V.P., Guchaev T.M. Breeding value of brown Swiss bulls, depending on the country of origin and line affiliation. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;4(50):43–52. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-43-52

Введение. Общеизвестно, что в молочном скотоводстве оценке качества потомства и рационального использования быков-производителей всегда придавалось и придается огромное значение. Связано это с тем, что в современном молочном скотоводстве широко используется искусственное осеменение коров, позволяющее получить от одного быка-производителя до ста тысяч потомков. В том случае, если бык-производитель будет способствовать ухудшению признаков молочной продуктивности, полученный ущерб будет существенным для фермерского хозяйства.

С учетом того, что на показатели качества потомства быков-производителей (EBV – Estimated Breeding Value) могут оказывать влияние паратипические и генетические факторы, для объективной сравнительной оценки принято использовать метод BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) [1–10].

Благодаря применению искусственного осеменения коров агрохолдингам и фермерским хозяйствам нет необходимости приобретать дорогостоящих быков-производителей, а достаточно использовать глубоководное семя, поставщиками которого являются специализированные племенные

предприятия. Крупнейшим из племенных предприятий в Российской Федерации является Акционерное общество «Головной центр по воспроизводству сельскохозяйственных животных» (АО «ГЦВ»), поставляющий семя быков-производителей молочных и молочно-мясных пород во все регионы нашей страны.

Цель исследования – определение влияния страны происхождения и линейной принадлежности на племенные качества быков-производителей бурой швицкой породы, на протяжении более ста лет разводимой на территории Кабардино-Балкарии.

Задачи исследования

1. Определение удельного веса быков-производителей с учетом страны происхождения и линейной принадлежности.

2. Изучение взаимосвязи признаков молочной продуктивности у женских предков быков-производителей.

3. Расчет среднего родительского индекса быка (РИБ) по признакам молочной продуктивности в зависимости от страны происхождения и линии быков-производителей.

4. Расчет средних показателей племенной ценности (ПЦ) быков-производителей с учетом страны происхождения и линии.

5. Изучение взаимосвязи родительского индекса быка (РИБ) и показателя племенной ценности (ПЦ).

6. Определение степени влияния (η_x^2) страны происхождения и линейной принадлежности на показатели племенной ценности (ПЦ) быков-производителей.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследование проводили по материалам племенного учета быков-производителей Акционерного общества «Головной центр по воспроизводству сельскохозяйственных животных» (АО «ГЦВ»), расположенного в Московской области (поселок Быково, городской округ Подольск).

Объектом исследования служили 20 быков-производителей бурой швицкой породы, у 18 из которых оценено качество потомства методом BLUP по таким признакам молочной продуктивности, как удой, массовая доля жира (МДЖ), молочный жир, массовая доля белка (МДБ), молочный белок.

Опытные группы быков-производителей были сформированы с учетом страны происхождения и линейной принадлежности (табл. 1).

Предполагаемый генетический потенциал признаков молочной продуктивности (удой, массовая доля жира, молочный жир, массовая доля белка, молочный белок) быков-производителей определяли на основе расчета родительского индекса быка (РИБ) [11]. Степень влияния страны происхождения и линейной принадлежности быков-производителей на показатели их племенной ценности определяли с помощью дисперсионного анализа однофакторных комплексов [12].

Результаты исследования. Быки-производители бурой швицкой породы АО «ГЦВ» являются результатом целенаправленной селекции, проводимой в четырех разных странах мира (табл. 2).

Как видно из таблицы 2, среди 20 быков-производителей бурой швицкой породы наибольшее количество животных, по 6 голов (30%), происходят из Германии и России, а наименьшее количество, 3 головы (15%), имеют канадское происхождение.

Анализ линейного происхождения показал, что наибольшее количество быков-производителей относится к линиям Леирда 71151 (30%) и Меридиана 90827 (30%), наименьшее количество – к линии Ладди (15%).

Изучение корреляционных связей между ведущими хозяйственно-полезными признаками позволяет проводить корректирование селекционного процесса, упрощая его в том случае, если в молочном стаде имеет место высокая положительная корреляция между признаками отбора.

В таблице 3 приводятся коэффициенты корреляции между тремя ведущими селекционными признаками у женских предков быков-производителей бурой швицкой породы.

Приведенные в таблице 3 данные показывают, что средняя положительная корреляция, которую можно использовать для косвенного отбора, проявлялась у всех женских предков быков-производителей между массовой долей жира и массовой долей белка ($r=+0,341-0,499$), а также у матерей быков-производителей между удоём и массовой долей белка ($r=+0,359$).

Средние показатели родительского индекса быка (РИБ) по пяти признакам молочной продуктивности в зависимости от страны происхождения и линейной принадлежности быков-производителей отражены в таблице 4.

Таблица 1. Схема формирования опытных групп быков-производителей бурой швицкой породы АО «ГЦВ»
Table 1. Formation of experimental groups of brown Swiss bulls at Joint Stock Company "Head Center for the Reproduction of Farm Animals"

Принципы формирования опытных групп быков-производителей	Количество опытных групп	Исследуемые показатели	Общее количество быков-производителей, голов
С учетом страны происхождения	4	Удельный вес (%) быков-производителей каждой опытной группы	20
		Взаимосвязь (r) признаков молочной продуктивности у женских предков быков-производителей	20
		Родительский индекс быка (РИБ)	20
		Показатель племенной ценности (ПЦ) быка-производителя	18
		Взаимосвязь (r) РИБ и ПЦ	18
		Степень влияния (η_x^2) учетного фактора на ПЦ быков-производителей	18
С учетом линейной принадлежности	4	Удельный вес (%) быков-производителей каждой опытной группы	20
		Взаимосвязь (r) признаков молочной продуктивности у женских предков быков-производителей	20
		Родительский индекс быка (РИБ)	20
		Показатель племенной ценности (ПЦ) быка-производителя	18
		Взаимосвязь (r) РИБ и ПЦ	18
		Степень влияния (η_x^2) учетного фактора на ПЦ быков-производителей	18

Таблица 2. Распределение быков-производителей бурой швицкой породы АО «ГЦВ» в зависимости от страны происхождения и линейной принадлежности
Table 2. Distribution of Brown Swiss bulls of Joint Stock Company "Head Center for the Reproduction of Farm Animals" according to the country of origin and line affiliation

Страна	Линия	Концентрата 106156	Ладди	Леирда 71151	Меридиана 90827	Всего	
						голов	%
Австрия		1	1	1	2	5	25
Германия		2	–	3	1	6	30
Канада		1	–	1	1	3	15
Россия		1	2	1	2	6	30
Всего	голов	5	3	6	6	20	–
	%	25	15	30	30	–	100

Таблица 3. Взаимосвязь признаков молочной продуктивности у женских предков быков-производителей бурой швицкой породы (r)
Table 3. Relationship of milk productivity traits in female ancestors of brown Swiss bulls (r)

Женские предки быка-производителя	Коррелируемые признаки		
	удой – МДЖ	удой – МДБ	МДЖ – МДБ
М (мать)	-0,422	+0,359	+0,367
ММ (мать матери)	-0,203	-0,067	+0,341
МО (мать отца)	-0,031	+0,042	+0,499

Таблица 4. Предполагаемый генетический потенциал признаков молочной продуктивности (РИБ) быков-производителей бурой швицкой породы ($\bar{X} \pm m\bar{x}$)
Table 4. Estimated genetic potential of milk production traits (BPI) of brown Swiss bulls ($\bar{X} \pm m\bar{x}$)

Признак	Страна				Линия			
	Австрия	Германия	Канада	Россия	Концентра- трата 106156	Ладди	Леирда 71151	Мери- диана 90827
Удой, кг	11340±542	10560±398	11857±1033	7850±435	10311±1152	9039±2006	10561±552	10117±812
МДЖ, %	4,34±0,054	4,30±0,121	4,39±0,182	4,29±0,047	4,41±0,088	4,45±0,039	4,25±0,114	4,26±0,034
Молочный жир, кг	492,2±22,1	454,1±18,9	520,5±43,8	336,8±17,3	454,7±45,5	402,2±79,1	448,8±24,3	430,9±31,7
МДБ, %	3,65±0,100	3,63±0,077	3,60±0,112	3,52±0,092	3,77±0,069	3,62±0,163	3,49±0,032	3,54±0,085
Молочный белок, кг	413,9±20,7	383,3±14,5	426,9±34,3	276,3±14,1	388,7±36,8	327,2±63,2	368,6±20,6	358,1±25,4

Сравнительный анализ средних величин РИБ, в зависимости от страны происхождения, показал, что по удою и массовой доле жира наибольший РИБ был у канадских быков-производителей, превосходивших быков-производителей из других стран, на 517–4007 кг (4,6–51%) и 0,05–0,10 абс.% соответственно. По массовой доле белка лучшими были австрийские быки-производители, у которых РИБ оказался выше, чем у быков-производителей из остальных стран, на 0,02–0,13 абс.%.

Из межлинейного сравнения установили, что наибольшим РИБ по удою отличались быки-производители из линии Леирда 71151, превосходившие представителей других линий на 250–1522 кг (2,4–16,8%). По массовой

доле жира лучшими были быки-производители из линии Ладди, по массовой доле белка – быки-производители из линии Концентра-трата 106156, превосходство которых над быками-производителями из других линий составило соответственно 0,04–0,20 абс.% и 0,15–0,28 абс.%.

О показателях племенной ценности (ПЦ) 18 быков-производителей можно судить по данным таблицы 5.

Из таблицы 5 видно, что по удою, молочному жиру и молочному белку наибольшую племенную ценность представляют быки-производители австрийской селекции, наименьшую – быки-производители российской селекции.

Таблица 5. Показатели племенной ценности (ПЦ) быков-производителей бурой швицкой породы
Table 5. Indicators of the breeding value (BV) of bulls of the Brown Swiss breed

Признак	Страна				Линия			
	Австрия	Германия	Канада	Россия	Концентра- трата 106156	Ладди	Леирда 71151	Мери- диана 90827
Удой, кг	+378,2	+98,3	+226,3	-215,0	+168,0	+228,0	+113,0	+53,2
МДЖ, %	0	-0,018	-0,010	+0,010	-0,008	+0,050	-0,043	+0,008
Молочный жир, кг	+16,7	+3,2	+8,5	-7,3	+6,8	+15,8	+1,0	+3,8
МДБ, %	+0,010	-0,005	+0,033	+0,008	-0,003	+0,013	-0,010	+0,036
Молочный белок, кг	+15,1	+2,7	+10,6	-6,5	+5,1	+10,8	+2,6	+5,8

При межлинейном сравнении наибольший улучшающий эффект по удою, молочному жиру и молочному белку проявили быки-производители из линии Ладди. В то же время наименьший улучшающий эффект по удою проявили быки-производители из линии Меридиана 90827, по молочному жиру и

молочному белку – быки-производители из линии Леирда 71151.

Определенный научный интерес представляет изучение корреляционной взаимосвязи родительского индекса быка (РИБ) и показателя его племенной ценности (ПЦ) по ведущим селекционным признакам (табл. 6).

Таблица 6. Взаимосвязь (r) родительского индекса быка (РИБ) и показателя племенной ценности (ПЦ) быков-производителей бурой швицкой породы
Table 6. Relationship (r) of the bull's parental index (BPI) and breeding value (BV) of brown Swiss bulls

Признак	РИБ		ПЦ		r
	max	min	max	min	
Удой	13,293 кг	7343 кг	+1248 кг	-470 кг	+0,426
МДЖ	4,68%	3,91%	+0,23%	-0,25%	-0,324
Молочный жир	572 кг	324 кг	+70,0 кг	-21,0 кг	+0,447
МДБ	3,91%	3,39%	+0,18%	-0,08%	-0,079
Молочный белок	501 кг	250 кг	+51,0 кг	-16,2 кг	+0,333

Учитывая, что величина РИБ по удою, молочному жиру и молочному белку положительно коррелирует ($r=+0,333-0,426$) с показателем ПЦ, проведение косвенного отбора по РИБ может привести к отбору лучших по племенной ценности быков-производителей.

В таблице 7 отражены результаты проведенного дисперсионного анализа по опреде-

лению степени влияния разных факторов на племенные качества быков-производителей бурой швицкой породы.

Изучив степень влияния организованного фактора (страна происхождения, линия) на показатели племенной ценности 18 быков-производителей, установили, что страна происхождения в большей степени, чем линейная

принадлежность, влияла на ПЦ по удою, молочному жиру, молочному белку ($\eta_x^2=18,56-29,25\%$) и в меньшей степени – на ПЦ по массовой доле жира ($\eta_x^2=1,12\%$) и массовой доле белка ($\eta_x^2=6,9\%$). Следовательно, при отборе

швицких быков-производителей с целью повышения удою, молочного жира и молочного белка следует ориентироваться на страну происхождения, тогда как для повышения массовой доли жира и массовой доли белка при отборе необходимо учитывать их линейную принадлежность.

Таблица 7. Степень влияния (η_x^2) страны происхождения и линейной принадлежности быков-производителей бурой швицкой породы на показатели их племенной ценности (ПЦ)

Table 7. The degree of influence (η_x^2) of the country of origin and the line affiliation of the brown Swiss bulls on their breeding value (BV)

Признак	Страна		Линия	
	<i>lim</i>	η_x^2	<i>lim</i>	η_x^2
Удой, кг	593,2 кг	29,25%	174,8 кг	2,35%
МДЖ	0,028%	1,12%	0,093%	9,77%
Молочный жир	24,0 кг	18,56%	14,8 кг	6,38%
МДБ	0,015%	6,90%	0,046%	14,91%
Молочный белок	21,6 кг	27,01%	8,2 кг	3,18%

Результаты проведенного исследования позволили сформулировать следующие **выводы:**

1. Среди быков-производителей бурой швицкой породы наибольший удельный вес приходится на животных немецкой (30%) и российской (30%) селекции. Наибольшее количество быков-производителей включают в себя линии Леирда 71151 (30%) и Мериана 90827 (30%).

2. Средняя положительная корреляция, которую можно использовать для косвенного отбора, проявлялась у все женских предков быков-производителей между массовой долей жира и массовой долей белка ($r=+0,341-0,499$), а также у матерей быков-производителей между удою и массовой долей белка ($r=+0,359$).

3. По удою и массовой доле жира наибольший родительский индекс быка (РИБ) был у канадских производителей, по массовой доле белка – у австрийских производителей. При межлинейном сравнении наибольшим РИБ по удою характеризовались производители из линии Леирда 71151, по массовой доле жира – из линии Ладди, по

массовой доле белка – из линии Концентрата 106156.

4. По удою, молочному жиру и молочному белку наибольшую племенную ценность представляют быки-производители австрийской селекции. Межлинейное сравнение показало, что наибольший улучшающий эффект по удою, молочному жиру и молочному белку проявили производители из линии Ладди.

5. Величина РИБ по удою, молочному жиру и молочному белку положительно коррелирует ($r=+0,333-0,426$) с показателем племенной ценности (ПЦ) и, поэтому проведение отбора по РИБ может привести к отбору лучших по племенным качествам быков-производителей.

6. Страна происхождения в большей степени, чем линейная принадлежность, влияет на ПЦ по удою, молочному жиру, молочному белку ($\eta_x^2=18,56-29,25\%$) и в меньшей степени – на ПЦ по массовой доле жира ($\eta_x^2=1,12\%$) и массовой доле белка ($\eta_x^2=6,9\%$).

Список литературы

1. Перспективы использования оценки геномной племенной ценности в селекции молочного скота / А. А. Сермягин, Е. Н. Нарышкина, Т. В. Карпушкина, Н. И. Стрекозов, Н. А. Зиновьева // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 7. С. 2–5. EDN: VCOIAJ
2. Эффективность определения генетических качеств коров на основе метода BLUP / Е. Е. Мельникова, И. Н. Янчуков, Н. А. Зиновьева, С. Н. Харитонов // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 11. С. 94–96. EDN: XRUVBR
3. Использование метода BLUP Animal Model в определении племенной ценности голштинизированного скота Ленинградской области / К. В. Племяшов, В. В. Лабинов, Н. Р. Рахматулина, Е. И. Сакса, М. Г. Смарагдов, А. А. Кудинов, А. В. Петрова // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 1. С. 2–6. EDN: VQCEPL
4. Кудинов А. А., Петрова А. В., Племяшов К. В. Применение метода BLUP Animal Model для оценки племенной ценности коров айрширской породы в Ленинградской области // Генетика и разведение животных. 2017. № 2. С. 79–85. EDN: YORNRJ
5. Генетическая ценность симментальских быков-производителей зарубежной селекции при переоценке на базе племенных ресурсов России / А. А. Сермягин, Л. П. Игнатьева, С. А. Шеметюк, С. Н. Харитонов, И. Селкнер, Н. А. Зиновьева // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 7. С. 13–18. EDN: PМОХWE
6. Игнатьева Л. П. Сравнительная характеристика животных симментальской породы разного происхождения на основе оценки племенной ценности коров методом BLUP Animal Model в связи с уровнем продуктивности стад // Вестник КрасГАУ. 2020. № 11(164). С. 152–161. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-11-152-161. EDN: KYRCVV
7. Разработка и оптимизация уравнений смешанной модели BLUP для оценки племенной ценности быков-производителей голштинской черно-пестрой породы Республики Казахстан / К. Ж. Жуманов, Т. Н. Карымсаков, М. А. Кинеев, А. Д. Баймуханов // Аграрная наука. 2021. № 2. С. 33–36. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-345-2-33-36. EDN: IOYZSH
8. Фирсова Э. В., Карташова А. П. Результаты оценки племенной ценности линий при помощи методов сравнения со сверстницами и BLUP на поголовье крупного рогатого скота Мурманской области // Аграрный вестник Урала. 2021. № 5. С. 63–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-208-05-63-70. EDN: QFCOMA
9. Петрова А. В., Романова Е. А., Васильева Е. Н. Применение метода BLUP Animal Model в оценке племенной ценности маточного поголовья айрширского скота // Генетика и разведение животных. 2023. № 3. С. 25–30. DOI: 10.31043/2410-2733-2023-3-25-30. EDN: GNRZQV
10. Фатеева А. А., Шевелева О. М. Сравнительная характеристика быков-производителей голштинской породы по продуктивным качествам дочерей // Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 3(47). С. 44–51. EDN: RNMFSI
11. Кравченко Н. А. Разведение сельскохозяйственных животных. Москва: Колос, 1973. 486 с.
12. Плохинский Н. А. Руководство по биометрии для зоотехников. Москва: Колос, 1969. 256 с.

References

1. Sermyagin A.A., Naryshkina E.N., Karpushkina T.V., Strekozov N.I., Zinovieva N.A. The perspective for using of the genomic breeding value in dairy cattle breeding. *Dairy and beef cattle breeding*. 2015;(7):2–5. (In Russ.). EDN: VCOIAJ
2. Melnikova E.E., Yanchukov I.N., Zinoviev N.A., Kharitonov S.N. Efficiency of estimations of cow's genetic properties based on BLUP procedures. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2016;30(11):94–96. (In Russ.). EDN: XRUVBR
3. Plemyashov K.V., Labinov V.V., Rakhmatulina N.R., Saksa E.I., Smaragdov M.G., Kudinov A.A., Petrova A.V. Trial using of BLUP Animal Model Approach in Livestock of Leningrad Region. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2016;(1):2–6. (In Russ.). EDN: VQCEPL
4. Kudinov A.A., Petrova A.V., Plemyashov K.V. Application of the BLUP Animal Model for evaluation of the breeding value of the cows of the Ayrshire breed of the Leningrad Region. *Genetics and breeding of animals*. 2017;(2):79–85. (In Russ.). EDN: YORNRJ
5. Sermyagin A.A., Ignatieva L.P., Shemyatyuk S.A., Kharitonov S.N., Selkner I., Zinovieva N.A. Genetic value for Simmental sires of foreign origin in the case of re-estimation procedure using cattle breeding resources in Russia. *Dairy and Meat Cattle Farming*. 2019;(7):13–18. (In Russ.). EDN: PМОХWE

6. Ignatieva L.P. Comparative Characteristics of the animals of Simmental Breed of Different Origin on the Basis of the Estimates Breeding Value of the Cows by the BLUP Animal Model Method in Connection with the Level of Herd Productivity. *Bulletin of KrasGAU*. 2020;11(164):152–161. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2020-11-152-161. EDN: KYRCVV

7. Zhumanov K.Zh., Karimsakov T.N., Kineev M.A., Baimukanov A.D. Development and Optimization of the Equations of the Mixed BLUP Model for the Evaluation of the Breed Value of Bulls-producers of the Golstin Black-motioned Breed of the Republic of Kazakhstan. *Agrarian Science*. 2021;(2):33–36. (In Russ.). DOI: 10.32634/0869-8155-2021-345-2-33-36. EDN: IOYZSH

8. Firsova E.V., Kartashova A.P. The Results of assessing the breeding value of lines using the methods of comparison with peers and BLUP method on the cattle stock in the Murmansk region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021;(5):63–70. (In Russ.). DOI: 10.32417/1997-4868-2021-208-05-63-70. EDN: QFCOMA

9. Petrova A.V., Romanova E.A., Vasilyeva E.N. Application of the BLUP Animal Model method in assessing the breeding value of the breeding stock of Ayrshire cattle. *Genetics and breeding of animals*. 2023;(3):25–30. (In Russ.). DOI: 10.31043/2410-2733-2023-3-25-30. EDN: GNRZQV

10. Fateeva A.A., Sheveleva O.M. Comparative Characteristics of Holstein Bull-Sires in Terms of the Productive Qualities of Their Daughters. *Vestnik Kurganskoj GSHA*. 2023;3(47):44–51. (In Russ.). EDN: RNMFSI

11. Kravchenko N.A. *Razvedenie sel'skokhozyajstvennykh zhivotnykh* [Breeding of Farm Animals]. Moscow: Kolos, 1973. 486 p. (In Russ.)

12. Plokhinsky N.A. *Rukovodstvo po biometrii dlya zootekhnikov* [Manual on Biometry for Animal Technologists]. Moscow: Kolos, 1969. 256 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Айсанов Заурбек Магомедович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 7672-6909, Scopus ID: 57212190248, Researcher ID: AAB-9728-2020

Тарчоков Тимур Газретович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 9472-0334, Scopus ID: 57193828145, Researcher ID: AAB-9723-2020

Пилов Ауес Хусенович – доктор биологических наук, профессор кафедры ветеринарной медицины, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 8873-6337, Scopus ID: 408571

Тлейншева Мадина Гамовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 8132-9790, Scopus ID: 57212198660, Researcher ID: AAB-9714-2020

Шабанов Владислав Павлович – аспирант кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

Гучаев Тамерлан Маратович – аспирант кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

Information about the authors

Zaurbek M. Aisanov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Science and Veterinary and Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 7672-6909, Scopus ID: 57212190248, Researcher ID: AAB-9728-2020

Timur T. Tarchokov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Science and Veterinary and Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 9472-0334, Scopus ID: 57193828145, Researcher ID: AAB-9723-2020

Pilov A. Khusenovich – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Veterinary Medicine, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 8873-6337, Scopus ID: 408571

Madina G. Tleynsheva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Veterinary and Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 8132-9790, Scopus ID: 57212198660, Researcher ID: AAB-9714-2020

Shabanov V. Pavlovich – Postgraduate student of the Department of Animal Husbandry and Veterinary and Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov

Guchaev T. Maratovich – Postgraduate student of the Department of Animal Husbandry and Veterinary and Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 23.09.2025;
одобрена после рецензирования 16.10.2025;
принята к публикации 24.10.2025.*

*The article was submitted 23.09.2025;
approved after reviewing 16.10.2025;
accepted for publication 24.10.2025.*

Научная статья

УДК 636.234.1.34

DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-53-62

Воспроизводительные качества дочерей голштинских от быков-производителей разной селекции

Артём Сергеевич Горелик^{✉1}, Ольга Васильевна Горелик²,
Светлана Юрьевна Харлап³, Ева Валерьевна Ражина⁴

¹Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, улица Мира, 22, Екатеринбург, Россия, 620062

^{2,3,4}Уральский государственный аграрный университет, улица Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, Россия, 620000

^{✉1}temae077ex@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

²olgao205en@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

³proffuniver@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

⁴eva.mats@mail.ru,

Аннотация. При разведении молочного скота голштинской породы используется семя лучших быков-производителей мирового генофонда. Вызывает интерес качество быков разной селекции в сравнительном аспекте. Объектом настоящего исследования явились коровы-дочери голштинской породы от быков-производителей Голден (Россия); Доминик (Дания); Магури (Германия). Установлено, что телки от разных быков-производителей различаются между собой по возрасту первого осеменения и в меньшей мере – по живой массе. Более высокую живую массу при первом осеменении имели телки от быков Голден 4177 отечественной селекции при средних показателях возраста в сравнении с другими группами дочерей. Более высокие показатели возраста при первом осеменении оказались у телок от быков Магури 951704038 немецкой селекции. Они же были более однородными по живой массе. Самое большое различие параметров возраста и живой массы при первом осеменении выявлено в группе телок от быков Голден 4177 отечественной селекции, что, возможно, связано с пониженной устойчивостью передачи признаков от быков. Длительность сервис-периода в группах телок незначительно превышает рекомендуемые нормы, что соответствует породной особенности коров голштинской породы – от 94,2 дня (дочери от быков Магури 951704038 немецкой селекции) до 112 дней (дочери быков Доминик 4109205594 датской селекции). Коэффициент изменчивости по данному признаку внутри каждой группы составляет от 43,57 до 71,20%. Такая вариация недопустима и требует пересмотра работы всех структурных подразделений по воспроизводству стада.

Ключевые слова: голштинская порода, быки-производители, коровы-дочери, воспроизводительные функции, сервис-период, коэффициент вариации

Для цитирования: Горелик А. С., Горелик О. В., Харлап С. Ю., Ражина Е. В. Воспроизводительные качества дочерей голштинских от быков-производителей разной селекции // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 4(50). С. 53–62. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-53-62

Original article

Reproductive qualities of daughters of Holstein bulls of different breeding

Artem S. Gorelik^{✉1}, Olga V. Gorelik², Svetlana Yu. Kharlap³, Eva V. Razhina⁴

¹Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 22 Mira Street, Yekaterinburg, Russia, 620062

^{2,3,4}Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Street, Yekaterinburg, Russia, 620000

^{✉1}temae077ex@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

²olgao205en@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

³proffuniver@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

⁴eva.mats@mail.ru

Abstract. The breeding of dairy cattle of the Holstein breed uses the seed of the best bulls-producers of the global gene pool. The quality of bulls of different breeding in the comparative aspect is of interest. The object of the research were cows-daughters of the Holstein breed from bulls-producers Golden (Russia); Dominik (Denmark); Maguri (Germany). It was found that heifers of different breeding bulls differ in age of first insemination and at least in live weight. The heifers from the Golden bull 4177 of domestic breeding had a higher live weight at the first insemination with average age indicators in comparison with other groups of daughters. Higher age values at the first insemination were found in heifers from the bull Maguri 951704038 of German breeding. They were more homogeneous in terms of body weight. The largest variety of parameters of the age of the first insemination and the live weight at the first insemination turned out to be in the group of heifers of the Golden bull 4177 of domestic breeding, which may be due to the reduced stability of the transmission of traits from the bull. The duration of the service period in heifer groups slightly exceeds the recommended standards, which corresponds to the breed characteristics of Holstein cows. It ranges from 94.2 days (daughter of bull Maguri 951704038 German breeding) to 112 days (daughter of bull Dominik 4109205594 Danish breeding). The coefficient of variability for this trait within each group ranges from 43.57% to 71.20%. Such variation is unacceptable and requires a review of the work of all structural units to reproduce the herd.

Keywords: Holstein breed, breeding bulls, daughter cows, reproductive functions, service period, coefficient of variation

For citation: Gorelik A.S., Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Razhina E.V. Reproductive qualities of daughters of Holstein bulls of different breeding. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;4(50):53–62. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-53-62

Введение. Повышение продуктивности молочного скота – одна из важнейших задач работников отрасли молочного скотоводства по обеспечению населения страны полноценными продуктами питания собственного производства. Молоко и молочные продукты занимают достойное место, поскольку в их состав входят все необходимые для нормальной жизнедеятельности организма питательные вещества. Они пригодны для питания людей любого возраста и состояния здоровья и являются одними из самых доступных для населения с любым доходом [1–4].

Для производства молочной продукции используется высокопродуктивный молочный

скот, основной породой которого до недавнего времени являлась отечественная черно-пестрая (СССР). Второе место по поголовью принадлежало животным голштинской породы, которая, в свою очередь, несколько последних десятилетий использовалась для совершенствования отечественных молочных пород, в том числе и черно-пестрой. В результате во многих регионах страны были созданы большие массивы помесного скота, отличающиеся по фенотипическим и продуктивным качествам от исходных отечественных пород [5–11].

В Свердловской области в 2002 году официально зарегистрирован уральский тип гол-

штинизированного черно-пестрого скота. Совершенствование его продолжилось и продолжается путем использования генофонда лучших быков-производителей как отечественной, так и зарубежной селекции [12–21], что в конечном итоге привело к созданию групп помесных животных с долей кровности по голштинской породе свыше 87,5%. Исходя из последней породной инвентаризации, многие хозяйства перешли на разведение животных голштинской породы с использованием семени лучших быков-производителей мирового генофонда голштинской породы. Вызывает интерес качество быков разной селекции в сравнительном аспекте.

Оценка используемых быков-производителей по качеству потомства, в том числе по воспроизводительным качествам дочерей, применительно к условиям кормления и содержания в каждом отдельно взятом хозяйстве актуальна и имеет практическое значение.

Целью работы является сравнительная оценка быков-производителей разной селекции по воспроизводительным качествам дочерей.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследование проводилось на базе одного из племенных репродукторов по разведению крупного рогатого скота голштинской породы Свердловской области. Были использованы данные зоотехнического и ветеринарного учета базы ИАС «СЕЛЭКС-Молочный скот», результаты собственных исследований, данные из каталога быков-производителей. Воспроизводительные качества были установлены по журналам воспроизводства и искусственного осеменения, продолжительности сервис- и межотельного периодов. Был рассчитан коэффициент воспроизводительной способности.

Объектом исследования явились коровы-дочери голштинской породы от быков-производителей Голден (Россия); Доминик (Дания); Магури (Германия), окончившие первую лактацию. Отбор быков для проверки продуктивности дочерей проводили исходя из работы быков в стаде в течение одного года (2019) и по количеству дочерей (не менее 20 голов, окончивших лактацию). Результаты опыта были обработаны биометрически, при помощи персонального компьютера, программы Microsoft Office Excel.

Результаты исследования. Молочная продуктивность напрямую зависит от воспроизводства, так как является ответом организма на рождение потомства и необходимость обеспечения его питанием для роста и развития сразу после рождения. Объясняется это тем, что новорожденный организм из-за неполного развития многокамерного желудка и в целом пищеварительной системы не может первоначально потреблять растительные корма. Образование молока в секреторной ткани специального органа – молочной железе (вымени) позволяет устранить этот негативный фактор и постепенно перейти к кормлению дешевым растительным кормом.

Практики и ученые, работающие с молочным скотом, за длительный период создали культурные породы, от которых можно получать много молока в течение лактации, по длительности, отличающейся от таковой у диких предков. Кроме того, такие животные могут использоваться в течение нескольких лет. Для эффективного производства молока существует технологический цикл с периодами, длительность которых определяется воспроизводительными функциями коров – длительностью стельности и циклом половой охоты. То есть технологический цикл производства связан с воспроизводством, а именно с длительностью периодов физиологического цикла воспроизводства.

Этот цикл предполагает сервис-период – период между отелом и следующим плодотворным осеменением (45–90 дней); сухостойный период (60 дней), период перед следующим отелом, когда корова готовится к нему. Весь период – это годовой цикл в 365 дней, в том числе лактация (290–305 дней). Изменение длительности первого периода в сторону уменьшения приводит к сокращенной лактации и рождению слабого молодняка, а увеличение – к удлинению лактационной деятельности и снижению эффективности производства молока.

Исходя из данного технологического цикла производства молока основным показателем оценки уровня воспроизводства стада стали считать длительность сервис-периода. Он рассчитан из того, что средняя длительность полового цикла коров составляет 21–22 дня с колебаниями от 18 до 24 дней. Осеменение коров с низким удоем лучше проводить во вторую охоту (45 дней), а высокопродуктивных – в 3-ю и 4-ю охоту

(90 дней). При таких показателях в течение годового цикла от коровы получают полноценную лактацию и теленка.

Голштинский скот отличается снижением воспроизводительных функций, что прежде всего сказалось на длительности сервис-периода – он увеличился. Объясняется это чаще всего доминантой молочной продуктив-

ности у высокоудойного маточного поголовья. Авторами был проведен анализ изменения длительности технолого-физиологических периодов при производстве молока у дочерей быков-производителей.

На рисунке 1 представлены данные сопряженности живой массы телок и возраста при первом осеменении.

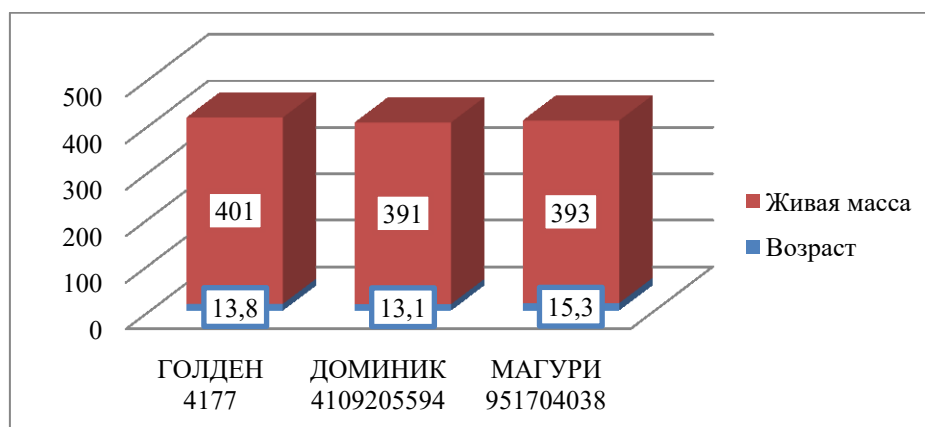


Рисунок 1. Возраст и живая масса телок при первом осеменении
Figure 1. Age and live weight of heifers at first insemination

По данным, представленным на графике, видно, что телки от разных быков-производителей различаются между собой по возрасту первого осеменения и в меньшей мере – по живой массе. Так, более высокую живую массу при первом осеменении имели телки от быков Голден 4177 отечественной селекции при средних показателях возраста в сравнении с другими группами дочерей. Более высокие показатели возраста при первом осеменении выявлены у телок от быков Магури 951704038 немецкой селекции. Раньше всех были осеменены телки от быков Доминик 4109205594 из Дании.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что в хозяйстве принята интенсивная система выращивания ремонтного молодняка. Более высокая интенсивность роста выявлена у телок от быков Доминик 4109205594 датской селекции. Об этом свидетельствуют и коэффициенты вариации (рис. 2).

По коэффициентам вариации возможно сделать вывод о том, что по живой массе и возрасту первого осеменения в группах коров-дочерей, оцениваемых быков-производителей имеется различие признаков, но оно находится в допустимых пределах. Наиболее однородными по живой массе при наиболее

коротком сроке выращивания оказались телки от быков Доминик 4109205594.

Для подтверждения последнего заключения были проанализированы показатели параметров возраста и живой массы первого осеменения по их различию в группах ремонтных телок. Оценивались минимальные и максимальные показатели и их разница у дочерей быков-производителей. Эти данные представлены на рисунке 3.

Как и было сказано ранее, наиболее одинаковыми с разницей в возрасте первого осеменения 5 месяцев и по живой массе в 65 кг оказались телки от быков Доминик 4109205594 датской селекции. На втором месте оказались дочери от быков Магури 951704038 немецкой селекции, которые различались по возрасту на 5 месяцев и по живой массе на 114 кг.

Самое большое различие параметров возраста первого осеменения и живой массы при первом осеменении выявлены в группе телок от быков Голден 4177 отечественной селекции, что, возможно, связано с пониженной устойчивостью передачи признаков от быков, поскольку они получены в результате индивидуального подбора в условиях региона от матери с высокой кровностью по голштинам и чистопородного быка-производителя.

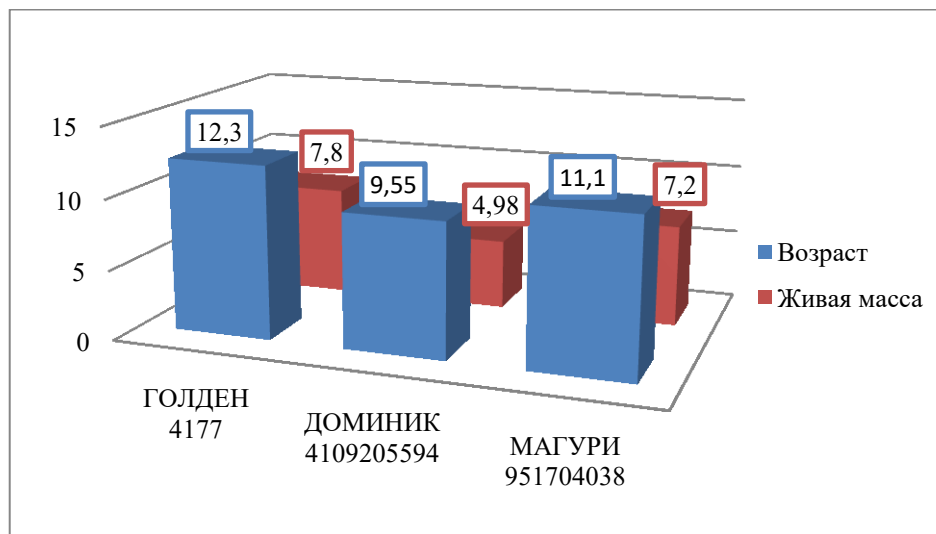


Рисунок 2. Коэффициенты вариации живой массы и возраста первого осеменения у телок
Figure 2. Coefficients of variation of live weight and age at first insemination in heifers

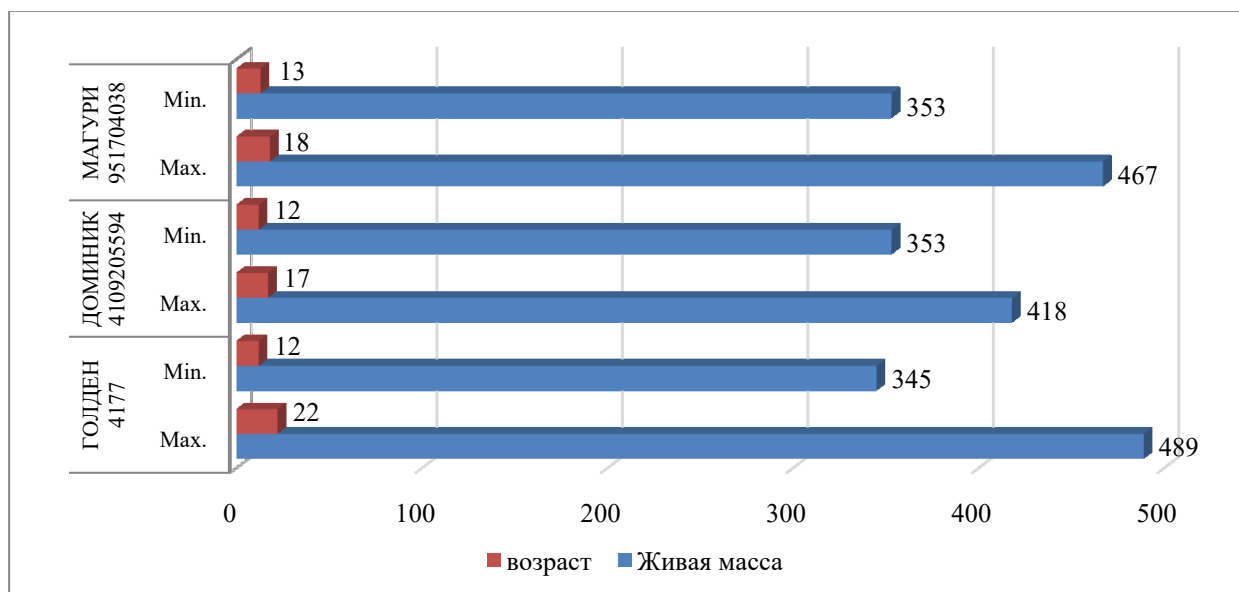


Рисунок 3. Различия по живой массе и возрасту у телок при первом осеменении по группам
Figure 3. Diversity of live weight and age of heifers at first insemination by groups

По живой массе разница в данной группе между животными составила 144 кг, а по возрасту первого осеменения 10 месяцев.

Уровень воспроизводства в хозяйстве в целом и отдельно по каждой группе коров, в том числе в зависимости от принадлежности к тому или иному быку-производителю, оценивается по коэффициенту воспроизводительной способности (КВС). Если он стремится к единице, то уровень удовлетворительный, если ниже, чем 0,95, то в стаде имеются проблемы. В нашем случае только у до-

черей от быков Доминик 4109205594 он оказался ниже предельной нормы, что говорит о проблемах с воспроизводством в этой группе коров (табл. 1).

Основным показателем воспроизводительной функции коров является длительность сервис периода (рис. 4).

Длительность сервис-периода в группах телок оцениваемых быков-производителей незначительно превышает рекомендуемые нормы, что соответствует породной особенности коров голштинской породы, у которых

наблюдается снижение воспроизводительных функций ввиду доминантности молочной продуктивности. Она составляет от 94,2 дня (дочери от быков Магури 951704038 немецкой селекции) до 112 дней (дочери от быков Доминик 4109205594 датской селекции). При этом стоит отметить, что коэффициент изменчивости по данному признаку внутри ка-

ждой группы очень значительный и может служить показателем проблем с воспроизводством. Он составляет от 43,57 до 71,20%, и это говорит о том, что такая вариация недопустима и требует пересмотра работы всех структурных подразделений по воспроизводству стада.

Таблица 1. Показатели длительности периодов, связанных с воспроизводством, дней
Table 1. Indicators of the duration of periods associated with reproduction, days

Длительность периода, дней	Бык-производитель		
	ГОЛДЕН 4177	ДОМИНИК 4109205594	МАГУРИ 951704038
Межотельный	378±4,21	395±3,09	373±5,24
Стельности	279±3,67	283±2,98	279±4,12
Сухостоя	59,3±2,36	61,0±1,89	56,4±0,98
Сервис	99±10,36	112±13,61	94±11,11
Коэффициент воспроизводительной способности	0,966	0,924	0,979

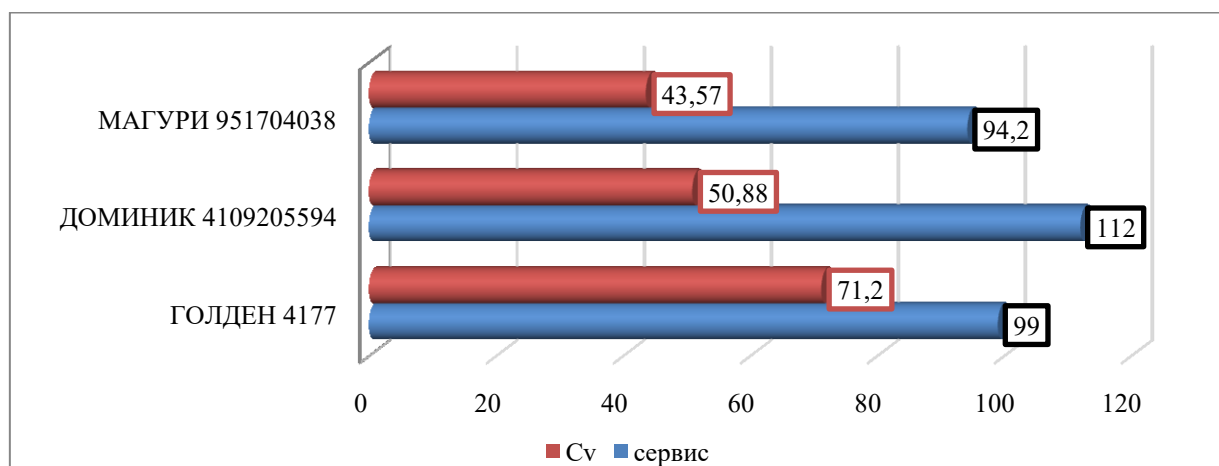


Рисунок 4. Длительность сервис-периода и его изменчивость
Figure 4. Duration of the service period and its variability

Это подтверждает и различие данного показателя в группах, что в какой-то мере отражается на средних значениях. Такая разница означает, что часть животных с высокими показателями длительности сервис-периода может иметь гинекологические заболевания, а также плохо восстанавливаться после предыдущего отела, что влияет не только на воспроизводительные функции, но и на продуктивные качества коров (рис. 5).

Разница по длительности сервис-периода в группах достигает 233; 183 и 111 дней, или больше минимальных значений в 5,08; 4,21 и 3,52 раза. Это превышает рекомендуемые параметры в 3,22; 2,66 и 1,72 раза. Таким образом, можно подтвердить вывод о том, что в данных группах коров имеются проблемы с воспроизводством, которые необходимо решать.

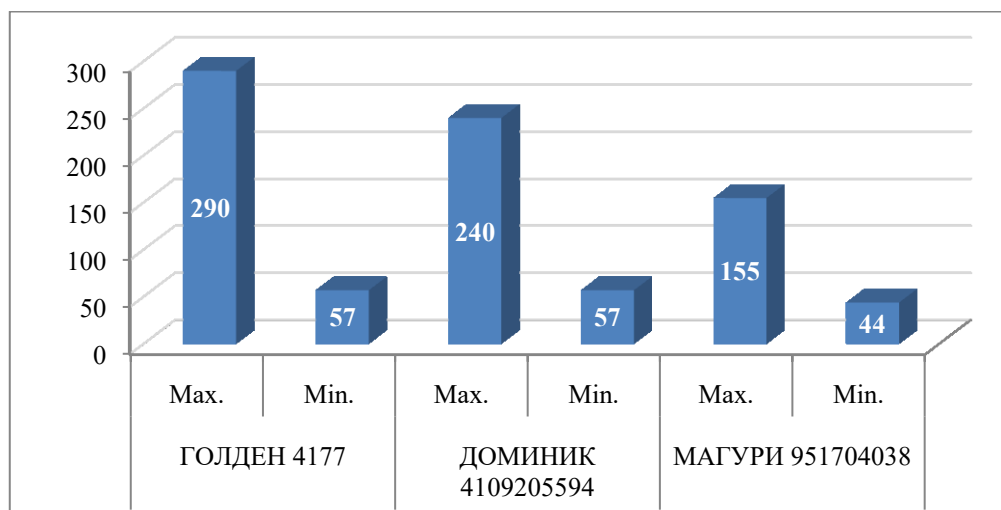


Рисунок 5. Минимальная и максимальная длительность сервис-периода у коров-первотелок по группам

Figure 5. Minimum and maximum duration of the service period for first-calf cows by groups

Выводы. Исходя из полученных в результате исследований данных по воспроизводительным качествам дочерей быков-производителей различной селекции можно сделать заключение о том, что телки от быков разных пород растут интенсивно и могут быть осе-

менены в возрасте 13–15 месяцев. Воспроизводительные функции у первотелок при хороших средних значениях, но с большим различием признаков, можно считать неудовлетворительными.

Список литературы

1. Особенности организации производства молока в агропромышленных формированиях / К. С. Терновых, Л. В. Данькова, Н. А. Золотарева, Пименов Ю. А. // Вестник ВГАУ. 2018. № 3(58). С. 148–158. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.3.148. EDN: YOINFR
2. Состояние молочной отрасли в России [Электронный ресурс]. URL: <https://milknews.ru/longridy/itogi-goda-2021-grafiki.html> (дата обращения: 03.04.2025)
3. Китаев Ю. А. Современное состояние молочного скотоводства в России // Техника и технологии в животноводстве. 2020. № 4(40). С. 101–104. EDN: ZJCQEB
4. Нежданов А., Сергеева Л., Лободин К. Интенсивность воспроизводства и молочная продуктивность коров // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 5. С. 2–4. EDN: JTCZYF
5. Тимошенко В., Музыка А. Инновационные технологии производства молока // Животноводство России. 2022. № 1. С. 43–46. DOI: 10.25701/ZZR.2022.01.01.005. EDN: BUCYSP
6. Food security maintenance based on the development of the milk and dairy market in foreign countries and Russia / O. Stolyarova, N. Sologub, O. Ulanova, Ju. Reshetkina // Scientific papers-series management economic engineering in agriculture and rural development. 2020. Том 20. № 2. С. 465–469. EDN: XEFFHC
7. Прохоренко П. Голштинская порода и ее влияние на генетический прогресс продуктивности черно-пестрого скота европейских стран и Российской Федерации // Молочное и мясное скотоводство. 2013. № 2. С. 2–7. EDN: PWVKAV
8. Зубенко Э. В. Оценка быков-производителей молочных пород по пожизненной продуктивности потомства: автореферат дисс. ... канд. с.-х. наук. Московская обл. Лесная поляна, 2015. 44 с.
9. Селионова М. И., Ковалева Г. П. Сравнительная оценка быков-производителей основных молочных пород по продуктивности дочерей // Зоотехния. 2015. № 1. С. 8–10. EDN: ТКРЕКВ
10. Продуктивное долголетие коров черно-пестрой породы в зависимости от доли крови голштинского скота / Х. З. Валитов, С. В. Карамаяев, В. А. Корнилова, Д. М. Мюллер // Инновационные технологии и ветеринарная защита при интенсивном производстве продукции животноводства: сборник материалов национальной конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2016. С. 165–169. EDN: XVVBIZ

11. Влияние быков-производителей на продуктивные качества дочерей / О. Г. Вахрамова, О. В. Бузина, Е. Г. Черемуха, А. О. Ревякин // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В. Р. Филиппова. 2024. № 1(74). С. 29–35. DOI: 10.34655/bgsha. 2024.74.1.004. EDN: UYWVDA
12. Сакса Е. И. Оценка быков-производителей голштинской породы по качеству потомства // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 5. С. 23–28. DOI: 10.33943/MMS.2020.20.46.004. EDN: UPLMIQ
13. Молочная продуктивность дочерей разных быков-производителей голштинской породы / В. В. Ляшенко, И. В. Каешова, А. В. Губина, Н. Ю. Чупшева // Нива Поволжья, 2022. № 2(62). С. 2004. DOI 10.36461/NP.2022.62.2.020. EDN: XDLGHE
14. Галушина П. С., Горелик О. В. Динамика молочной продуктивности коров-дочерей быков-производителей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4(90). С. 270–274. EDN: VMCVER
15. Новиков А. В., Пулькинова Н. А. Оценка потомков быков-производителей по группам крови и продуктивности // Вестник Курганской ГСХА. 2016. № 3(19). С. 40–43. EDN: WVQSVB
16. Мартынова Е. Н., Любимов А. И. Реализация генетического потенциала быков-производителей в зависимости от уровня продуктивности коров, используемых при подборе // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: материалы Международной научно-практической конференции (12-15 февраля 2019 г.): в 3 томах. Том 2. Ижевск, 2019. С. 73–77. EDN: XYPHRJ
17. Федосеева Н. А., Усов В. П., Шепинев Д. А. Оценка семейства крупного рогатого скота голштинизированной черно-пёстрой породы по молочной продуктивности // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 2(34). С. 39–43. EDN: ZSJJC1
18. Исупова Ю. В., Ачкасова Е. В. Перспективы использования оценки геномной племенной ценности в селекции молочного скота в условиях Удмуртской Республики // Известия Оренбургского государственного университета. 2021. № 4(90). С. 307–311. EDN: YYBQKA
19. Гурина А. А., Кудрин А. Г. Оценка молочной продуктивности дочерей импортных быков-производителей в условиях АО Племязавод «Заря» // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 1(127). URL: <https://research-journal.org/archive/1-127-2023-january/10.23670/IRJ.2023.127.99> (дата обращения: 03.02.2025). DOI: 10.23670/IRJ.2023.127.99
20. Абдулаев А. У. Эффективность использования в высокопродуктивных стадах потомков голштинских быков европейской и североамериканской селекции // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 1. С. 7–10. DOI: 10.33943/MMS.2020.11.83.002. EDN: NESBYW
21. Юмагузин И. Ф., Аминова А. Л., Седых Т. А. Продуктивное долголетие и пожизненная продуктивность дочерей голштинских быков-производителей с разными вариантами генотипа каппа-казеина // Аграрная наука. 2022. № 1. С. 60–63. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-355-1-60-63. EDN: YLNZDX

References

1. Ternovykh K.S. Organizational factors of milk production in the integrated agro-industrial formations. *Vestnik of Voronezh state agrarian university*. 2018;3(58): 148–158. (In Russ.). DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.3.148. EDN: YOINFR
2. The state of the dairy industry in Russia [Electronic resource]. URL: <https://milknews.ru/longridy/itogigoda-2021-grafiki.html> (date of access: 03.04.2025). (In Russ.)
3. Kitaev Yu.A. Current state of Russian dairy cattle breeding. *Machinery and technologies in livestock*. 2020;4(40):101–104. (In Russ.). EDN: ZJCQEB
4. Nezhdanov A., Sergeeva L., Lobodin K. Reproduction intensity and dairy productivity of cows. *Dairy and meat cattle breeding*. 2018;(5):2–4. (In Russ.). EDN: JTCZYF
5. Timoshenko V., Muzyka A. Innovative technologies in production of milk. *Animal Husbandry of Russia*. 2022. No. 1. Pp. 43–46. (In Russ.). DOI: 10.25701/ZZR.2022.01.01.005. EDN: BUCYSP
6. Stolyarova O., Sologub N. Ulanova O., Reshetkina Ju. Food security maintenance based on the development of the milk and dairy market in foreign countries and Russia. *Scientific papers-series management economic engineering in agriculture and rural development. Scientific papers. Series: management, economic engineering and rural development*. 2020;20(2)6:465–469. (In Russ.). EDN: XEFFHC
7. Prokhorenko P. Holstein breed and its impact on the genetic progress of productivity of black-and-white cattle of European countries and the Russian Federation. *Dairy and meat cattle breeding*. 2013;(2):2–7. (In Russ.). EDN: PWVKA V

8. Zubenko E.V. *Ocenka bykov-proizvoditelej molochnyh porod po pozhiznennoj produktivnosti potomstva: avtoreferat diss...kand. s.-h. nauk* [Evaluation of dairy bulls by the lifetime productivity of offspring: abstract of the dissertation of the Candidate of agricultural Sciences]. Lesnaya Polyana, Moscow region, 2015. 44 p. (In Russ.)
9. Selionova M.I., Kovaleva G.P. Comparative estimate of herd bulls of main dairy breeds on daughters productivity. *Zootechniya*. 2015;(1):8–10. (In Russ.). EDN: TKPEKB
10. Valitov Kh.Z., Karamaev S.V., Kornilova V.A., Müller D.M. Productive longevity of Black-and-White cows depending on the proportion of Holstein blood. *Innovacionnye tekhnologii i veterinarnaya zashchita pri intensivnom proizvodstve produkcii zivotnovodstva: sbornik materialov nacional'noj konferencii* [Innovative technologies and veterinary protection in intensive production of livestock products: collection of materials from the national conference]. Volgograd: Volgogradskij GAU, 2016. Pp. 165–169. (In Russ.). EDN: XVVBIZ
11. Vakhramova O.G., Buzina O.V., Cheremukha E.G., Revyakin A.O. Influence of servicing bulls on the productive qualities of daughters. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2024;1(74):29–35. (In Russ.). DOI: 10.34655/bgsha. 2024.74.1.004. EDN: UYWVDA
12. Saksa E.I. Evaluation of bulls-producers of the Holstein breed by the quality of offspring. *Dairy and meat cattle breeding*. 2020;(5):23–28. (In Russ.). DOI: 10.33943/MMS.2020.20.46.004. EDN: UILMIQ
13. Lyashenko V.V., Kaeshova I.V., Gubina A.V., Chupsheva N.Yu. Milk productivity of daughters of different sires of the Holstein breed. *Niva Povolzhya*. 2022;2(62):2004. (In Russ.). DOI: 10.36461/NP.2022.62.2.020. EDN: XDLGHE
14. Galushina P.S., Gorelik O.V. Dynamics of dairy productivity of cows-daughters of bulls-producers. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021;4(90):270–274. (In Russ.). EDN: VMCVEP
15. Novikov A.V., Pulnikova N.A. Estimation of bulls-producers' descendants on blood groups and efficiency. *Vestnik Kurganskoj GSHA*. 2016;3(19):40–43. (In Russ.). EDN: WVQSVB
16. Martynova E.N., Lyubimov A.I. Realization of the genetic potential of breeding bulls depending on the productivity level of cows used in selection. *Agrarnaya nauka – sel'skohozyajstvennomu proizvodstvu: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (12–15 fevralya 2019 g.): v 3 tomah. Tom 2* [Agrarian science – for agricultural production: materials of the International scientific and practical conference (February 12–15, 2019): in 3 volumes. Volume 2]. Izhevsk, 2019. Pp. 73–77. (In Russ.). EDN: XYPHRJ
17. Fedoseeva N.A., Usov V.P., Shepinev D.A. Livestock family estimation of holsteinized black-motley breed according to milk productivity. *Vestnik Kurganskoj GSHA*. 2020;2(34):39–43. (In Russ.). EDN: ZSJJCI
18. Isupova Yu.V., Achkasova E.V. Prospects for using the assessment of the genomic breeding value in the selection of dairy cattle in the conditions of the Udmurt Republic. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021;4(90):307–311. (In Russ.). EDN: YYBQKA
19. Gurina A.A., Kudrin A.G. An evaluation of milk productivity of daughters of imported servicing bulls in the breeding farm Zarya JSC. *International Research Journal*. 2023;1(127). URL: <https://research-journal.org/archive/1-127-2023-january/10.23670/IRJ.2023.127.99> (date of access: 03.02.2025). (In Russ.). DOI: 10.23670/IRJ.2023.127.99
20. Abdulaev A.U. Efficiency of breedings in highly productive herds of offsprings of Holstein bulls of selection of the countries of Europe and North America. *Dairy and meat cattle breeding*. 2020;(1):7–10. (In Russ.). DOI: 10.33943/MMS.2020.11.83.002. EDN: NESBYW
21. Yumaguzin I.F., Aminova A.L., Sedykh T.A. Productive longevity and lifelong productivity of daughters of Holstein bulls-producers with different variants of kappa-casein genotype. *Agrarian Science*. 2022;(1):60–63. (In Russ.). DOI: 10.32634/0869-8155-2022-355-1-60-63. EDN: YLNZDX

Сведения об авторах

Горелик Артем Сергеевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры безопасности в ЧС, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС», SPIN-код: 1355-7900

Горелик Ольга Васильевна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет», SPIN-код: 4653-0127, ResearcherID: B-6481-2019, Scopus ID: 57195346514

Харлап Светлана Юрьевна – кандидат биологических наук, доцент, зав. кафедрой техносферной и экологической безопасности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет, SPIN-код: 5033-1278, ResearcherID: W-6298-2018, Scopus ID: 57208038464

Ражина Ева Валерьевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет», SPIN-код: 6497-8991

Information about the authors

Artem S. Gorelik – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Safety in Emergency Situations, Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations, SPIN-code: 1355-7900

Olga V. Gorelik – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor, Department of Biotechnology and Food Products, Ural State Agrarian University, SPIN-code: 4653-0127, ResearcherID: B-6481-2019, Scopus ID: 57195346514

Svetlana Yu. Kharlap – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Department of Technosphere and Environmental Safety, Ural State Agrarian University, SPIN-code: 5033-1278, ResearcherID: W-6298-2018, Scopus ID: 57208038464

Eva V. Razhina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Biotechnology and Food Products, Ural State Agrarian University, SPIN-code: 6497-8991

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 19.11.2025;
одобрена после рецензирования 02.12.2025;
принята к публикации 09.12.2025.*

*The article was submitted 19.11.2025;
approved after reviewing 02.12.2025;
accepted for publication 09.12.2025.*

Научная статья

УДК 636.2

DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-63-69

Хозяйственно-полезные признаки калмыцкого скота в условиях Кабардино-Балкарии

Николай Николаевич Тищенко^{✉1}, Ислам Султанович Губаев²,
Мадина Хазреталиевна Пежева³, Индира Хасеновна Махова⁴,
Джультетта Каральбиевна Кожаева⁵

^{1,2}Донской государственный аграрный университет, улица Кривошлыкова, 24, поселок Персиановский, Ростовская область, Россия, 346493

^{3,4,5}Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

^{✉1}evgeniyagnedko@yandex.ru

²evgeniyagnedko@yandex.ru

³mpiezhieva@mail.ru

⁴machova.indira@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-6830-0642>

⁵kozhaeva-52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2704-1959>

Аннотация. Развитие специализированного мясного скотоводства с целью обеспечения продовольственной безопасности, а также повышения удельного веса продукции мясного скотоводства в мясном балансе страны является актуальным направлением. В последние годы, независимо от плана породного районирования, во многих хозяйствах стали заниматься разведением калмыцкого скота, характер реализации хозяйственно-полезных признаков которых изучен недостаточно. Одним из ведущих хозяйств по разведению калмыцкого скота в КБР является племрепродуктор ООО «Дарган» Черекского района, маточное поголовье которого составляет более 300 коров. Установлено, что во все возрастные периоды бычки характеризуются более высокими значениями живой массы по сравнению с телками, что обусловлено проявлением полового диморфизма. Указанное различие по живой массе между группами бычков и телок составляет при рождении 8,0%. С возрастом величина различий между группами по живой массе увеличивается и составляет в 8-месячном возрасте 9,1%, в годовалом возрасте 10,4%, в 15-месячном возрасте 19,6% и в 18-месячном возрасте 25,1%. За весь период выращивания от рождения до 18-месячного возраста абсолютные приросты живой массы бычков составили 441 кг, что выше, чем у телок, на 19,5%. Подобные различия выявлены и по абсолютным среднесуточным приростам живой массы. Во все возрастные периоды животные калмыцкой породы по живой массе отвечают требованиям стандарта для своей породы. Рекомендовано формирование групп ремонтного молодняка калмыцкой породы проводить с учетом возраста матерей.

Ключевые слова: калмыцкая порода, мясная продуктивность, живая масса, интенсивность роста, возраст

Для цитирования: Тищенко Н. Н., Губаев И. С., Пежева М. Х., Махова И. Х., Кожаева Д. К. Хозяйственно-полезные признаки калмыцкого скота в условиях Кабардино-Балкарии // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 4(50). С. 63–69. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-63-69

Original article

Economically Valuable Traits of Kalmyk Cattle in the Kabardino-Balkarian Republic

Nikolay N. Tishchenko^{✉1}, Islam S. Gubaev², Madina Kh. Pezheva³,
Indira Kh. Makhova⁴, Dzhul'etta K. Kozhaeva⁵

^{1,2}Don State Agrarian University, 24 Krivoshlykova Street, Persianovsky Settlement, Rostov Region, Russia, 346493

^{3,4,5}Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

^{✉1}evgeniyagnedko@yandex.ru

²evgeniyagnedko@yandex.ru

³mpiezhieva@mail.ru

⁴makhova.indira@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-6830-0642>

⁵kozhaeva-52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2704-1959>

Abstract. The development of specialized beef cattle breeding to ensure food security and increase the share of beef cattle in the country's meat balance is a pressing issue. In recent years, regardless of the breed zoning plan, many farms have begun breeding Kalmyk cattle, but the nature of their economically valuable traits remains insufficiently studied. One of the leading Kalmyk cattle breeding farms in the Kabardino-Balkarian Republic is the Dargan breeding farm in the Chereksky District, with a breeding herd of over 300 cows. It has been established that, at all ages, bulls have higher live weights than heifers, due to sexual dimorphism. The difference in live weight between bulls and heifers at birth is 8.0%. With age, the differences between the groups in live weight increase and amount to 9.1% at 8 months, 10.4% at one year, 19.6% at 15 months, and 25.1% at 18 months. Over the entire rearing period from birth to 18 months, the absolute live weight gain of bull calves was 441 kg, which is 19.5% higher than that of heifers. Similar differences were also found in the absolute average daily live weight gain. At all ages, Kalmyk breed animals meet the requirements of breed standard for live weight. It is recommended to form groups of Kalmyk breed replacement calves taking into account the age of their mothers.

Keywords: Kalmyk breed, meat productivity, live weight, growth rate, age

For citation: Tishchenko N.N., Gubaev I.S., Pezheva M.Kh., Makhova I.Kh., Kozhaeva D.K. Economically Valuable Traits of Kalmyk Cattle in the Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;4 (50).63–69. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-63-69

Введение. Кабардино-Балкарская Республика (КБР) располагает более 150 тыс. га отгонных пастбищ, которые служат важным составляющим для развития животноводства и кормопроизводства. В РФ в настоящее время уделяется много внимания развитию специализированного мясного скотоводства с целью обеспечения продовольственной безопасности, а также повышения удельного веса продукции мясного скотоводства в мясном балансе страны. При этом плановой породой крупного рогатого скота мясного направления продуктивности является абердин-

ангусская, на основе которой функционировали племенные и товарные стада. Среднесуточные приросты животных абердин-ангусской породы на горных пастбищах достигали 800–1100 г. Между тем в последние годы, независимо от плана породного районирования, во многих хозяйствах стали заниматься разведением калмыцкого скота, характер реализации хозяйственно-полезных признаков которого изучен недостаточно. Одним из ведущих хозяйств по разведению калмыцкого скота в КБР является племрепродуктор ООО «Дарган» Черекского района,

маточное поголовье которого составляет более 300 коров.

Цель исследования – изучить хозяйственно-полезные признаки скота калмыцкой породы в зависимости от паратипических факторов.

Для реализации указанной цели определена **задача** – изучение динамики живой массы и интенсивности роста молодняка калмыцкой породы, а также зависимости живой массы молодняка калмыцкой породы от возраста матерей и распределения коров стада по живой массе.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые в условиях предгорной и горной зон Северокавказского региона в условиях отгонно-горного содержания изучены хозяйственно-полезные признаки калмыцкого скота.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования по изучению хозяйственно-полезных признаков калмыцкого скота проводились в условиях племрепродуктора «Дарган» Черекского района КБР с использованием материалов зоотехнического и племенного учета, а также методом бонитировки. В хозяйстве принята обычная технология содержания мясного скота. Молодняк содержат под матерями в подсосный период. После отбивки молодняк содержат группами в зависимости от пола. В хозяйстве практикуется отгонно-горное содержание всех половозрастных групп в период с весны до поздней осени. В зимний период животные находятся на присельских пастбищах, подкармливаются грубыми кормами и концентратами. В период непогоды молодняк содержится в стойлах под навесом группами по 25–30 голов. В период

с 12- до 18-месячного возраста бычки содержатся на горных пастбищах на нагуле, подкармливаются концентратами и минеральными веществами промышленного производства. Содержание телок в указанный период аналогично бычкам – наряду с пастбищной травой получают только минеральную подкормку. В хозяйстве практикуются туровые отелы в весенний период. Исследованиям подвергалась генеральная совокупность молодняка калмыцкой породы. Изучение живой массы молодняка проводилось при рождении одновременно с мечением, в возрасте 205 дней, в 8-, 12-, 15- и 18-месячном возрасте методом индивидуальных взвешиваний.

Данные, полученные в процессе проведения исследований, обработаны методом вариационной статистики.

Результаты исследования. Для характеристики общего развития организма животного в целях проведения селекционно-племенной работы используются различные признаки [1–4]. В мясном скотоводстве для этой цели используется показатель живой массы, реализация которой обуславливается влиянием наследственности и паратипических факторов [5–13]. Различия между показателями живой массы в зависимости от половой принадлежности обусловлены проявлением полового диморфизма. Выявленное различие по живой массе между группами бычков и телок при рождении, характеризующее половой диморфизм, составляет 8,0%. С возрастом половой диморфизм по живой массе увеличивается и составляет в 8-месячном возрасте 9,1%, в годовалом возрасте 10,4%, в 15-месячном возрасте 19,6% и в 18-месячном возрасте 25,1% (табл. 1).

Таблица 1. Динамика живой массы и абсолютных приростов молодняка калмыцкой породы
Table 1. Dynamics of live weight and absolute growth of young Kalmyk cattle

Возраст	Живая масса, кг		Возрастные периоды	Абсолютные приросты, кг / Среднесуточные приросты, г	
	бычки (n=140)	телки (n=125)		бычки (n=140)	телки (n=125)
В возрасте 205 дней	228	209	205 дней – 8 мес.	5/100	2/50
8 мес.	233	211	8–12 мес.	78/650	72/600
12 мес.	311	283	12–15 мес.	85/944	48/533
15 мес.	396	331	15–18 мес.	72/800	43/477
18 мес.	468	374	0–18 мес.	441/817	369/683

Важно отметить, что создаваемые условия кормления и содержания молодняка калмыцкой породы способствуют реализации потенциала интенсивности роста, о чем свидетельствуют приведенные показатели живой массы бычков и телок, соответствующие требованиям стандарта для данной породы.

Изучение абсолютных приростов живой массы молодняка выявило на начальных этапах постэмбрионального периода у бычков и телок калмыцкой породы высокие показатели интенсивности роста. Абсолютные приросты живой массы за период от рождения до 205-дневного возраста составляли у бычков 201 кг, у телок 184 кг (с разницей 16 кг, или 9,2%), а абсолютные среднесуточные приросты живой массы составляли 980 и 897 г соответственно. В дальнейшем в обеих подопытных группах происходило снижение показателей интенсивности роста, связанное с отбивкой от матерей и переходом на другие кормовые условия. С 8-месячного до годовалого возраста, т.е. в зимний стойловый период, у бычков и телок абсолютные приросты живой массы составили 78 и 72 кг соответственно, а абсолютные среднесуточные приросты живой массы 650 и 600 г соответственно. С 12-месячного возраста до возраста первой случки животные калмыцкой породы росли с различной интенсивностью. В указанный период среднесуточные приросты живой массы составили 650 г у бычков и 600 г у телок, что является также проявлением полового диморфизма. В последующие периоды интенсивность роста бычков была значительно выше, чем у телок, что обусловлено питательной ценностью рациона, составной частью которого являются концентраты.

В целом за весь период выращивания от рождения до 18-месячного возраста половой диморфизм по абсолютным приростам живой массы составил 19,5%. Подобные различия выявлены и по абсолютным среднесуточным приростам живой массы.

Многочисленными исследованиями установлена зависимость живой массы молодняка калмыцкой породы от возраста матерей. При этом живая масса молодняка в возрасте 205 дней зависит от молочности коров (табл. 2).

Таблица 2. Зависимость живой массы молодняка калмыцкой породы от возраста матерей
Table 2. Dependence of live weight of young Kalmyk breed on the age of mothers

Возраст матерей	Живая масса молодняка в возрасте 205 дней, кг			
	n	бычки	n	телки
1 отел	34	207	26	205
2 отел	25	233	22	230
3 отел и старше	91	242	80	240

Анализ указанной зависимости показал, что полученные от коров первого отела бычки и телки в возрасте 205 дней имеют живую массу 207 и 205 кг, что соответствует самым высоким классам данной породы. Молодняк, полученный от коров второго отела, значительно превосходит потомство от коров первого отела, что составляет у бычков 26 кг и у телок 25 кг, или 12,6 и 12,2% соответственно. Более высокие показатели живой массы молодняка в возрасте 205 дней наблюдаются у потомков коров 3 отела и старше по сравнению с потомками коров младшего возраста. Молодняк, полученный от коров 3 отела и старше, превосходит таковых от коров 2 отела на 3,9 и 4,3%, а от коров-первотелок – на 16,9 и 17,1% соответственно.

Приведенные данные позволяют сделать заключение о том, что формирование групп ремонтного молодняка калмыцкой породы целесообразно проводить с учетом возраста матерей.

Для анализа состояния стада коров калмыцкой породы по живой массе авторами составлен вариационный ряд маточного поголовья коров в зависимости от возраста (табл. 3).

Установлено, что в стаде калмыцкого скота живая масса коров-первотелок составляет 440 кг. С возрастом происходит увеличение живой массы, в результате чего данный показатель составил у коров 4 лет 484 кг, а у коров 5 лет и старше 521 кг. Средние показатели живой массы маточного поголовья коров калмыцкой породы составили 501 кг. Важно отметить, что во все возрастные периоды животные калмыцкой породы по живой массе отвечают требованиям стандарта для своей породы.

Таблица 3. Вариационный ряд по живой массе поголовья коров в зависимости от возраста

Table 3. Variation in live weight of cows by age

Группа коров в возрасте	n	Границы классов						Средняя живая масса, кг
		351–400	401–450	451–500	501–550	551–600	более 600	
3 лет	60	3	51	3	2	1		440
4 лет	47		1	39	5	2		484
5 лет и старше	191	4	32	41	109	3	2	526
Итого по стаду	298	7	84	83	116	6	2	501

Анализ проведенных исследований позволяет сделать следующие **выводы**:

– различия по абсолютным приростам живой массы между бычками и телками за период от рождения до 205-дневного возраста составили 16 кг, или 9,2%, а абсолютные среднесуточные приросты живой массы составили 980 и 897 г соответственно;

– установлена зависимость живой массы молодняка калмыцкой породы от возраста матерей. Молодняк, полученный от коров

3 отела и старше, превосходит потомство от коров 2 отела на 3,9 и 4,3%, а от коров – первотелок – на 16,9 и 17,1% соответственно;

– формирование групп ремонтного молодняка калмыцкой породы целесообразно проводить с учетом возраста матерей;

– животные калмыцкой породы разных половозрастных групп во все возрастные периоды отвечают требованиям стандарта для своей породы.

Список литературы

1. Тарчоков Т. Т. Особенности роста голштинизированных телок в условиях Кабардино-Балкарии // Молочное и мясное скотоводство. 1999. № 6. С. 8–9. EDN: IZTMPX
2. Тарчоков Т. Т., Борукаев М. Х. Развитие телок различного происхождения // Молочное и мясное скотоводство. 1991. № 3. С. 22.
3. Дадов Р. М., Тарчоков Т. Т. Влияние кровности по голштинской породе на характер наследования удоя и типа конституции коров // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2006. Т. 1. № 1. С. 43–45. EDN: ONJPFХ
4. Борукаев М. Х., Тарчоков Т. Т. Молочная продуктивность голштинизированных коров в Кабардино-Балкарии // Зоотехния. 1992. № 1. С. 8. EDN: HRRQJSJ
5. Иммуногенетическая характеристика абердин-ангусского скота в Кабардино-Балкарии / Р. Б. Нахушев, М. Г. Тлейншева, Ф. А. Вологирова [и др.] // Аграрная Россия. 2015. № 3. С. 16–17. EDN: TLGGCF
6. Современные технологии производства говядины / Т. Т. Тарчоков, В. Н. Приступа, Д. С. Торосян [и др.] // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 4(38). С. 57–64. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-4-38-57-64. EDN: ASNUVF
7. Кахиров Н. Д., Тлейншева М. Г., Тарчоков Т. Т. Особенности роста и мясной продуктивности голштинизированных бычков-кастратов в предгорной зоне Кабардино-Балкарии // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2010. № 22. С. 123–126. EDN: MWCGRF
8. Полиморфизм генов *fasn* и *dgat1* у мясного скота и их связь с параметрами фенотипа / Р. З. Абдулхаликов, М. М. Шахмурзов, Т. Т. Тарчоков [и др.] // Аграрный научный журнал. 2024. № 8. С. 61–66. DOI: 10.28983/asj.y2024i8pp61-66. EDN: BJCLSO
9. Экономическая эффективность использования высокой энергии роста бычков / Р. З. Абдулхаликов, М. М. Шахмурзов, Т. Т. Тарчоков, А. Ф. Шевхужев // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 3(37). С. 58–65. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-58-65. EDN: GUGEOJ

10. Мясная продуктивность и качество мяса молодняка калмыцкой и лимузинской пород в условиях предгорной зоны Чеченской Республики / М. О. Байтаев, В. А. Анзоров, Т. Т. Тарчоков [и др.] // Вестник Чеченского государственного университета им. А. А. Кадырова. 2015. № 3(19). С. 112–116. EDN: VCQDV
11. Байтаев М.О., Анзоров В.А., Тарчоков Т.Т., Абасов М.Ш. Факторы, определяющие продуктивность мясных пород крупного рогатого скота в условиях равнинной и горной зон Чеченской Республики // Ежегодная итоговая конференция профессорско-преподавательского состава Чеченского государственного университета. Сер. «Естественные науки». 2016. С. 213–216.
12. Дукаева Х. Х., Байтаев М. О., Тарчоков Т. Т. Рост и развитие молодняка калмыцкой и лимузинской пород // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2010. № 27. С. 140–143. EDN: NCBYEF
13. Байтаев М. О., Тарчоков Т. Т., Анзоров В. А. Продуктивность мясных пород крупного рогатого скота в условиях горных районов Чеченской Республики // IV Ежегодная итоговая конференция профессорско-преподавательского состава Чеченского государственного университета. 2015. С. 156–158. EDN: MKFLJH

References

1. Tarchokov T.T. Features of growth of Holsteinized heifers in the conditions of Kabardino-Balkaria. *Dairy and meat cattle breeding*. 1999;(6):8–9. (In Russ.). EDN: IZTMPX
2. Tarchokov T.T., Borukaev M.Kh. Development of heifers of different origins. *Dairy and meat cattle breeding*. 1991;(3):22. (In Russ.)
3. Dadov R.M., Tarchokov T.T. The influence of Holstein bloodline on the inheritance pattern of milk yield and body type of cows. *Sbornik nauchnyh trudov Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva* [Collection of scientific papers of the Stavropol Research Institute of Animal Husbandry and Forage Production]. 2006. Vol. 1. No. 1. Pp. 43–45. (In Russ.). EDN: ONJPFX
4. Tarchokov T.T. Productivity of crossbred cows. *Zootechniya*. 1992;(1):8. (In Russ.). EDN: HRRQSJ
5. Nakhshiev R.B., Tleynsheva M.G., Vologirova F.A. [et al.]. Immunogenetic characteristic of aberdeen – angus cattle in Kabardino-Balkaria. *Agrarian Russia*. 2015;(3):16–17. (In Russ.). EDN: TLGGCF
6. Tarchokov T.T., Pristupa V.N., Torosyan D.S. [et al.]. Modern beef production technologies. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022;4(38):57–64. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-4-38-57-64. EDN: ASNUVF
7. Kakhirov N.D., Tleynsheva M.G., Tarchokov T.T. Features of growth and meat productivity of Holsteinized castrated bulls in the foothill zone of Kabardino-Balkaria. *Proceedings of the Kuban state agrarian university*. 2010;(22):123–126. (In Russ.). EDN: MWCGRF
8. Abdulkhalikov R.Z., Shakhmurzov M.M., Tarchokov T.T. [et al.]. Polymorphism of *fasn* and *dgat1* genes in beef cattle and their relationship with phenotype parameters. *Agrarian scientific journal*. 2024;(8):61–66. (In Russ.). DOI: 10.28983/asj.y2024i8pp61-66. EDN: BJCLSO
9. Abdulkhalikov R.Z., Shakhmurzov M.M., Tarchokov T.T., Shevkuzhev A.F. Economic efficiency of using high energy of bulls' growth. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022;3(37):58–65. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-58-65. EDN: GUGEOJ
10. Baytayev M.O., Anzorov V.A., Tarchokov T.T. [et al.]. Meat productivity and meat quality of young Kalmyk and Limousin breeds in the foothill zone of the Chechen Republic. *Bulletin of the Kadyrov Chechen state university*. 2015;3(19):112–116. (In Russ.). EDN: VCQDV
11. Baytaev M.O., Anzorov V.A., Tarchokov T.T., Abasov M.Sh. Factors determining the productivity of beef cattle breeds in the conditions of the lowland and mountain zones of the Chechen Republic. *Ezhegodnaya itogovaya konferenciya professorsko-prepodavatel'skogo sostava Chechenskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. "Estestvennyye nauki"* [Annual final conference of the faculty of the Chechen State University. Series "Natural Sciences"]. 2016. Pp. 213–216. (In Russ.).
12. Duкаева H.H., Байтаев M.O., Тарчоков T.T. Growth and development of young animals of the Kalmyk and Limousin breeds. *Proceedings of the Kuban state agrarian university*. 2010;(27):140–143. (In Russ.). EDN: NCBYEF
13. Baytaev M.O., Tarchokov T.T., Anzorov V.A. Productivity of beef cattle breeds in the mountainous regions of the Chechen Republic. *IV Ezhegodnaya itogovaya konferenciya professorsko-prepodavatel'skogo sostava Chechenskogo gosudarstvennogo universiteta* [IV Annual final conference of the faculty of the Chechen State University]. 2015. Pp. 156–158. (In Russ.). EDN: MKFLJH

Сведения об авторах

Тищенко Николай Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены имени П. Е. Ладана, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 8679-4890

Губаев Ислам Султанович – ассистент кафедры физического воспитания, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет» SPIN-код: 4838-5716

Пежева Мадина Хазреталиевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 8207-4947

Махова Индира Хасеновна – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 1430-6973

Кожеева Джульетта Каральбиевна – доктор биологических наук, профессор кафедры «Зоотехния и ветеринарно-санитарная экспертиза», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2422-6775

Information about the authors

Nikolai N. Tishchenko – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Farm Animal Breeding, Private Animal Science, and Animal Hygiene named after P.E. Ladan, Don State Agrarian University, SPIN-code: 8679-4890, Author ID: 451815

Islam S. Gubaev – Assistant Professor, Department of Physical Education, Don State Agrarian University, SPIN-code: 4838-5716

Madina Kh. Pezheva – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Animal Science and Veterinary-Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 8207-4947, Author ID: 805149

Indira Kh. Makhova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Animal Science and Veterinary-Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 1430-6973

Dzhul'etta K. Kozhaeva – Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Animal Science and Veterinary-Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2422-6775

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 19.11.2025;
одобрена после рецензирования 03.12.2025;
принята к публикации 09.12.2025.*

*The article was submitted 19.11.2025;
approved after reviewing 03.12.2025;
accepted for publication 09.12.2025.*

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса
Technologies, Machines and Equipment for the Agro-industrial Complex

Научная статья
УДК 631.372
DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-70-76

**Выбор оптимальных масс и скоростей машинно-тракторных агрегатов
с учетом уплотняющего воздействия на почву**

Руслан Асланбиевич Балкаров^{✉1}, Заур Измайлович Мизиев²

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

^{✉1}rus.balkarov.52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8946-7867>

²zaur.misiev@mail.ru

Аннотация. Для повышения эффективности сельского хозяйства необходимо не только сохранение, но также требуется значительное улучшение всех компонентов природной среды, включая как естественные, так и искусственные составляющие в экологических системах. Полученные статистические данные по России утверждают, что ежегодный недобор урожая только по зерновым культурам в связи с чрезмерным уплотнением почвы вследствие работы тяжелой техники достигает 20–30 млн т, а перерасход топлива составляет 2,5–3 млн т. Вредное воздействие машинно-тракторных агрегатов (МТА) на почву выражается в ухудшении таких физических свойств, как плотность, твердость, пористость, структурное состояние, влаго- и воздухопроницаемость и др. Это в конечном итоге приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур при одновременном росте удельных энергозатрат в расчете на единицу выполненной работы. Задача заключается в выборе таких масс и скоростей МТА, при которых удельные энергозатраты и отрицательное воздействие на почву будут минимальными в заданных условиях. Вопросы расхода энергии и уплотнения почвы наиболее актуальны для тяговых агрегатов, поэтому исследование проводится на их примере.

Ключевые слова: машинно-тракторные агрегаты, выбор оптимальных масс и скоростей, учет уплотняющего воздействия на почву, минимальные удельные энергозатраты

Для цитирования: Балкаров Р. А., Мизиев З. И. Выбор оптимальных масс и скоростей машинно-тракторных агрегатов с учетом уплотняющего воздействия на почву // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 4(50). С. 70–76. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-70-76

Original article

**Selection of optimal weights and speeds of machine and tractor units,
taking into account the compacting effect on the soil**

Ruslan A. Balkarov^{✉1}, Zaur I. Miziev²

Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue,
Nalchik, Russia, 360030

^{✉1}rus.balkarov.52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8946-7867>

²zaur.misiev@mail.ru

Abstract. Improving agricultural efficiency requires not only preserving but also significantly improving all components of the natural environment, including both natural and artificial components in ecological systems. Statistical data obtained for Russia indicate that annual yield losses for grain crops alone, due to excessive soil compaction caused by heavy machinery, reach 20–30 million tons, while excess fuel consumption amounts to 2.5–3 million tons. V.P. Goryachkin noted that when selecting the weights and speeds of agricultural machinery and implements, it is necessary to consider simultaneously the resulting positive and negative effects. Specifically, he notes the need to account for increased energy consumption, as well as soil compaction by tractors. In other works, the author has primarily considered the justification for the weights and speeds of machine-tractor units (MTU) from the perspective of reducing energy consumption. In this article, in accordance with V. P. Goryachkin's ideas, an interconnected solution to the problem of reducing energy consumption due to soil compaction during MTU operation is proposed. Its detrimental impact on the soil is manifested in the deterioration of physical properties such as density, hardness, porosity, structural condition, moisture and air permeability, etc. This ultimately leads to a decrease in agricultural yields while simultaneously increasing specific energy consumption per unit of work performed. The challenge is to select MTU weights and speeds that minimize specific energy consumption and negative impact on the soil under given conditions. Energy consumption and soil compaction issues are most relevant for traction units, so the following discussions are conducted using them as an example.

Keywords: MTU, selection of optimal masses and speeds, consideration of the soil's compaction effect, and minimum specific energy consumption

For citation: Balkarov R.A., Miziev Z.I. Selection of optimal weights and speeds of machine and tractor units, taking into account the compacting effect on the soil. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;4(50):70–76. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-70-76

Введение. Экологи небезосновательно утверждают, что высокоразвитые технологии производства не могут принести обществу ожидаемой социально-экономической пользы, если они наносят ущерб природе.

Для повышения эффективности сельского хозяйства необходимо не только сохранение, но также требуется значительное улучшение всех компонентов природной среды включая как естественные, так и искусственные составляющие в экологических системах [1].

Проиллюстрируем это на примере развития мобильной сельскохозяйственной техники. Так, в СССР в период 1964–1992 гг. были внедрены колесные тракторы К-700 и Т-150К, масса которых в 2,5–3,5 раза больше, чем у предшественников. За последние десятилетия во много раз увеличилась масса уборочных комбайнов, машин для внесения удобрений и других транспортных средств. Подобная картина наблюдается и за рубежом. Например, в США и в развитых странах Европы масса колесных и гусеничных тракторов увеличилась в 1,7 раза. При этом повышается также давление движителей на почву. Все это привело к тому, что значительно уменьшилась урожайность различных культур из-за уплотнения почвы.

Полученные статистические данные по России утверждают, что ежегодный недобор урожая только по зерновым культурам в связи с чрезмерным уплотнением почвы вследствие работы тяжелой техники достигает 20–30 млн т, а перерасход топлива составляет 2,5–3 млн т [2].

Подобные результаты характерны и для других стран. Например, в США, уплотнение почвы машинами считается национальной проблемой. По данным специалистов, только в Калифорнии уплотненные почвы составляют 0,8 млн га, что значительно увеличивают затраты на обработку почвы, а еще до 24 млн га почвы близки к этому состоянию. Предположительный ущерб при этом составляет 1,5 млрд долл. Урожай зерновых уменьшился на 9–14% [4].

Необходимо отметить также, что, помимо уплотнения почвы тяжелыми машинами, под влиянием буксования тракторов одновременно происходит интенсивное разрушение структуры почвы [5, 6].

Известно, что академиком В. П. Горячкиным были сформулированы закономерности земледельческой механики.

Согласно этому тезису технику следует рассматривать только в связи с живой природой и живыми организмами, так как задача агротехники, опирающейся на машинные технологии, – не разрушать, а беречь и приумножать богатства природы.

В работах [5, 6] В. П. Горячкин указывал, что при выборе масс и скоростей сельскохозяйственных машин и орудий необходимо одновременно учитывать возникающие положительные и отрицательные явления.

Отмечается, в частности, необходимость учета увеличения затрат энергии, а также уплотнения почвы поля вследствие работы тракторов. Вопросы обоснования масс и скоростей машинно-тракторных агрегатов (МТА) в других работах автора рассматривались в основном с позиции снижения расхода энергии.

В данной статье в соответствии с идеями В. П. Горячкина осуществлено взаимосвязанное решение задач уменьшения расхода энергии, уплотняющего воздействия на почву при работе МТА, которое выражается в ухудшении таких физических свойств, как плотность, твердость, пористость структурное состояние, влаго- и воздухопроницаемость и др., это в конечном итоге приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур при одновременном росте удельных энергозатрат в расчете на единицу выполненной работы [7].

Цель исследования – выбор оптимальных масс и скоростей МТА с учетом уплотняющего воздействия на почву.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследование проводилось методами поиска экстремума, теории вероятностей, динамики МТА. Объекты исследования – МТА для основной обработки почвы.

Результаты исследования. Задача заключается в выборе таких масс и скоростей МТА, при которых удельные энергозатраты и отрицательное воздействие на почву будут минимальными в заданных условиях. Вопросы расхода энергии и уплотнения почвы наиболее актуальны для тяговых агрегатов, поэтому исследование проводится на их примере [8].

Удельные энергозатраты определяются из равенства:

$$E = N_{\text{н}} \varepsilon_N / Vv = k_a / \eta_{\text{т}}, \quad (1)$$

где

E – удельные энергозатраты, Дж/м²;
 $N_{\text{н}}$ – номинальная мощность двигателя, Вт;

ε_N – допустимый коэффициент загрузки двигателя;

B – ширина захвата агрегата, м;

V – рабочая скорость, м/с;

k_a – удельное тяговое сопротивление машин и сцепки, Н/м;

$\eta_{\text{т}}$ – тяговый КПД трактора.

При этом:

$$k_a = k_0 + k_1 V = k_0 [1 + \mu V_{\text{т}} (1 - \delta)], \quad (2)$$

$$\eta_{\text{т}} = \eta_{\text{м}} \left(1 - \frac{f g V_{\text{т}}}{\varepsilon \varepsilon_N \eta_{\text{м}}}\right) (1 - \delta), \quad (3)$$

$$\delta = \frac{a \varphi_{\text{кр}}}{f - \varphi_{\text{кр}}} = \frac{a (\varepsilon \varepsilon_N \eta_{\text{м}} / g V_{\text{т}} - f)}{b + f \frac{\varepsilon}{g V_{\text{т}} \varepsilon_N \eta_{\text{м}}}}, \quad (4)$$

где

$\mu = k_1 / k_0$ – постоянная часть удельного сопротивления при $V_0 \approx 1,4$ м/с;

k_1 – коэффициент, характеризующий прирост удельного сопротивления при увеличении скорости агрегата на 1 м/с начиная с V_0 ;

$V_{\text{т}}$ – теоретическая скорость, м/с;

δ – коэффициент буксования;

$\eta_{\text{м,ф}}$ – КПД трансмиссии и коэффициент сопротивления качению трактора;

$\varepsilon = N_{\text{н}} / m$ – энергонасыщенность трактора, Вт/кг;

m – эксплуатационная масса трактора, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

a, b – эмпирические коэффициенты;

$\varphi_{\text{кр}}$ – коэффициент использования эксплуатационного веса трактора [9].

На основании формул (1–4) можно обосновать оптимальное соотношение энергонасыщенности трактора (ε) и скорости (V), при котором удельные энергозатраты (E) будут минимальными в заданных условиях [10–12].

Такой подход изложен и в других работах автора. Однако для комплексной оценки влияния масс и скоростей МТА на показатели их работы необходимо учитывать также и уплотняющее воздействие их на почву [13, 14]. Важнейшее значение при этом приобретает правильный выбор наиболее полно характеризующего оценочного критерия. Можно воспользоваться в данном случае идеей В. П. Горячкина, который в качестве общей меры воздействия сельскохозяйственного орудия на обрабатываемый материал предложил импульс силы.

Основное воздействие МТА на почву производит сила тяжести трактора ($G = m g$) и касательная сила тяги (P_k), которые действуют соответственно по нормали и параллельно поверхности обрабатываемой площади. Вызываемые этими силами деформации почвы в соответствии с механикой грунтов подразделяются на объемные сжатия и сдвиг.

При прочих разных условиях желательно, чтобы суммарное отрицательное воздействие силы тяжести и касательной силы тяги трактора на почву было минимальным. Соответственно, минимальным должен быть и суммарный удельный импульс этих сил, приходящихся на единицу обработанной площади:

$$J = \sqrt{(m g t)^2 + (P_k t)^2} / B l, \quad (5)$$

где

J – удельный импульс, (кгм/с)/м²;

P_k – касательная сила тяги трактора, Н;

t – продолжительность рабочего хода агрегата, с;

l – длина рабочего пути, м;

B – ширина захвата агрегата, м.

Силу тяжести и касательную силу тяги трактора в пределах задачи данного исследования условно принимаем приложенными в одной точке. При этом пренебрегаем воздействием на почву силы тяжести сельскохозяйственных машин, так как они распределены на значительной площади, и их отрицательное влияние намного меньше. Кроме того, указанное допущение не отражается на получаемых общих закономерностях.

По своему физическому смыслу удельный импульс (J) характеризует секундное материалоперемещение в расчете на 1 м² обработанной площади. После преобразований равенство (5) с учетом (1) можно представить в более наглядном виде:

$$J = k_a \Phi / \eta_T = E \Phi, \quad (6)$$

где

Φ – фронт сцепки, м.

$$\Phi = \sqrt{\eta_M^2 / V_T^2 + g^2 / \Delta \varepsilon_N^2}.$$

Полученное равенство — обобщенное соотношение между удельными импульсом и энергозатратами, которое для общности результатов исследования целесообразно с учетом (2) представить в виде:

$$J_0 = J/k_0 = E_0 \Phi, \quad (7)$$

где

$$E_0 = E/k_0.$$

При этом минимумы относительных удельного импульса (J_{0min}) и удельных энергозатрат (E_{0min}) будут соответствовать минимальным значениям J_{min} и E_{min} , но получаемые результаты исследований справедливы для множества полевых работ с близкими значениями μ из (2) на данном почвенном фоне.

Переход к конкретным агрегатам с заданными значениями k_0 из (2) осуществляется с учетом соотношений:

$$J = J_0 k_0, E = E_0 k_0.$$

Каждому значению энергонасыщенности трактора (Θ) в (7) соответствуют оптимальные теоретические скорости V_{TEopt} , и V_{TJopt} , при которых имеют место J_{0min} и E_{0min} . Минимальными при этом будут, соответственно, удельные энергозатраты:

$$E_{min} = E_{0min} k_0$$

и удельный импульс:

$$J_{min} = J_{0min} k_0$$

при заданном значении k_0 .

Выявлено, что при реальных пределах изменения энергонасыщенности тракторов (Θ) оптимальные скорости V_{TEopt} и V_{TJopt} близки между собой [4, 5]. Исходя из этого последующие исследования проводятся на базе одной скорости $\bar{V}_{Topt} = \bar{V}_{TJopt}$, которой соответствует минимальное значение J_{0min} и относительные удельные энергозатраты (E_{0j}).

Полученные закономерности изменения J_{0min} и E_{0j} в зависимости от оптимального соотношения (Θ / V_{Topt}) представлены на рисунке 1 на примере тракторов МТЗ-80, МТЗ-100, типа 4К2 при работе на стерне, приняв в (2) $\mu = 2$.

Видно, что с ростом (Θ / V_{Topt}) минимальные значения J_{0min} и J_{min} снижаются, а соответствующие им удельные относительные энергозатраты (E_{0j}) возрастают. Например, J_{0min} снижается от 2,17 до 1,34 (кг м/с)/м²), а E_{0j} возрастает от 2,5 до 3,23 Дж/м².

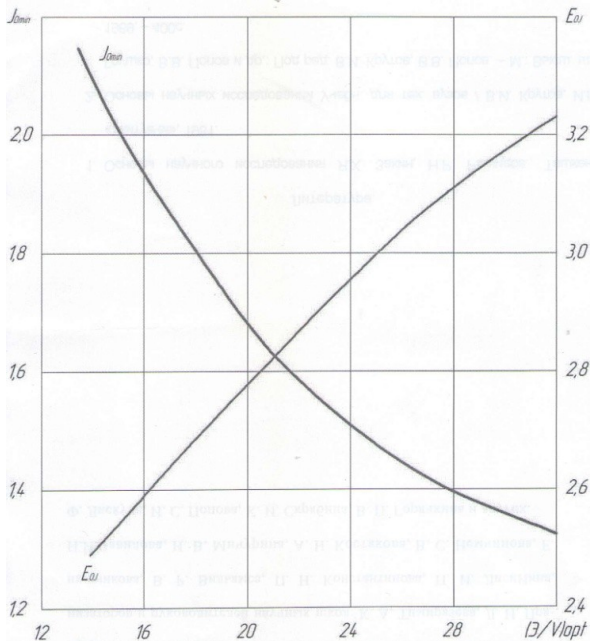


Рисунок 1. Оптимальные зависимости $J_{0\ min}$ и E_{0j} от $(Э/V_{top})$
Figure 1. Optimal dependences of $J_{0\ min}$ and E_{0j} on $(Э/V_{top})$

Поскольку желательно уменьшать как удельные импульсы, так и удельные энергозатраты при работе МТА, для получения желаемых значений J_0 и E_{0j} следует принимать компромиссное решение с учетом условий работы с допустимым буксованием δ .

По полученным значениям \mathcal{E}_{opt} , $V_{top\ opt}$ и δ при известной мощности N_H определяется оптимальная масса трактора:

$$m_{opt} = N_H / \mathcal{E}_{opt}$$

и соответствующая рабочая скорость:

$$V_{opt} = V_{top\ opt} (1 - \delta).$$

Вывод. Результаты исследования следует рассматривать лишь как первый этап снижения негативного воздействия МТА на почву. Дальнейшее уменьшение этого показателя может быть достигнуто за счет комбинирования операций, использования постоянной технологической колеи, других методов, по которым необходимы самостоятельные исследования.

Список литературы

1. Современные проблемы науки и производства в агроинженерии: учебник / Под ред. А. И. Завражнова. Санкт-Петербург: Лань, 2013. 496 с. ISBN 978-5-8114-1356-0
2. Временные рекомендации по ограничению уровня воздействия движителей сельскохозяйственной техники на почву. Москва: Агропромиздат, 1985. 16 с.
3. Ксеневиц И. П., Скотников В. А., Ляско М. И. Ходовая система – почва – урожай. Москва: Агропромиздат, 1985. 304 с.
4. Воздействие движителей тракторов на почву и ее плодородие / В. А. Русанов, А. Н. Садовников, Е. С. Юшков [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1983. № 5. С. 3–8. EDN: WPMTVZ
5. Горячкин В. П. Теория масс и скоростей сельскохозяйственных машин и орудий. Собрание сочинений. Т. 1. Москва: Колос, 1965. 720 с.
6. Зангиев А. А. Оптимизация эксплуатационных параметров и режимов работы машинно-тракторных агрегатов: учебное пособие. Москва: МИИСП, 1986. 80 с.
7. Зангиев А. А. Комплектование ресурсосберегающих машинно-тракторных агрегатов. Москва: Изд-во МИИСП, 1991. 87 с.
8. Зангиев А. А. Оптимизация состава и режимов работы машинно-тракторных агрегатов по критериям ресурсосбережения: дис. ... д-ра техн. наук. Москва: 1987. 500 с.
9. Синеоков Г. Н., Панов И. М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. Москва: Машиностроение, 1977. 328 с.
10. Зангиев А. А., Лышко Г. П., Скороходов А. Н. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка. Москва: Колос, 1996. 320 с. ISBN 5-10-002861-0
11. Скороходов А. Н., Левшин А. Г. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка. Москва: БИБИКОМ; ТРАНСЛОГ, 2017. 478 с. ISBN 978-5-905563-66-9. EDN: WWONWA
12. Ляско М. И., Рубенчик Е. В., Кутин Л. Н. Методика определения удельных давлений ходовых систем на почву // Пути снижения удельного давления ходовых систем гусеничных сельскохозяйственных тракторов на почву: сборник статей / Науч. ред. В. К. Андронов. Москва: ЦНИИТЭИ трактороселхозмаш, 1979. Вып. 7. С. 6–11.

13. Сорочкин В. М., Шептухов В. Н. Грочностные свойства почв как основа для расчета агротехнически допустимых давлений ходовых систем на почву // Проблемы снижения уплотняющего воздействия на почву ходовых систем трактора, мобильной сельскохозяйственной техники и рабочих органов почвообрабатывающих машин: тр. УСХА, 1982. С. 97–102.

14. Влияние ходовых систем тракторов на урожайность пропашных культур / В. А. Русанов, В. М. Баутин, И. С. Небогин, Е. С. Юшков // Влияние сельскохозяйственной техники на почву: тр. Почвенного института им. В. В. Докучаева, 1981. С. 37–43.

References

1. *Sovremennye problemy nauki i proizvodstva v agroinzhenerii: uchebnik. Pod red. A.I. Zavrzhnova* [Modern Problems of Science and Production in Agricultural Engineering: textbook. Ed. by A.I. Zavrzhnov]. Saint Petersburg: Izdatel'stvo «Lan'», 2013. 496 p. ISBN 978-5-8114-1356-0. (In Russ.)

2. *Vremennye rekomendacii po ogranicheniyu urovnya vozdejstviya dvizhitelej sel'skohozyajstvennoj tekhniki na pochvu* [Temporary recommendations for limiting the impact of agricultural machinery engines on the soil]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 16 p. (In Russ.)

3. Ksenevich I.P., Skotnikov V.A., Lyasko M.I. *Hodovaya sistema – pochva – urozhaj* [The running system – soil – harvest]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 304 p. (In Russ.)

4. Rusanov V.A., Sadovnikov A.N., Yushkov E.S. [et al.]. The Impact of Tractor Drives on the Soil and Its Fertility. *Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva*. 1983;(5):3–8. (In Russ.). EDN: WPMTVZ

5. Goryachkin V.P. *Teoriya mass i skorostej sel'skohozyajstvennyh mashin i orudij. Sbornie sochinenij. T. 1* [Theory of Masses and Velocities of Agricultural Machines and Implements. Collected Works. Vol. 1]. Moscow: Kolos, 1965. 720 p. (In Russ.)

6. Zangiev A.A. *Optimizaciya ekspluatacionnyh parametrov i rezhimov raboty mashinno-traktornyh agregatov: uchebnoe posobie* [Optimization of operational parameters and modes of machine and tractor units: a tutorial]. Moscow: MIISP, 1986. 80 p. (In Russ.)

7. Zangiev A.A. *Komplektovanie resursoberegayushchih mashinno-traktornyh agregatov* [Assembly of resource-saving machine-tractor units]. Moscow: Izd-vo MIISP, 1991. 87 p. (In Russ.)

8. Zangiev A.A. *Optimizaciya sostava i rezhimov raboty mashinno-traktornyh agregatov po kriteriyam resursoberezheniya: dis. ... d-ra tekhn. nauk* [Optimization of the composition and operating modes of machine-tractor units based on resource-saving criteria: dis. ... Doctor of Technical Sciences]. Moscow: 1987. 500 p. (In Russ.)

9. Sineokov G.N., Panov I.M. *Teoriya i raschet pochvoobrabatyvayushchih mashin* [Theory and calculation of tillage machines]. Moscow: Mashinostroenie, 1977. 328 p. (In Russ.)

10. Zangiev A.A., Lyshko G.P., Skorokhodov A.N. *Proizvodstvennaya ekspluatatsiya mashinno-traktornogo parka* [Industrial operation of the machine and tractor fleet]. Moscow: Kolos, 1996. 320 p. ISBN 5-10-002861-0. (In Russ.)

11. Skorokhodov A. N., Levshin A. G. *Proizvodstvennaya ekspluatatsiya ma-shinno-traktornogo parka*. Moskva: BIBIKOM; TRANSLOG, 2017. 478 s. ISBN 978-5-905563-66-9. (In Russ.). EDN: WWONWA

12. Lyasko M.I., Rubenchik E.V., Kutin L.N. Methodology for determining the specific pressure of the running gear on the soil. *Puti snizheniya udel'nogo davleniya hodovyh sistem gusenichnyh sel'skohozyajstvennyh traktorov na pochvu: sbornik statej / Nauch. red. V.K. Andronov* [Ways to reduce the specific pressure of the running gear of tracked agricultural tractors on the soil: a collection of articles. Scientific editor V.K. Andronov]. Moscow: CNIITEI traktorosel-hozmash, 1979. Issue 7. Pp. 6–11. (In Russ.)

13. Sorochkin V.M., Sheptukhov V.N. Soil compaction properties as a basis for calculating agrotechnically permissible pressures of running systems on the soil. *Problemy snizheniya uplotnyayushchego vozdejstviya na povu hodovyh sistem traktora, mobil'noj sel'skohozyajstvennoj tekhniki i rabochih organov pochvoobrabatyvayushchih mashin: tr. USKHA* [Problems of reducing the compaction effect on the soil of running systems of tractors, mobile agricultural machinery and working bodies of tillage machines. Proceedings of USHA], 1982. Pp. 97–102. (In Russ.)

14. Rusanov V.A., Bautin V.M., Nebogin I.S., Yushkov E.S. The influence of tractor chassis systems on the yield of row crops. *Vliyanie sel'skohozyajstvennoj tekhniki na pochvu: tr. Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva* [The influence of agricultural machinery on the soil: proc. of the V. V. Dokuchaev Soil Science Institute]. 1981. Pp. 37–43. (In Russ.)

Сведения об авторах

Балкаров Руслан Асланбиевич – доктор технических наук, профессор кафедры агроинженерии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 1074-2232, Scopus ID: 6505576211, Researcher ID: AAB-3748-2020

Мизиев Заур Измайлович – аспирант кафедры агроинженерии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

Information about the authors

Ruslan A. Balkarov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Agricultural Engineering, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 1074-2232, Scopus ID: 6505576211, Researcher ID: AAB-3748-2020

Zaur I. Miziev – Postgraduate student of the Department of Agricultural Engineering, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 06.11.2025;
одобрена после рецензирования 02.12.2025;
принята к публикации 09.12.2025.*

*The article was submitted 06.11.2025;
approved after reviewing 02.12.2025;
accepted for publication 09.12.2025.*

Научная статья

УДК 631.354.2

DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-77-85

Характеристики движения частиц зернового вороха при его обработке на конвейерной очистке в зерноуборочном комбайне

Аламахад Дошаевич Бекаров¹, Владислав Хасенович Мишхожев²,
Алий Халисович Габаев^{✉3}

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

¹alamahad@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2484-1747>

²mvkxxx@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1157-3771>

³alii_gabaev@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1973-9804>

Аннотация. Конвейерная очистка представляет собой инновационный механизм для отделения зернового вороха в зерноуборочных комбайнах. Этот механизм оснащен вибратором, который вызывает малоамплитудные локальные колебания различных участков верхней рабочей ветви конвейерного решета. Эти вибрации значительно ускоряют процесс сепарации вороха. Вибратор оборудован пассивными роликами, установленными под несущими цепями верхней рабочей ветви решета к левой и правой боковым панелям комбайна. В процессе движения решета ролики несущей цепи сталкиваются с роликами вибратора, вызывая их подпрыгивание. Поскольку на вибраторе установлено несколько роликов с каждой стороны (5–7 штук), а расстояние между роликами несущей цепи составляет 19,05 мм, практически вся длина решета подвергается местным вибрациям. Это способствует интенсификации процесса сепарации. В статье рассматриваются различные варианты расположения конвейерного решета в комбайне: горизонтально или под углом к горизонтальной плоскости (наклонно), а также при движении комбайна по ровному полю без уклонов и по полю с уклонами (продольными или поперечными относительно направления движения комбайна); предлагаются аналитические выражения для определения ключевых параметров перемещения частиц зернового вороха, подброшенных с решета при срабатывании вибратора, в зависимости от вышеуказанных условий. Эти параметры включают максимальную дальность и высоту перемещения, среднюю скорость и продолжительность перемещения относительно решета. Аналитические выражения показывают, что основные параметры зависят от скорости движения решета, а также от углов, характеризующих момент соударения роликов несущей цепи и вибратора. Величина этих углов определяется размерами контактирующих роликов и положением решета в комбайне – горизонтально или под углом.

Ключевые слова: комбайн, очистка, ворох, примеси, зерно, полнота, выделение, секция, поток, содержание, чистота, потери

Для цитирования: Бекаров А. Д., Мишхожев В. Х., Габаев А. Х. Характеристики движения частиц зернового вороха при его обработке на конвейерной очистке в зерноуборочном комбайне // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 4(50). С. 77–85. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-77-85

Original article

Characteristics of grain particle movement during its processing on a conveyor cleaning system in a grain harvester

Alamakhad D. Bekarov¹, Vladislav Kh. Mishkhozhev², Aliy Kh. Gabaev^{✉3}

Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

¹alamahad@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2484-1747>

²mvkkkk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1157-3771>

^{✉3}alii_gabaev@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1973-9804>

Abstract. The conveyor cleaning system is an innovative mechanism for separating grain heap in combine harvesters. This mechanism is equipped with a vibrator, which causes low-amplitude localized vibrations in various sections of the upper working branch of the conveyor sieve. These vibrations significantly accelerate the heap separation process. The vibrator is equipped with passive rollers mounted under the carrier chains of the upper working branch of the sieve, located on the left and right side panels of the combine. As the sieve moves, the carrier chain rollers collide with the vibrator rollers, causing them to bounce. Since the vibrator has several rollers on each side (5–7) and the distance between the carrier chain rollers is 19.05 mm, virtually the entire length of the sieve is subject to localized vibrations. This intensifies the separation process. This article examines various options for the conveyor sieve position in a combine harvester: horizontally or at an angle to the horizontal plane (inclined), as well as when the combine is moving on a flat field and on a field with slopes (longitudinal or transverse relative to the combine's direction of travel). The authors propose analytical expressions for determining the key parameters of grain particle movement, ejected from the sieve when the vibrator is activated, depending on the above conditions. These parameters include the maximum distance and height of movement, the average speed, and the duration of movement relative to the sieve. The analytical expressions show that the key parameters depend on the sieve speed, as well as the angles characterizing the moment of impact of the rollers of the carrier chain and the vibrator. The magnitude of these angles is determined by the size of the contacting rollers and the position of the sieve in the combine harvester – horizontal or at an angle.

Keywords: combine, cleaning, heap, impurities, grain, completeness, separation, section, flow, content, purity, losses

For citation: Bekarov A.D., Mishkhozhev V.Kh., Gabaev A.Kh. Characteristics of grain particle movement during its processing on a conveyor cleaning system in a grain harves. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;4(50):77–85. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-77-85

Введение. Конвейерная очистка – перспективный рабочий орган зерноуборочного комбайна, обладающий рядом преимуществ по сравнению с ветро-решетной очисткой, широко используемой уже много лет на зерноуборочных комбайнах (как отечественного, так и зарубежного производства) для очистки зернового вороха. В числе этих преимуществ можно привести следующие: безинерционность, более высокая производительность, мизерное количество потерь (десятые – сотые доли процента в зависимости от характеристик поступившего на очистку вороха).

Конвейерная очистка состоит из решетчатого конвейера с вибратором и вентилятором, на который поступает очищаемый ворох. Для интенсификации процесса сепарации вороха под верхними ветвями контуров цепи решетчатого конвейера установлен вибратор, создающий во время работы очистки малоамплитудные местные колебания (вибрации)

почти по всей длине верхней рабочей ветви конвейерного решета [1–3].

Вибратор состоит из двух отрезков стандартных профилей – уголков 30×40 мм, закрепляемых к боковым панелям комбайна под верхними ветвями несущей цепи решетчатого конвейера. К этим уголкам на определенном расстоянии друг от друга приварены короткие оси, на которые надеты бочкообразные по форме ролики [4, 5].

При движении конвейерного решета ролики его цепи, встречая на своем пути ролики вибратора, соударяются и подсакивают на небольшую высоту. Аналогичное движение происходит на всем участке решета. Высота, на которую подсакивает участок решета мала, поэтому происходят малоамплитудные колебания решета (вибрация), что интенсифицирует процесс сепарации обрабатываемого вороха. Ролики вибратора пассивные, они могут проворачиваться каждый на своей оси

только при встрече с роликами несущих двух цепей конвейерного решета [6, 7].

Цель исследования. Материал, изложенный в данной статье, является составной частью теоретических предпосылок в исследовании конвейерной очистки (сепаратора зернового вороха комбайна), установлении рациональных параметров и режимов работы этого рабочего органа зерноуборочного комбайна теоретически, а затем и экспериментально. Данная статья является одним из этапов в достижении этой цели.

Материалы, методы и объекты исследования. В определении параметров движения частиц зернового вороха, обрабатываемого конвейерной очисткой зерноуборочного комбайна, использованы методы физики, теоретической механики и математики.

Результаты исследования. Ранее [8, 9] было установлено, что при контакте друг с другом роликов несущей цепи решета и вибратора происходит удар, в результате которого возникает импульс силы, действующий на частицу вороха, находящуюся на решете в этом месте, где произошел удар:

$$S = mV_n \sqrt{\sin^2 \alpha + K^2 \cos^2 \alpha}, \quad (1)$$

где

m – масса частицы, г;

V_n – скорость конвейерного решета, м/с;

α – угол между горизонталью и прямой, проведенной через центры контактирующих роликов в момент контакта (удара);

K – коэффициент восстановления, определяемый опытным путем и для стали равный $K=5/9$. Значение K берем для стали, так как контактирующие ролики стальные.

Для определения параметров движения вороха на решете рассмотрим два случая:

– при горизонтальном расположении конвейерного решета;

– при наклонном расположении решета.

Случай 1. В данном случае целесообразно рассматривать движение частицы вороха, подброшенной в результате соударения роликов решета и вибратора, как движение тела, брошенного под углом σ к горизонту (рис. 1).

Модуль скорости частицы в момент отрыва от поверхности решета и её направление определены ранее [1–4] и представлены выражениями:

$$V_0 = V_n \sqrt{\sin^2 \alpha + K^2 \cos^2 \alpha}, \quad (2)$$

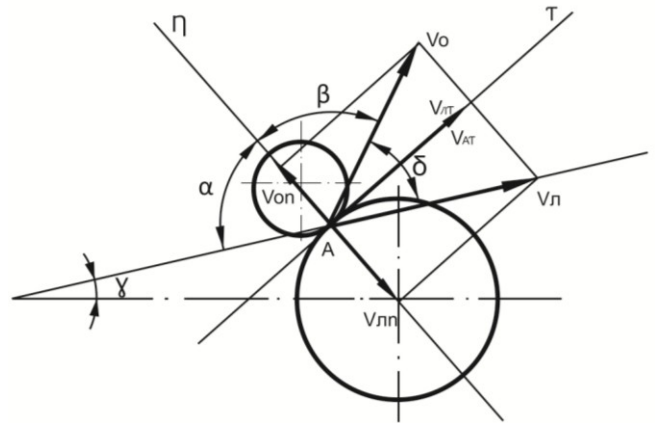


Рисунок 1. Схема скоростей, возникающих при соударении роликов решета и вибратора
Figure 1. Diagram of the speeds arising from the collision of the rollers of the sieve and the vibrator

$$tg \beta = \frac{1}{K} tg \alpha = 1,8 tg \alpha. \quad (3)$$

Проведя через точки отрыва частицы от поверхности решета координатные оси и разложив вектор скорости V_0 по этим осям, получим:

$$V_x = V_0 \cos \sigma;$$

$$V_y = V_0 \sin \sigma. \quad (4)$$

Максимальная дальность полета составляет:

$$X_{max} = V_0 \cos \sigma \frac{2V_0 \sin \sigma}{g} = \frac{V_0^2 2 \sin \sigma \cdot \cos \sigma}{g},$$

или

$$X_{max} = \frac{V_0^2 \sin 2\sigma}{g}, \quad (5)$$

а максимальная высота подъема частицы:

$$Y_{max} = \frac{V_0^2 \sin^2 \sigma}{2g}. \quad (6)$$

Уравнение траектории полета частицы примет вид:

$$Y = xt g \sigma - \frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2 \sigma}, \quad (7)$$

где

x – текущее значение координаты по оси x .

Время полета частицы вороха определяется по выражению:

$$t = \frac{2V_0 \sin \sigma}{g}. \quad (8)$$

Согласно выражению (2) V_0 есть скорость, приобретаемая частицей в момент соударения упомянутых роликов. Вводя её значение в выражения (5–8), имеем:

$$X_{max} = \frac{V_0^2 \sin 2\sigma (\sin^2 \alpha + K^2 \cos^2 \alpha)}{g}; \quad (9)$$

$$Y_{max} = \frac{V_0^2 \sin^2 \sigma (\sin^2 \alpha + K^2 \cos^2 \alpha)}{2g}; \quad (10)$$

$$Y = Xtg\sigma - \frac{gX^2}{[2V_0^2 \cos^2 \sigma (\sin^2 \alpha + K^2 \cos^2 \alpha)]}; \quad (11)$$

$$t = \frac{2V_0 \sin \sigma \sqrt{\sin^2 \alpha + K^2 \cos^2 \alpha}}{g}. \quad (12)$$

Проанализировав выражения (9–12), приходим к выводу, что все определяемые этими уравнениями параметры находятся в непосредственной зависимости от скорости конвейерного решета и углов α, β, σ .

Случай 2. При расположении конвейерного решета под некоторым углом γ к горизонту уравнение прямой, условно изображающей ветвь конвейерного решета, может быть представлено в виде:

$$Y = Xtg\gamma. \quad (13)$$

Совместно решая уравнения (7) и (13), получим координаты точки M падения частицы вороха на поверхность решета (рис. 2). Далее, приравняв правые части уравнений (7) и (13), получим:

$$Xtg\gamma = Xtg\sigma - \frac{gX^2}{(2V_0^2 \cos^2 \sigma)}. \quad (14)$$

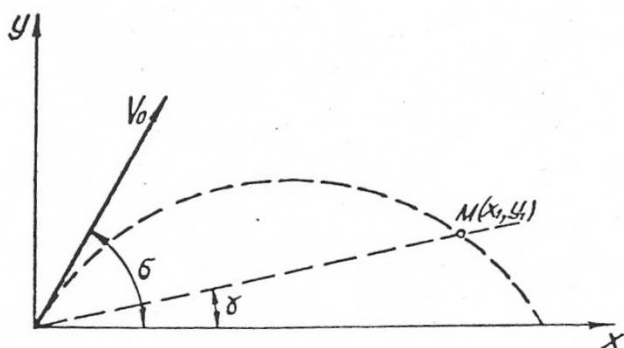


Рисунок 2. Схема характеристики траектории частицы вороха при расположении конвейерного решета под углом к горизонту

Figure 2. Diagram of the characteristic trajectory of a particle of a heap when the conveyor screen is positioned at an angle to the horizon

После преобразования выражения (14) имеем:

$$X(2V_0^2 t g \gamma \cos^2 \sigma - 2V_0^2 \cos^2 \sigma t g \sigma + gX) = 0. \quad (15)$$

Ветвь конвейерного решета и кривая траектории полета частицы имеют две общие точки пересечения: начало координат (точку O) и точку M . Таким образом, решая уравнение (15), получаем координаты $X=0, Y=0$.

Приравняв нулю сомножитель, находящийся в скобках в выражении (15), и решая полученное таким образом уравнение, получим координаты точки M :

$$X_M = \frac{2V_0^2 \cos^2 \sigma (tg\sigma - tg\gamma)}{g}; \quad (16)$$

$$Y_M = \frac{2V_0^2 \cos^2 \sigma tg\gamma (tg\sigma - tg\gamma)}{g}. \quad (17)$$

Принимая во внимание (2), равенства (16) и (17) можно представить в следующем виде:

$$X_M = \frac{2V_0 \cos^2 \sigma (\sin^2 \alpha + K^2 \cos^2 \alpha) (tg\sigma - tg\gamma)}{g}; \quad (18)$$

$$Y_M = \frac{2V_0^2 \cos^2 \sigma tg\gamma (\sin^2 \alpha + K^2 \cos^2 \alpha) (tg\sigma - tg\gamma)}{g}. \quad (19)$$

С помощью выражений (18) и (19) легко определить траекторию: дальность и высоту полета частиц вороха при наклонном расположении конвейерного решета (под углом γ к горизонту). Из выражений (18) и (19) видно, в какой зависимости находятся определяемые величины от скорости конвейерного решета V_0 , угла γ наклона его к горизонту и других конструктивных параметров рабочего органа, рассмотренных выше (рис. 3).

Имея в виду, что согласно тригонометрии $tg\sigma - tg\gamma = \frac{\sin(\sigma - \gamma)}{\cos\sigma \cdot \cos\gamma}$ и $\sin^2 \alpha + K^2 \cos^2 \alpha = 1 - 0,69 \cos^2 \alpha$, выражения (18) и (19) можно записать в следующем виде:

$$X_M = [2V_0^2 \cos\sigma \sin(\sigma - \gamma) (1 - 0,69 \cos^2 \alpha)] (g \cos\gamma)^{-1}; \quad (20)$$

$$Y_M = [2V_0^2 \cos\sigma tg\gamma \cdot \sin(\sigma - \gamma) (1 - 0,69 \cos^2 \alpha)] (g \cos\gamma)^{-1}. \quad (21)$$

Полученные теоретически параметры движения частиц вороха, подброшенных конвейерным решетом, справедливы для случая, когда зерноуборочный комбайн движется по горизонтальной поверхности (без уклонов).

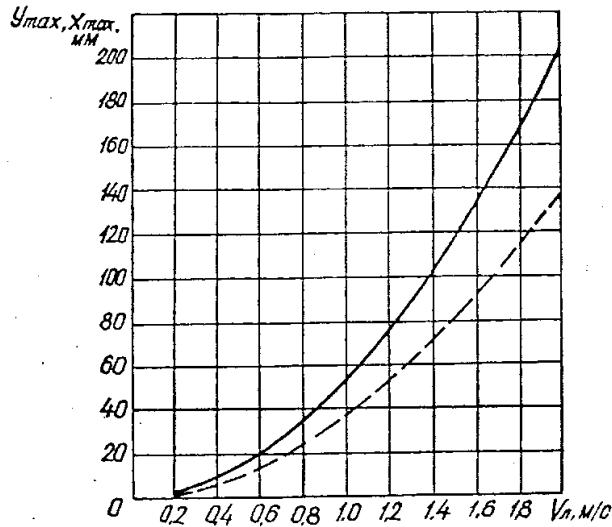


Рисунок 3. График изменения дальности X_{max} (сплошная линия) и высоты Y_{max} (пунктирная линия) полета частицы вороха в зависимости от линейной скорости конвейерного решета (V_n) при использовании вибратора с роликами $D=20$ мм

Figure 3. Graph of the change in the theoretical range X_{max} (solid line) and height Y_{max} (dashed line) of a heap particle flight depending on the linear speed of the conveyor sieve (V_n) when using a vibrator with rollers $D=20$ mm

К сожалению, это идеальный случай, который в реальности труднореализуем. В большинстве случаев поверхность поля так или иначе имеет различные уклоны (продольные, поперечные и т. п.). Соответственно, комбайн в таких ситуациях движется под уклон, вверх по склону или поперек уклона. Таким образом, характеристики движения частиц вороха, сепарируемого конвейерным решетом, должны учитывать следующие возможные частные случаи движения комбайна в реальных условиях:

- а) движение комбайна вниз по склону с уклоном $\Delta\gamma$;
- б) движение комбайна вверх по склону;
- в) движение комбайна поперек склона на поле с уклоном $\Delta\gamma_0$.

В случае движения комбайна вниз по склону с уклоном $\Delta\gamma$ координаты точки, в которой упадет частица, подброшенная конвейерным решетом, могут быть определены по следующим выражениям:

– при горизонтальном (относительно комбайна) расположении решета:

$$X_M = \frac{[2 V_n^2 \cos\sigma \sin(\sigma - \Delta\gamma) (1 - 0.69 \cos^2 \alpha)]}{(g \cos \Delta\gamma)^{-1}}; \quad (22)$$

$$Y_M = \frac{[2 V_n^2 \cos\sigma \text{tg} \Delta\gamma \cdot \sin(\sigma - \Delta\gamma) (1 - 0.69 \cos^2 \alpha)]}{(g \cos \Delta\gamma)^{-1}}, \quad (23)$$

где

$\Delta\gamma$ – угол уклона поля, град.;

– при наклонном под углом γ (относительно комбайна) расположении конвейерного решета:

$$X_M = \frac{[2 V_n^2 \cos\sigma \sin [\sigma - (\gamma + \Delta\gamma)] (1 - 0.69 \cos^2 \alpha)]}{[g \cos(\gamma + \Delta\gamma)]}; \quad (24)$$

$$Y_M = \frac{2 V_n^2 \cos\sigma \text{tg}(\sigma + \Delta\gamma) \sin[\sigma - (\gamma + \Delta\gamma)] (1 - 0.69 \cos^2 \alpha)}{[g \cos(\gamma + \Delta\gamma)]}. \quad (25)$$

При движении комбайна вверх по полю с уклоном $\Delta\gamma$ искомые координаты точки падения подброшенной решетом частицы вороха можно определить из уравнений:

– при горизонтальном в комбайне расположении решета:

$$X_M = 2 V_n^2 \cos\sigma \sin(\sigma - \Delta\gamma) \times (1 - 0.69 \cos^2 \alpha) (g \cos \Delta\gamma)^{-1}; \quad (26)$$

$$Y_M = -2 V_n^2 \cos\sigma \text{tg} \Delta\gamma \cdot \sin(\sigma - \Delta\gamma) \times (1 - 0.69 \cos^2 \alpha) (g \cos \Delta\gamma)^{-1}; \quad (27)$$

– при наклонном в комбайне под углом γ расположении решета:

$$X_M = 2 V_n^2 \cos\sigma \sin[(\sigma - (\gamma - \Delta\gamma))] \times (1 - 0.69 \cos^2 \alpha) (g \cos(\gamma - \Delta\gamma))^{-1}; \quad (28)$$

$$Y_M = -\frac{2 V_n^2 \cos\sigma \text{tg}(\gamma - \Delta\gamma) \cdot \sin[(\sigma - (\gamma - \Delta\gamma))] (1 - 0.69 \cos^2 \alpha)}{g \cos(\gamma - \Delta\gamma)}. \quad (29)$$

Придавая в выражении (28) $\Delta\gamma$ значение от 0° до 15° , определяли дальность (X_M) перемещения частиц вороха при соударении роликов цепи и вибратора. Больше, чем 15° , значение $\Delta\gamma$ не рассматривали, так как комбайны на полях с такими уклонами не работают из соображений обеспечения безопасности труда. А расчетные значения X_M при значениях $\Delta\gamma$

до 15° очень мало отличаются от значения, полученного для случая работы комбайна на поле с ровной горизонтальной поверхностью (разница не превышает 15%).

Полагаем, что чем дальше летит частица вороха, тем дольше она находится в полете. А если иметь в виду всю массу находящегося на решетке вороха, то в этой массе частицы будут находиться в полете в более изреженном состоянии, создающем предпосылки для прохода зерна сквозь пространственную решетку к конвейерному решету, что способствует определению параметров конвейерного решета. Рассмотрим два случая.

Случай 1. Для горизонтального расположения рабочей ветви конвейерного решета в комбайне справедливо выражение:

$$\sigma = \pi - (\alpha + \beta). \quad (30)$$

При $\sigma=45^\circ$ можно записать $\alpha + \beta = 135^\circ$ и $\beta = 135^\circ - \alpha$.

Подставив это значение в выражение $tg\beta=1,8tg\alpha$, получаем:

$$tg \frac{(135^\circ - \alpha)}{tg\alpha} = 1,8,$$

или

$$\frac{tg135^\circ - tg\alpha}{[tg\alpha(1 + tg135^\circ tg\beta)]} = 1,8. \quad (31)$$

Выражение (31) после преобразований приобретает вид:

$$-1,8tg^2\alpha + 2,8tg\alpha + 1 = 0. \quad (32)$$

Положительный корень этого уравнения будет:

$$tg\alpha = 1,885, \text{ или } \alpha = arctg1,885 = 61^\circ 50',$$

а угол β , соответственно, $\beta=73^\circ 10'$.

Случай 2. При положении решета в комбайне под углом γ уравнения траектории движения частицы вороха и прямой, условно изображающей рабочую ветвь решета (рис. 2), представлены выражениями (7) и (13). Приравняв правые части этих выражений, имеем:

$$xtg\gamma = \frac{xtg\sigma - gx^2}{(2V_0^2 \cos^2 \sigma)}.$$

Выделим отсюда x :

$$x = (tg\sigma - tg\gamma) \frac{2V_0^2}{g} \cos^2 \sigma = \frac{V_0^2 (\sin 2\alpha - 2\cos^2 \alpha \cdot tg\sigma)}{g}.$$

Наибольшую дальность полета частиц вороха в зависимости от угла σ можно определить в данном случае, взяв производную от x по σ и приравняв ее нулю:

$$\frac{dx}{d\sigma} = \frac{V_0^2}{g} (2\cos 2\sigma + 2\sin 2\sigma tg\gamma) = 0,$$

откуда

$$ctg 2\sigma = -tg\gamma,$$

или

$$2\sigma = \frac{\pi}{2} + \gamma,$$

$$\sigma = \frac{(\frac{\pi}{2} + \gamma)}{2},$$

что при $\gamma=12^\circ$ дает $\sigma=51^\circ$.

С учетом этого из полученного ранее выражения $\sigma=\pi-(\alpha+\beta-\gamma)$ имеем:

$$51^\circ = \pi - (\alpha + \beta - \gamma),$$

откуда $\alpha+\beta=117^\circ$, или $\beta=117^\circ-\alpha$.

Подставив эти значения в выражение $tg\beta=1,8tg\alpha$, использованное выше при получении уравнения (31), можно записать:

$$\frac{tg(117^\circ - \alpha)}{tg\alpha} = 1,8.$$

Это выражение после преобразований приводится к виду:

$$3,533tg^2\alpha - 2,8tg\alpha - 1,963 = 0. \quad (33)$$

Решение уравнения (33) дает положительный корень:

$$tg\alpha = 1,2403 \text{ или } \alpha = 51^\circ 07'.$$

Как известно, скорость тела, подброшенного под углом к горизонту, переменна, и в каждой точке траектории полета скорость тела различна как по величине, так и по направлению. В нашем случае нет необходимости знать скорость частицы вороха в каждой точке её полёта. Достаточно знать среднюю скорость частицы вороха, которая может быть определена с помощью выражений (5) и (8):

$$V_{\text{ср}} = \frac{x_{\text{max}}}{t} = \left(V_0^2 \sin 2 \frac{\sigma}{g} \right) (2 V_0 \sin \frac{\sigma}{g})^{-1} = V_0 \cos \sigma.$$

Подставив вместо V_0 ее значение из (8), имеем:

$$V_{\text{ср}} = V_n \cos \sigma \sqrt{\sin^2 \alpha + K^2 \cos^2 \alpha},$$

или

$$V_{\text{ч}} = V_{\text{л}} \cos \sigma \sqrt{1 - 0,69 \cos^2 \alpha}. \quad (34)$$

Как видно из выражения (34), средняя скорость полета частицы, подброшенной вибратором конвейерного решета, зависит от скорости этого решета, наклона его к горизонту, а также от диаметров роликов цепи решета и вибратора, так как от этих параметров зависят углы σ и α .

При приемлемых (с точки зрения работоспособности системы) значениях углов σ и α сомножитель, входящий в выражение (34), меньше единицы, то есть:

$$\cos \sigma \sqrt{1 - 0,69 \cos^2 \alpha} < 1.$$

Исходя из этого можно заключить, что средняя скорость частицы в полете всегда меньше скорости конвейерного решета ($V_{\text{ч}} < V_{\text{л}}$). График, представленный на рисунке 4, достаточно наглядно это иллюстрирует.

Вывод. Получены аналитические выражения, позволяющие установить параметры перемещения частиц вороха, подброшенных вибратором конвейерной очистки зерноуборочного комбайна при различных вариантах расположения конвейерного решета в комбайне:

- горизонтально;
- под углом к горизонтальной плоскости (наклонно);
- при движении комбайна по ровному полю без уклонов;
- при движении комбайна по полю с уклонами (продольными или поперечными относительно направления движения комбайна).

В настоящем исследовании предложены аналитические зависимости для определения ключевых параметров перемещения частиц зернового вороха, подброшенного с решета при срабатывании вибратора. Эти параметры включают максимальную дальность и высоту перемещения, среднюю скорость и продолжительность перемещения относительно решета.

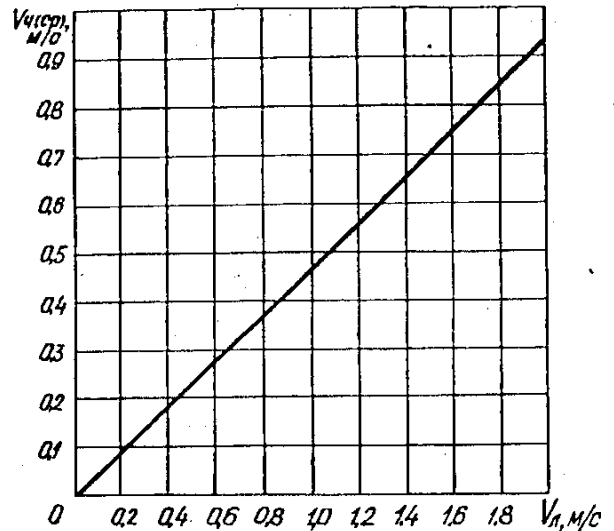


Рисунок 4. Средняя скорость $V_{\text{ч(ср)}}$ полета частицы вороха, подброшенной конвейерным решетом, в зависимости от его линейной скорости ($V_{\text{л}}$).

В данном случае взяты: диаметр ролика $D=20$ мм, $\gamma=12^\circ$, $\alpha=59^\circ 09'$ и $\sigma=59^\circ 01'$

Figure 4. Average theoretical velocity $V_{\text{ч(ср)}}$ of a particle of waste thrown by a conveyor screen, depending on its linear velocity ($V_{\text{л}}$). In this case, the following parameters were used: roller diameter $D = 20$ mm, $\gamma = 12^\circ$, $\alpha = 59^\circ 09'$, and $\sigma = 59^\circ 01'$

Список литературы

1. Бердышев В. Е. Обоснование параметров рабочих органов молотилки зерноуборочного комбайна с аксиально-роторной молотильно-сепарирующей системой: дис. ... д-ра. техн. наук. Москва, 2014. 480 с. EDN: FUZXGX
2. Мартыненко Д. С. Повышение эффективности системы очистки зерноуборочного комбайна путем применения рекуперативного привода решет и транспортной доски: дис. ... канд. техн. наук. Барнаул, 2015. 170 с. EDN: RNXOXQ
3. Сороченко С. Ф. Конкурентоспособность зерноуборочных комбайнов, предназначенных для работы на склонах // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 9(143). С. 158–164. EDN: WVQKYL
4. Сороченко С. Ф. Математическая модель движения зернового вороха по решету 3D очистки зерноуборочного комбайна // Научная жизнь. 2017. № 8. С. 6–14. EDN: ZHTTJZ
5. Сороченко С. Ф. Система очистки зерноуборочного комбайна для работы на склонах: монография. Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, 2023. 148 с. ISBN: 978-5-7568-1451-4

6. Липовский М. И., Перекопский А. Н. Зерноуборочный комбайн: из прошлого к новому поколению. Санкт-Петербург: ИФЭП, 2015. 316 с. EDN: TXDWWP
7. Липовский М. И., Перекопский А. Н. Перспективные молотильные аппараты зерноуборочных комбайнов: монография. Санкт-Петербург: ИФЭП, 2023. 174 с. EDN: SOLQIG
8. Удаление семян сорняков при уборке зерновых культур комбайном с конвейерной очисткой / А. Д. Бекаров, В. Х. Мишхожев, Г. А. Бекаров, А.Х. Габаев // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 2(40). С. 84–90. DOI: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-84-90. EDN: WCDVVC
9. Бекаров А. Д., Габаев А. Х. Конвейерная очистка для комбайна с традиционной компоновкой рабочих органов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 3(95). С. 113–116. EDN: KAORLW

References

1. Berdyshev V.E. *Obosnovanie parametrov rabochih organov molotilki zernouborochnogo kombajna s aksial'no-rotornoj molotil'no-separiruyushchej sistemoj: dis. ... d-ra. tekhn. nauk* [Justification of the parameters of the working bodies of a grain harvester threshing machine with an axial-rotor threshing and separating system: dis. ... Doctor of Technical Sciences]. Moscow, 2014, 480 p. (In Russ.). EDN: FUZXGX
2. Martynenko D.S. Improving the efficiency of a grain harvester cleaning system by using a regenerative drive for sieves and a transport board: dis. ... Cand. of Technical Sciences. Barnaul, 2015. 170 p. (In Russ.). EDN: RNXOXQ
3. Sorochenko S.F. Competitiveness of hillside combine harvesters. *Bulletin of Altai state agricultural university*. 2016;9(143):158–164. EDN: WVQKYL
4. Sorochenko S.F. Mathematical model of the movement of a grain heap along the grid of 3d cleaning of a combine harvester. *Scientific life*. 2017;(8):6–14. (In Russ.). EDN: ZHTTJZ
5. Sorochenko S.F. *Sistema ochistki zernouborochnogo kombajna dlya raboty na sklonah: monografiya* [Grain Harvester Cleaning System for Slope Operation: Monograph]. Barnaul: Altajskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet im. I.I. Polzunova, 2023. 148 p. ISBN: 978-5-7568-1451-4. (In Russ.).
6. Lipovsky M.I., Perekopsky A.N. *Zernouborochnyj kombajn: iz proshlogo k novomu pokoleniyu* [Grain Harvester: From the Past to the New Generation]. Saint Petersburg: IFEP, 2015. 316 p. (In Russ.). EDN: TXDWWP
7. Lipovsky M.I., Perekopsky A.N. *Perspektivnye molotil'nye apparaty zernouborochnyh kombajnov: monografiya* [Promising threshing devices for grain harvesters: monograph]. Saint Petersburg: IFEP, 2023. 174 p. EDN: SOLQIG
8. Bekarov A.D., Mishxozhev V.X., Bekarov G.A., Gabaev A.X. Removal of weed seeds when harvesting grain crops with a combine harvester with conveyor cleaning. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2023;2(40):84–90. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-84-90. EDN: WCDVVC
9. Bekarov A.D., Gabaev A.X. Conveyor cleaning for a combine with a traditional piece of working bodies. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022;3(95):113–116. (In Russ.). EDN: KAORLW

Сведения об авторах

Бекаров Аламахад Дошаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 9046-0656

Мишхожев Владислав Хасенович – кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 9119-3664

Габаев Алий Халисович – кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 1264-0376

Information about the authors

Alamakhad D. Bekarov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Engineering, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 9046-0656

Vladislav Kh. Mishkhozhev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Agricultural Engineering, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 9119-3664

Aliy Kh. Gabaev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Agricultural Engineering, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 1264-0376

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 13.11.2025;
одобрена после рецензирования 27.11.2025;
принята к публикации 05.12.2025.*

*The article was submitted 13.11.2025;
approved after reviewing 27.11.2025;
accepted for publication 05.12.2025.*

Научная статья

УДК 631.372:621.43

DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-86-94

Улучшение показателей эффективности использования трактора МТЗ

Анзор Леонидович Болотоков^{✉1}, Астемир Арсенович Танашев²

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

^{✉1}Anzor.n@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2977-4072>

²tanashev.job@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-0744-1734>

Аннотация. Самой распространенной причиной выхода из строя распылителя форсунки является нарушение подвижности иглы из-за облитерации распыляющих отверстий. Для повышения показателей эффективности использования дизелей предложена модернизация иглы распылителя форсунок. Проведен анализ влияния изменения параметров топливной аппаратуры на показатели топливной экономичности дизельного двигателя. Применение распылителей дизельной форсунки с модернизированной иглой позволяет за счет наличия топлива в винтовом канале и зазоре смазывать, а также смягчать удар конуса иглы о седло корпуса (вместо прямого жесткого удара в серийных распылителях). Объем топлива в винтовом канале зависит от объема топлива в щели. При увеличении зазора коэффициент сопротивления щели не снижается ниже 0,4, поэтому объем винтового канала будет 0,5–0,9 от объема зазора. В результате получена зависимость коэффициента сопротивления щели от объема винтового канала. При суммарном зазоре, увеличенном в 2 раза (за счёт винтового канала), расход жидкости снижается на 20%, а коэффициент зараскивания щели составляет 0,8–0,9. Определено влияние скорости вращения вала топливного насоса на цикловую подачу и неравномерность впрыскивания топлива. При угловой скорости вала 850–1100 об/мин неравномерность подачи топлива не превышала 1–2%. При снижении угловой скорости вращения до 400–800 об/мин неравномерность растёт до 2,7–16,1%.

Ключевые слова: дизельный двигатель, форсунка, распылитель, эффективность, модернизация, расход топлива

Для цитирования: Болотоков А. Л., Танашев А. А. Улучшение показателей эффективности использования дизеля трактора МТЗ // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 4(50). С. 86–94. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-86-94

Original article

Improving the efficiency of using MTZ tractor

Anzor L. Bolotokov^{✉1}, Astemir A. Tanashev²

²Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

^{✉1}Anzor.n@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2977-4072>

²tanashev.job@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-0744-1734>

Abstract. The analysis of the effect of changes in fuel equipment parameters on the fuel efficiency of a diesel engine is presented. To improve the efficiency of diesel engines, an upgrade of the nozzle spray needle has been proposed. The use of diesel nozzle sprayers with an upgraded needle makes it possible, due to the presence of fuel in the screw channel and the gap, to lubricate and soften the impact of the needle cone on the housing seat instead of a direct hard impact than in serial sprayers. The volume of fuel in the screw channel depends on the volume of fuel in the slot. As the gap increases, the gap resistance coefficient does not decrease below 0.4, so the volume of the screw channel will be 0.5–0.9 of the gap volume. As a result, the dependence of the gap resistance coefficient on the volume of the screw channel is obtained. With the total gap increased by 2 times (due to the screw channel), the liquid flow rate is reduced by no more than 20%, and the gap overgrowth coefficient is 0.8–0.9. The effect of the rotation speed of the fuel pump shaft on the cyclic supply and the unevenness of fuel injection is determined. At an angular velocity of 850–1100 rpm, the fuel supply unevenness did not exceed 1–2%. When the angular velocity of rotation decreases to 400–800 rpm, the unevenness increases to 2.7–16.1%.

Keywords: diesel engine, nozzle, sprayer, efficiency, modernization, fuel consumption

For citation: Bolotokov A.L., Tanashev A.A. Improving the efficiency of using MTZ tractor. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;4(50):86–94. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-86-94

Введение. Общепринятыми показателями топливной экономичности дизелей являются: g_e – удельный расход топлива; г/кВт·ч; $M_{дв}$ – крутящий момент; кН, N_e – эффективная мощность кВт; G_T – часовой расход топлива, кг/ч; $q_{ц}$ – цикловая подача, мм³/цикл. Целесообразность применения тех или иных типов двигателей в различных наземно-транспортных комплексах определяется их мощностными и массогабаритными показателями, топливной экономичностью и простотой обслуживания. В машинно-тракторных агрегатах наиболее широкое применение получили дизельные двигатели.

В процессе эксплуатации со временем возникают неисправности, приводящие к снижению мощности, а также увеличению расхода топлива, токсичности и дымности отработавших газов [1, 2].

Узлы и детали топливной аппаратуры всех дизелей относятся к менее надежным и более трудным в техническом обслуживании. До 40% отказов дизелей происходит вследствие неисправностей именно топливных систем. Из них около 80% отказов приходится на форсунки. Форсунки являются наиболее слабым звеном топливоподающей аппаратуры тракторных дизелей. Средний ресурс дизельных форсунок составляет 2500–3000 мото-часов, а ресурс плунжерных пар топливных насосов в 2 раза выше [3, 4].

Конструкция форсунки определяет качество смесеобразования и подачу горючей смеси в камеру сгорания. Качество распыления и впрыска топлива определяется геометрическими параметрами проточной части форсунки [5–7].

Наиболее распространенной причиной выхода из строя распылителя дизельной форсунки является нарушение подвижности иглы ввиду облитерации (заращивания) распыляющих отверстий, что снижает качество распыливания топлива [8–10].

Явление облитерации обусловлено отложением на твердых поверхностях каналов активных компонентов рабочей жидкости. Интенсивность заращивания каналов во многом зависит от загрязненности жидкости твердыми и вязкими включениями. При соизмеримости размеров частиц загрязнения с величиной зазора заращивание отверстий распылителя может произойти в течение 1 минуты [10].

Исходя из анализа эксплуатационных параметров дизельного двигателя трактора МТЗ была поставлена **цель исследования** – повышение топливной экономичности дизельного двигателя модернизацией распылителя форсунок.

Новизна результатов исследования – снижение неравномерности цикловой подачи топлива дизельного трактора МТЗ.

Материалы, методы и объекты исследования. Объект исследования – модернизированный распылитель форсунки дизеля.

Испытания проводились последовательно в несколько этапов. Неравномерность цикловой подачи топлива между цилиндрами двигателя может достигать 20%, что приводит к нарушению точности дозирования топлива, подаваемого в камеру сгорания и, как следствие, к повышенному расходу топлива.

Экспериментальная оценка топливной экономичности двигателя проводилась по значению цикловой подачи. Равномерность подачи топлива определяется объёмом топлива в щели распылителя и во многом зависит от загрязненности топлива. Для повышения качества распыления и смесеобразования топлива была предложена совершенствованная конструкция форсунки.

Совершенствование распылителя форсунки заключалось в нарезании винтовой канавки на направляющей части иглы (рис. 1). Новизна технического решения защищена патентом Российской Федерации [10].

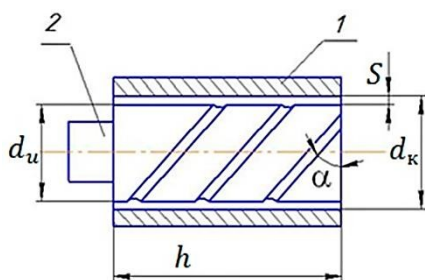


Рисунок 1. Схема иглы распылителя с винтовыми канавками:

1 – корпус распылителя; 2 – игла распылителя

Figure 1. Scheme of a spray needle with helical grooves:

1 – is spray body; 2 – is spray needle

Наличие винтового канала способствует заполнению его топливом, которое одновременно является дополнительной смазкой трущихся поверхностей. Перетекание топлива из винтовой канавки в зазор S между корпусом 1 и иглой 2 распылителя дизельной форсунки создает осесимметричное давление на иглу и тем самым закручивает ее. Кроме того, топливо в винтовом канале смягчает удар иглы о седло корпуса [12].

Для проведения экспериментальных исследований на базе серийных форсунок ФД-22 для дизельного двигателя 4Ч11/12.5 была изготовлена опытная партия модернизированных форсунок (рис. 2). Винтовая ка-

навка нарезалась под углом α на токарном станке 16К20 с помощью эльборового резца.



Рисунок 2. Распылитель (а) модернизированной и (б) серийной форсунки

Figure 2. Nozzles (a) of the upgraded and (b) serial injectors

На игле распылителя выполнена винтовая канавка в направляющей части иглы под углом α с радиусом r , которая способствует осесимметричному давлению на иглу жидкости, перетекающей из канавок в зазор S между корпусом 1 и направляющей части иглы 2 распылителя дизельной форсунки. За счет наличия топлива в винтовом канале происходит смазывание, а также смягченный закручивающий удар конуса иглы о седло корпуса (вместо прямого жесткого удара в серийных распылителях).

На направляющей части иглы распылителя форсунки выполнена спиральная канавка эльборовым резцом на токарном станке 16К20. Предварительные опыты были проведены на опытной партии распылителей (12 штук) путем проливки через их зазор жидкости с разной степенью загрязненности. Результаты фиксировались при работе в течение 30 минут. Целью опытов было установить влияние объема топлива, находящегося в винтовой канавке V_k в долях, на величину зазора между корпусом и иглой распылителя, который определяет объем топлива в щели V_δ .

Поскольку оценка топливной экономичности дизеля по удельным эффективным расходам топлива на режимах номинальной мощности и максимального крутящего момента не является исчерпывающей, такую оценку можно провести с использованием условного среднего на режимах испытательного цикла расхода топлива, который определяется по выражению:

$$g_{e\text{cp}} = \sum_{i=1}^k (G_{\tau_i} \cdot K_i) / \sum_{i=1}^k (N_{e_i} \cdot K_i), \quad (1)$$

где

G_{Ti} – часовой расход топлива на i -м режиме;
 N_{ei} – мощность двигателя на этом режиме;
 K_i – коэффициент, отражающий долю времени каждого режима,
 k – число режимов;

$$G_{Ti} = G_{Tp} + G_{Tx} + G_{Tн} + G_{Tп}, \quad (2)$$

где

G_{Tp} – часовой расход при эксплуатационном режиме;
 $G_{Tн}$ – часовой расход на номинальном режиме;
 G_{Tx} – часовой расход в режиме холостой ход;
 $G_{Tп}$ – часовой расход в режиме перегрузки.
 Расход топлива за один час (часовой расход) определяется по формуле:

$$G_T = \frac{N_e \cdot g_e}{1000}, \quad (3)$$

где

N_e – эффективная мощность, кВт;
 g_e – удельный расход топлива, г/кВт·ч.
 Расчетное определение номинальной мощности двигателя в кВт для трактора данного тягового класса выполняется по следующей формуле:

$$N_{e(H)} = \frac{(P_{кр(i)} + f \cdot G_э) \cdot V_{H(1)}}{\eta_{m(1)} \cdot K_э \cdot 3,6}, \quad (4)$$

где

$P_{кр(i)}$ – номинальная сила тяги, кН;
 f – коэффициент сопротивления качению;
 $G_э$ – эксплуатационная (рабочая) масса трактора, кг, включающая конструктивную массу трактора ($G_э$), массу заправочных материалов, массу тракториста и массу балласта;
 $V_{H(i)}$ – номинальная скорость движения трактора на первой основной передаче, км/ч;
 $\eta_{m(i)}$ – КПД трансмиссии на 1-й основной передаче;

$$\eta_m = \eta_{хол} \cdot \eta_u^{m_u} \cdot \eta_k^{m_k}, \quad (5)$$

где

$\eta_{хол}$ – КПД, учитывающий потери холостого хода;
 η_u и η_k – соответственно КПД цилиндрической и конической пар шестерен;
 m_u и m_k – соответственно число пар цилиндрических и конических шестерен, работающих на данной передаче.

Объем в зазоре между корпусом и иглой распылителя определяется по формуле:

$$v_s = \frac{\pi S^2 h}{4}, \quad (6)$$

где

$S = d_u - d_k$ – величина зазора;
 $d_u = 6,0027$ мм – диаметр направляющей части иглы распылителя;
 $d_k = 6,03$ мм – диаметр корпуса распылителя;
 $h = 20$ мм – высота направляющей части иглы распылителя.

Объем винтового канала определяется по формуле спирали [13]

$$v_k = \pi R^2 l / 2, \quad (7)$$

где

l – длина спирали;
 $R = 0,002$ мм – радиус спирали.

Эти параметры зависят от угла подъема витков спирали α :

$$\begin{aligned} tg \alpha &= 2\pi R / t \\ \sin \alpha &= t / l \\ l &= nt \\ l^2 &= t^2 + (2\pi R)^2 \end{aligned}, \quad (8)$$

где

t – шаг спирали;
 n – число витков спирали.

Топливная экономичность дизеля оценивалась величиной цикловой подачи $q_{ц}$ (г/цикл) [14]:

$$q_{ц} = \frac{8,3 G_T \tau}{n i}, \quad (9)$$

где

G_T – часовой расход топлива (кг/ч);
 τ – тактность дизельного двигателя;
 n – частота вращения коленчатого вала (мин^{-1});
 i – число цилиндров дизельного двигателя.

Для дизельного двигателя Д-240 трактора МТЗ-80 $\tau=4$, $i=4$ получим:

$$G_T = 8,33 \frac{q_{ц}}{n}. \quad (10)$$

Таким образом, при выборе средств улучшения топливной экономичности предпочтительными являются те из них, которые обеспечивают снижение расхода топлива сразу на многих эксплуатационных режимах работы дизелей:

$$G_T = f(q_{ц}). \quad (11)$$

Цикловая подача топлива зависит от следующих величин:

P_c – от эффективного давления в отверстиях распылителя кПа;

t – от продолжительности впрыскивания s ;

$P_b - P_{к.с.}$ – от разницы давления впрыскивания и давления в камере сгорания двигателя;

ρ – от плотности топлива, мг/мм³.

Все эти показатели снимаются на тормозных стендах ($n, M_{дв}, G_T$) и рассчитываются по результатам испытаний (N_c, g_c).

В процессе эксперимента устанавливалось влияние объёма подаваемого топлива и степени его загрязнения $C_{заг}$ на процесс зарачивания распыляемых отверстий. В усовершенствованной конструкции форсунки объём подаваемого топлива больше за счёт винтовой канавки. Процесс облитерации распылителя форсунки автотракторного дизеля оценивался через коэффициент сопротивления щели Y , который определялся как отношение расхода топлива в конце Q_k проливки к расходу топлива в начале Q_n проливки: $Y = Q_k / Q_n$.

В качестве топлива использовался бензин различной степени загрязнения. Проливание бензина через форсунку осуществлялось в течение 30 минут. Перед началом эксперимента расчетным путем были определены объёмы топлива в винтовой канавке v_k и в зазоре между корпусом и иглой распылителя v_s . В качестве варьируемых параметров использовалась степень загрязнённости бензина $C_{заг}$ и его объём в щели распылителя v .

Сопротивления щели в зависимости от двух варьируемых параметров $Y = f(C_{заг}, v)$ в общем виде можно записать уравнением регрессии:

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_1 x_2, \quad (12)$$

где

x_1, x_2 – варьируемые параметры в закодированном виде;

b_0, b_1, b_2, b_3 – коэффициенты аппроксимации. В качестве закодированного параметра x_1 принималась степень загрязнения бензина $C_{заг}$ (%). Параметр x_2 отражал объём топлива в винтовой канавке усовершенствованного распылителя v_k (мм³).

Пределы изменения варьируемых параметров представлены в таблице 1.

Таблица 1. Уровни варьирования факторов влияния на коэффициент сопротивления щели

Table 1. Levels of variation of factors influencing the crack resistance coefficient

Уровни	$C_{заг}$ (%)	x_1	v_k/v_s	x_2
Верхний	$20 \cdot 10^{-4}$	+1	0,9	+1
Основной	$11 \cdot 10^{-4}$	0	0,5	0
Нижний	$2 \cdot 10^{-4}$	-1	0,1	-1
Интервал	$\pm 9 \cdot 10^{-4}$		$\pm 0,4$	

Для реализации возможных сочетаний управляемых факторов была построена матрица планирования эксперимента (табл. 2).

Таблица 2. Матрица планирования эксперимента

Table 2. Experimental design matrix

№ опыта	x_1	x_2
1	+1	+1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	-1	-1

Для определения эффективности работы были проведены эксперименты по вышеуказанным планам (рис. 2) по проливкам через плоскую капиллярную щель керосина, имеющего различную степень загрязнённости (0,0002 и 0,002%). На оси ординат отложено значение коэффициента сопротивления щели $\frac{Q_k}{Q_n}$, на оси абсцисс – величина объёма топлива в винтовом канале V_k в зависимости от объёма топлива в зазоре $V_s \cdot V_k = f(0,1; 0,5; 0,9)V_s$.

Результаты исследования. Согласно формуле (6) объём зазора между корпусом и иглой распылителя составил $v_s = 0,123$ мм³. Объём спирали (7, 8) зависит от угла α подъёма витков:

- при $\alpha = 45^\circ, l = 22$ мм, $v_k = 0,098$ мм³;
- при $\alpha = 40^\circ, l = 18,7$ мм, $v_k = 0,839$ мм³;
- при $\alpha = 30^\circ, l = 17$ мм, $v_k = 0,026$ мм³.

Для определения рациональных размеров винтового канала была получена зависимость коэффициента сопротивления щели Y от объёма топлива. Объём винтового канала v_k (в усовершенствованной форсунке) опре-

делялся через отношение его к объёму между корпусом и иглой распылителя v_s (в стандартной форсунке) v_k/v_s . Использование таких относительных величин позволит распространить полученные экспериментально результаты на форсунки различных размеров.

Степень загрязнения бензина $C_{заг}$ в процессе эксперимента менялась от 0,0002 до 0,002%. Полученная зависимость $Y(v_k/v_s)$ имела линейный характер при любой степени загрязнения (рис. 3).

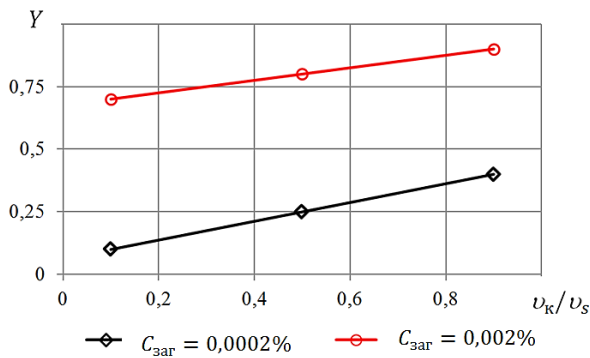


Рисунок 3. Зависимость коэффициента сопротивления Y от объёма топлива в зазоре v_k/v_s при различной степени загрязнённости $C_{заг}$ топлива

Figure 3. Dependence of the resistance coefficient Y on the volume of fuel in the gap v_k/v_s with different degrees of fuel contamination $C_{заг}$

При максимальной загрязнённости экспериментального бензина $C_{заг} = 0,002\%$ и увеличении общего объёма подаваемого топлива ($v_k + v_s$) на 10% коэффициент сопротивления щели составил всего $Y = 0,1$. Другими словами, нарезание винтовой канавки с объёмом $v_k/v_s = 0,1$ не даёт никакого эффекта при высокой степени загрязнения топлива.

Увеличение размеров винтового канала, объём которого соизмерим с объёмом зазора между корпусом и иглой распылителя $v_k/v_s \approx 0,9$, позволяет увеличить коэффициент сопротивления щели до $Y = 0,8-0,9$, что свидетельствует о практическом отсутствии зарастивания распыляющей щели. При этом расход жидкости снижается всего на 20%. Это позволило определить, что рациональный объём винтовой канавки должен составлять не менее половины объёма зазора между корпусом и иглой распылителя $v_k/v_s = 0,5-0,9$.

Для четырёхцилиндрового $i = 4$ дизельного двигателя Д-240 сельскохозяйственного трактора МТЗ-80 тактность равна $\tau = 4$, и часовой расход топлива составит $G_T = 8,33q_{ц}/n$. На основании формулы (4) была получена скоростная характеристика для топливного насоса высокого давления (рис. 4).

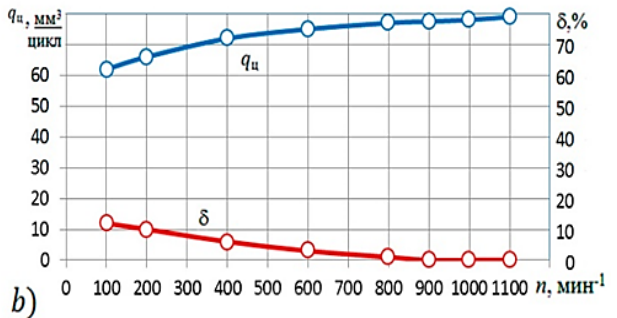
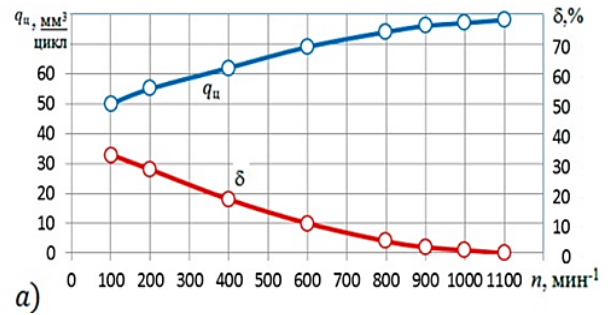


Рисунок 4. Зависимость цикловой подачи $q_{ц}$ и неравномерности подачи δ топлива от частоты вращения n для (а) серийной и (б) модернизированной форсунки

Figure 4. Dependence of the cyclic supply $q_{ц}$ and the unevenness δ of the fuel supply on the rotation speed n for (a) a serial and (b) a modernized injector

Использование модернизированных форсунок повышает цикловую подачу топлива в среднем на 1,38–2,2% и снижает неравномерность подачи топлива на 24–26,5%. Данный вывод хорошо коррелируется с результатами других исследователей по этой тематике [14, 15].

При низкой скорости вращения вала топливного насоса $n = 400-800 \text{ мин}^{-1}$ наблюдается высокая неравномерность δ подачи топлива от 2,7 до 16,1%. Увеличение скорости вращения вала до $n = 850-1100 \text{ мин}^{-1}$ способствует снижению неравномерности цикловой подачи топлива до $\delta = 1-2\%$.

Вывод. Для улучшения эффективности использования дизелей предложено усовершенствование распылителя дизельной форсунки путём нарезания винтовой канавки на направляющей части иглы.

На основе сравнительного эксперимента серийных и модернизированных форсунок выявлено, что увеличение суммарного зазора за счет наличия винтовой канавки в 2 раза приводит к снижению зарастивания щели. При этом наблюдается снижение расхода топлива на 20%, а коэффициент сопротивления щели равен 0,8–0,9. На основе полученных данных определен рациональный объем винтовой канавки, составляющий 0,5–0,9 от объема щели между корпусом и иглой распылителя.

Экспериментально получено, что при низкой скорости вращения вала топливного насоса $n = 400–800 \text{ мин}^{-1}$ наблюдается высокая неравномерность δ подачи топлива (от 2,7 до 16,1%). Увеличение скорости вращения вала до $n = 850–1100 \text{ мин}^{-1}$ способствует снижению неравномерности цикловой подачи топлива до $\delta = 1–2\%$.

Область применения результатов. Модернизированный распылитель форсунки повышает стабильность топливоподачи и рекомендуется для использования на ремонтных предприятиях в целях обслуживания дизелей.

Список литературы

1. Гурин Т. Ю. Повышение долговечности форсунок автотракторных дизелей модернизацией распылителей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2010. 15 с.
2. Надежность и эффективность МТА при выполнении технологических процессов: монография / Т. А. Лебедев, О. П. Наумов, Р. А. Магомедов [др.]. Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2015. 332 с.
3. Шарифуллин С. Н. Повышение эксплуатационной надежности топливных насосов высокого давления автотракторных дизелей: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Москва, 2009. 32 с.
4. Батыров В. И., Губжиков Х. Л., Болотоков А. Л. Особенности работы дизеля в высокогорных условиях // Сельский механизатор. 2017. № 2. С. 31–32. EDN: ZDEDLX
5. Батыров В. И., Койчев В. С., Болотоков А. Л. Зависимость параметров топливоподачи от давления в полости питания ТНВД // Научно-технический прогресс в АПК: проблемы и перспективы: сб. науч. тр. по материалам XII Международной научно-практической конференции, в рамках XVIII Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2016». Ставрополь, 2016. С. 252–256. EDN: VQTJCH
6. Батыров В. И., Болотоков А. Л. Повышение надежности работы распылителя форсунки дизелей // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 3. С. 12–15.
7. Лебедев А. Т., Болотоков А. Л., Лебедев П. А. Повышение долговечности распылителей форсунок автотракторных дизелей // Вестник АПК Ставрополья. 2018. № 2(30). С. 34–37. DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-30-34-37. EDN: UUNWOU
8. Lebedev A.T., Lebedev P.A., Apazhev A.K., Egozhev A.M., Bolotokov A.L. Improving the economy of diesel engines with the upgraded sprayer of the injector // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. № 6. Pp. 737–742. EDN: XFIBOQ
9. Батыров В. И., Губжиков Х. Л., Болотоков А. Л. Изменения параметров распыливающих отверстий форсунок автотракторных дизелей в эксплуатации // Молодёжный форум: технические и математические науки. Воронеж: Воронежский ГЛТУ, 2015. С. 83–85.
10. Пат. 2231673 Российская Федерация, МПК7 F02M 61/10. Распылитель дизельной форсунки / Ю. М. Хаширов, Х. У. Бугов, А. Л. Болотоков; заявитель и патентообладатель Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия. № 2001131630/06; заявл. 22.11.2001; опубл. 27.06.2004, Бюл. № 15. EDN: QICOPD
11. Болотоков А. Л., Трояновская И. П., Войнаш С. А. Сравнительные испытания форсунок дизелей с серийными и модернизированными распылителями // Тракторы и сельхозмашины. 2024. № 91(2). С. 243–250. DOI: 10.17816/0321-4443-622766. EDN: IUOZXX
12. A numerical study of the effect of spiral counter grooves on a needle on flow turbulence in a diesel injector / B. Sa, V. Markov, O. Klyus, V. Kamaltdinov // Fuel. 2021. Том. 290. С. 120013. DOI: 10.1016/j.fuel.2020.120013. EDN: MSGZSS
13. Troyanovskaya I. Influence of Mountain Conditions on Road Fuel Consumption (Example of the Republic of Tajikistan) // Transportation Research Procedia. 2022. Vol. 61. Pp. 273–279. DOI: 10.1016/j.trpro.2022.01.045

14. Гурин Т. Ю. Повышение долговечности форсунок автотракторных дизелей модернизацией распылителей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2010. С. 19.
15. Шарифуллин С. Н. Повышение эксплуатационной надежности топливных насосов высокого давления автотракторных дизелей: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Москва, 2009. С. 32. EDN: NLBPSV

References

1. Gurin T.Yu. *Povysheniye dolgovechnosti forsunok avtotraktornykh dizeley modernizatsiyey raspylitele* [Increasing the durability of automotive diesel injectors by modernizing nozzles]: *avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk.* Novosibirsk, 2010. 15 p. (In Russ.).
2. Lebedev T.A., Naumov O.P., Magomedov R.A. [et al.] *Nadezhnost' i effektivnost' mashinno-traktornogo agregata pri vypolnenii tekhnologicheskikh protsessov* [Reliability and efficiency of a machine-tractor unit when performing technological processes]: *monografiya.* Stavropol: AGRUS Stavropol'skogo gos. Agrarnogo un-ta, 2015. 332 p. (In Russ.).
3. Sharifullin S.N. *Povysheniye ekspluatatsionnoy nadezhnosti toplivnykh nasosov vysokogo davleniya avtotraktornykh dizeley* [Improving the operational reliability of high-pressure fuel pumps of automotive diesel engines]: *avtoref. dis. ... dokt. tekhn. nauk.* Moscow, 2009. 32 p. (In Russ.).
4. Batyrov V.I., Gubzhokov H.L., Bolotkov A.L. Features of diesel engine operation in high-altitude conditions. *Sel'skiy mekhanizator.* 2017;(2):31–32. EDN: ZDEDLX. (In Russ.)
5. Batyrov V.I., Koichev V.S., Bolotkov A.L. Dependence of fuel supply parameters on pressure in the feed cavity of the high pressure fuel pump. *Nauchno-tekhnicheskij progress v APK: problemy i perspektivy: sb. nauch. tr. po materialam HII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferenciya, v ramkah XVIII Mezhdunarodnoj agropromyshlennoj vystavki «Agrouniversal-2016»* [Scientific and technological progress in the agro-industrial complex: problems and prospects: collection. scientific tr. based on materials from the XII International Scientific and Practical Conference, within the framework of the XVIII International Agro-Industrial Exhibition "Agrouniversal-2016"]. Stavropol, 2016. Pp. 252–256. (In Russ.). EDN: VQTJCH
6. Batyrov V.I., Bolotkov A.L. Improving the reliability of the diesel nozzle atomizer. *Tekhnika v sel'skom hozyajstve.* 2012;(3):12–15. (In Russ.)
7. Lebedev A.T., Bolotkov A.L., Lebedev P.A. Increase of durability of injector nozzles automotive diesel engines. *Agricultural Bulletin of Stavropol region.* 2018;2(30):34–37. DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-30-34-37. (In Russ.). EDN: UUNWOU
8. Lebedev A.T., Lebedev P.A., Apazhev A.K., Egozhev A.M., Bolotkov A.L. Improving the economy of diesel engines with the upgraded sprayer of the injector. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 20189. № 6. Pp. 737–742. EDN: XFIBOQ
9. Batyrov V.I., Gubzhokov H.L., Bolotkov A.L. Changes in parameters of spraying holes of injectors of automotive diesel engines in operation. *Molodozhnyy forum: tekhnicheskkiye i matematicheskkiye nauki* [Youth Forum: technical and mathematical sciences]. Voronezh: Voronezhskij GLTU, 2015. Pp. 83–85. (In Russ.).
10. Pat. 2231673 Russian Federation, ICI 7 F02M 61/10. Diezel engine nozzle spray tip. Yu.M. Khashirov, Kh.U. Bugov, A.L. Bolotkov; applicant and patent holder Kabardino-Balkarskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya. No. 2001131630/06; dec. 22.11.2001; publ. 06.27.2004, Bull. No. 15. (In Russ.). EDN: QICOPD
11. Bolotkov A.L., Troyanovskaya I.P., Voinash S.A. Comparative tests of diesel injectors with current and upgraded nozzles. *Tractors and agricultural machinery.* 2024;91(2):243–250. DOI: 10.17816/0321-4443-622766. (in Russ).
12. Sa B., Markov V., Klyus O., Kamaltdinov V. A numerical study of the effect of spiral counter grooves on a needle on flow turbulence in a diesel injector. *Fuel.* 2021;290:120013. DOI: 10.1016/j.fuel.2020.120013. EDN: MSGZSS
13. Troyanovskaya I. Influence of Mountain Conditions on Road Fuel Consumption (Example of the Republic of Tajikistan). *Transportation Research Procedia.* 2022;61:273–279 DOI: 10.1016/j.trpro.2022.01.045
14. Gurin T.Yu. *Povysheniye dolgovechnosti forsunok avtotraktornykh dizeley modernizatsiyey raspylitelej: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk.* [Increasing the durability of injectors of automotive and tractor diesel engines by modernizing sprayers: Abstract of Cand. Sci.]. Novosibirsk. 2010. p. 19. (in Russ)
15. Sharifullin S.N. *Povysheniye ekspluatatsionnoy nadezhnosti toplivnykh nasosov vysokogo davleniya avtotraktornykh dizelej: avtoref. dis. ... dokt. tekhn. nauk* [Improving the operational reliability of high-pressure fuel pumps for automotive and tractor diesel engines: Abstract of a PhD thesis]. Moscow. 2009. P. 32. (in Russ). EDN: NLBPSV

Сведения об авторах

Болотоков Анзор Леонидович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры агроинженерии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 7116-4270, Scopus ID: 57214128830, Researcher ID: GWZ-2036-2022

Танашев Астемир Арсенович – аспирант кафедры агроинженерии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 3278-9621

Information about the authors

Anzor L. Bolotokov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agricultural Engineering, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 7116-4270, Scopus ID: 57214128830, Researcher ID: GWZ-2036-2022

Astemir A. Tanashev – Postgraduate student at the Department of Agricultural Engineering, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 3278-9621

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 10.11.2025;
одобрена после рецензирования 28.11.2025;
принята к публикации 05.12.2025.*

*The article was submitted 10.11.2025;
approved after reviewing 28.11.2025;
accepted for publication 05.12.2025.*

Научная статья

УДК 631.371

DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-95-102

Энергоэффективные электроприводы в агропромышленном комплексе: анализ, моделирование и оптимизация режимов работы

Аслан Анатольевич Кумахов^{✉1}, Залимхан Русланович Кудает²,
Саидмагомед Хасанович Кушаев³, Юрий Сафарбиевич Хапов⁴

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

¹kumahov071@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4760-3496>

²zalimhan007@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7446-4583>

³kushaev1969@mail.ru

⁴YS-007@mail.ru

Аннотация. Энергетика агропромышленного комплекса (АПК) является одной из ключевых составляющих устойчивого развития сельского хозяйства. Современные сельскохозяйственные предприятия характеризуются высокой энергоёмкостью технологических процессов, что обусловлено применением широкого спектра электромеханического оборудования – от насосных и вентиляционных систем до транспортеров, мельниц, кормораздатчиков, доильных установок и систем климат-контроля. По данным Министерства сельского хозяйства РФ, на электроприводы различного назначения приходится от 60 до 75% общего энергопотребления в сельхозпроизводстве. В этих условиях повышение энергоэффективности электроприводов становится одной из приоритетных задач технической модернизации аграрного сектора. Проблема заключается в том, что большинство эксплуатируемых электродвигателей работают в режиме неполной загрузки, при низком коэффициенте мощности и отсутствии систем адаптивного управления. Это приводит к значительным потерям активной и реактивной энергии; ускоренному износу оборудования; повышенным эксплуатационным расходам; снижению общей энергоэффективности предприятий. Современные исследования показывают, что только за счёт внедрения частотно-регулируемых электроприводов (ЧРП) и оптимизации режимов работы асинхронных двигателей можно добиться снижения энергозатрат и потенциальной экономии электроэнергии, равной (0,1–0,25%) от текущего энергопотребления предприятия. Однако на практике внедрение таких решений затруднено рядом факторов: отсутствием комплексных моделей энергоэффективности электроприводов в условиях изменяющихся нагрузок; отсутствием систем интеллектуального мониторинга параметров работы; недостаточной интеграцией с цифровыми платформами управления производством (SCADA, IoT, MES).

Ключевые слова: энергетика, электроприводы, асинхронные двигатели, частотно-регулируемый привод, интеллектуальные системы, энергетический аудит

Для цитирования: Кумахов А. А., Кудает З. Р., Кушаев С. Х., Хапов Ю. С. Энергоэффективные электроприводы в агропромышленном комплексе: анализ, моделирование и оптимизация режимов работы // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова 2025. № 4(50). С. 95–102. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-95-102

Original article

Energy-efficient electric drive in the agro-industrial complex: analysis, modelling and optimization of operation modes

Aslan A. Kumakhov^{✉1}, Zalimkhan R. Kudaev², Kushayev S. Khasanovich³,
Yuri S. Khapov⁴

Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue,
Nalchik, Russia, 360030

^{✉1}kymahov071@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4760-3496>

²zalimhan007@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7446-4583>

³kushaev1969@mail.ru

⁴YS-007@mail.ru

Abstract. Energy in the agro-industrial complex (AIC) is a key component of sustainable agricultural development. Modern agricultural enterprises are characterized by high energy intensity in technological processes, which is due to the use of a wide range of electromechanical equipment – from pumping and ventilation systems to conveyors, mills, feed dispensers, milking machines, and climate control systems. According to the Russian Ministry of Agriculture, electric drives for various purposes account for 60 to 75% of total energy consumption in agricultural production. Under these conditions, improving the energy efficiency of electric drives is becoming a priority for the technical modernization of the agricultural sector. The problem is that most electric motors in operation operate at partial load, with a low power factor and a lack of adaptive control systems. This leads to: significant losses of active and reactive energy; accelerated equipment wear; increased operating costs; and a decrease in the overall energy efficiency of enterprises. Modern research shows that by implementing variable-frequency electric drives (VFDs) and optimizing the operating modes of asynchronous motors alone, it is possible to achieve potential energy savings equal to (0.1–0.25) of a company's current energy consumption. This approach is aimed at reducing energy costs. However, in practice, the implementation of such solutions is hampered by a number of factors: the lack of comprehensive models for the energy efficiency of electric drives under changing loads; the absence of intelligent monitoring systems for operating parameters; and insufficient integration with digital production management platforms (SCADA, IoT, MES).

Keywords: power engineering, electric drives, asynchronous motors, variable frequency drives, intelligent systems, and energy audit

For citation: Kumakhov A.A., Kudaev Z.R., Kushaev S.Kh., Khapov Yu.S. Energy-efficient electric drives in the agro-industrial complex: analysis, modeling and optimization of operating modes. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;4(50):95–102. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-95-102

Введение. Электроприводы составляют основу энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий. В последние годы внимание исследователей сосредоточено на повышении энергоэффективности асинхронных и синхронных двигателей, применяемых в насосных установках, вентиляционных системах, транспортёрных линиях и других технологических процессах [1, 2].

Согласно данным Минсельхоза РФ (2023), энергопотребление на действующих фермах часто превышает нормативные показатели на

15–20%, что связано с эксплуатацией устаревшего оборудования и отсутствием систем управления нагрузкой [3, 4].

Научные исследования последних лет (Белов, 2022; Левченко, 2023; Писарев, 2021) подчеркивают, что основными направлениями повышения энергоэффективности являются:

– оптимизация режимов работы двигателей – подбор номинальных нагрузок, снижение холостого хода и минимизация пусковых токов [5];

– использование частотно-регулируемых приводов (ЧРП), позволяющих плавно изменять скорость вращения в зависимости от потребностей нагрузки [6];

– компенсация реактивной мощности с помощью конденсаторных батарей для повышения коэффициента мощности ($\cos \varphi \setminus \cos \varphi$) [7];

– применение интеллектуальных систем мониторинга и управления (SCADA, IoT), системы предиктивного обслуживания [8].

Цель исследования – разработка научно-обоснованных методов анализа и оптимизации режимов работы электроприводов сельскохозяйственного назначения на основе моделирования энергетических процессов и внедрения адаптивного управления.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

– проанализировать структуру и особенности электроприводных систем в сельском хозяйстве;

– исследовать закономерности изменения энергоэффективности асинхронных двигателей при различных режимах нагрузки;

– разработать математическую модель электропривода с учётом характеристик двигателя, привода и нагрузки;

– оценить энергетические потери и определить резервы энергосбережения;

– предложить алгоритмы адаптивного регулирования для оптимизации режимов работы электродвигателей.

Материалы и методы исследования. Наиболее распространённые подходы к оптимизации электроприводов включают:

1) статистический анализ нагрузки и энергопотребления – позволяет выявить пики потребления и определить зоны неэффективной работы двигателя;

2) математическое моделирование электроприводов – используется классическая модель асинхронного двигателя с учётом механических и электрических потерь:

$$P_1 = U \cdot I \cdot \cos \varphi; \quad (1)$$

$$P_2 = M \cdot \omega; \quad (2)$$

$$\Delta P = P_1 - P_2, \quad (3)$$

где

P_1 – потребляемая мощность;

P_2 – полезная механическая мощность;

ΔP – потери;

M – момент на валу;

ω – угловая скорость;

3) энергетический аудит и расчет КПД;

4) методы позволяют оценить текущие потери и определить потенциальный резерв энергосбережения.

Интеллектуальное управление с адаптивными алгоритмами. Системы продуктивного регулирования позволяют оптимизировать режимы работы электроприводов в реальном времени, учитывая текущие технологические требования и внешние условия¹.

Результаты и исследования. Несмотря на значительный прогресс в области энергоэффективных технологий, на практике внедрение оптимизированных режимов работы электроприводов в АПК затруднено:

1) отсутствием унифицированных моделей для различных типов нагрузок;

2) недостаточной интеграцией с существующими системами управления предприятия;

3) сложностью в подборе оптимальных алгоритмов адаптивного регулирования для нестабильной нагрузки;

4) ограниченной квалификацией персонала, ответственного за эксплуатацию современных ЧРП и интеллектуальных систем.

Эти проблемы подчеркивают необходимость разработки комплексного подхода, включающего моделирование, анализ и адаптивное управление электроприводами [9] (табл. 1).

Из таблицы видно, что комплексное применение методов (ЧРП + компенсация реактивной мощности + адаптивное управление) обеспечивает максимальный эффект.

Для анализа и оптимизации режимов работы электроприводов в АПК используется классическая модель асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Электрическая часть двигателя описывается системой уравнений:

$$\begin{cases} u_s = R_s \cdot i_s + L_s \cdot \left(\frac{di \cdot s}{dt}\right) + e_s; \\ u_r = R_r \cdot i_r + L_r \cdot \left(\frac{di \cdot r}{dt}\right) + e_r, \end{cases} \quad (4)$$

¹ГОСТ Р 51522-2000. Электроприводы переменного тока. Общие технические требования. Москва: Стандартинформ, 2000.

Таблица 1. Эффективность методов оптимизации электроприводов
Table 1. Efficiency of electric drive optimization methods

Метод оптимизации	Снижение энергопотребления	Сложность внедрения	Применимость в АПК
ЧРП	15–25%	Средняя	Широкая
Компенсация реактивной мощности	5–10%	Низкая	Широкая
Интеллектуальные системы управления	10–20%	Высокая	Ограниченная (требует цифровизации)
Статистический аудит	5–15%	Средняя	Широкая

где

u_s, u_r – напряжение статора и ротора, В;
 i_s, i_r – токи статора и ротора, А;
 R_s, R_r – сопротивления обмоток, Ом;
 L_s, L_r – индуктивности обмоток, Гн;
 e_s, e_r – электродвижущие силы.

Механическая часть модели описывается уравнением движения ротора:

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = M_e - M_l - M_f, \quad (5)$$

где

J – момент инерции, кг·м²;
 ω – угловая скорость, рад/с;
 M_e – электромагнитный момент, Н·м;
 M_l – нагрузочный момент, Н·м;
 M_f – моменты трения и сопротивления, Н·м.

Полезная механическая мощность на валу определяется как:

$$P_2 = M_e \cdot \omega, \quad (6)$$

а КПД двигателя рассчитывается по формуле:

$$\eta = \frac{P_1}{P_2} = M_e \cdot \frac{\omega}{U \cdot I \cdot \cos\varphi}. \quad (7)$$

Нагрузки в АПК отличаются большим разнообразием и динамичностью. Для упрощённого анализа используется модель изменяющейся нагрузки:

$$M_l(t) = M_{\text{ном}} \cdot \alpha(t), 0 \leq \alpha(t) \leq 1, \quad (8)$$

где

$M_{\text{ном}}$ – номинальный момент;
 $\alpha(t)$ – коэффициент загрузки, зависящий от технологического процесса.

Энергопотребление двигателя за период T оценивается как:

$$E = \int_0^T U \cdot I(t) \cdot \cos\varphi(t) dt. \quad (9)$$

Это позволяет оценить динамические потери и определить оптимальные режимы работы.

Методы, используемые для повышения энергоэффективности

Частотно-регулируемые приводы (ЧРП).

Плавное изменение скорости двигателя позволяет экономить электроэнергию при изменении нагрузки по закону куба:

$$P \propto n^3, \quad (10)$$

где

n – частота вращения ротора.

Компенсация реактивной мощности. Установка конденсаторных батарей повышает коэффициент мощности $\cos\varphi$ и снижает потери на линии передачи:

$$\Delta P = \left(\frac{I_1}{I_2} \right) \cos\varphi. \quad (11)$$

Адаптивное управление нагрузкой. Интеллектуальные контроллеры регулируют скорость и момент вращения двигателя в зависимости от реальной нагрузки, что позволяет снизить простои и оптимизировать энергопотребление.

Рассмотрим в качестве примера насосную установку в животноводческом комплексе: мощность двигателя: $P_{\text{ном}}=7,5$ кВт; время работы: $t=3000$ ч/год; средняя нагрузка: 70%; коэффициент мощности: $\cos\varphi=0,78$; КПД двигателя: $\eta=0,88$.

Потребляемая энергия до оптимизации:

$$E_1 = \frac{P_{\text{ном}} \cdot 0,7 \cdot 3000}{0,88} \approx 17,9 \text{ тыс. кВт.ч.} \quad (12)$$

После внедрения ЧРП и компенсации реактивной мощности (нагрузка 85%, $\cos\varphi=0,95$, $\eta=0,92$):

$$E_2 = \frac{P_{\text{ном}} \cdot 0,85 \cdot 3000}{0,92} \approx 16,6 \text{ тыс. кВт.ч.} \quad (13)$$

Экономия энергии:

$$\Delta E = E_1 - E_2 \approx 1,3 \text{ тыс. кВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{ГОД}} \quad (14)$$

При тарифе 6 руб./кВт·ч экономия составляет 7800 руб./год на одном двигателе.

Применение комбинации математического моделирования, ЧРП и адаптивного управления позволяет оптимизировать режимы работы электроприводов; снизить энергопотребление на 7–25%; повысить коэффициент полезного действия оборудования; уменьшить износ и продлить срок службы двигателей; интегрировать управление с цифровыми платформами (SCADA, IoT).

Для оценки эффективности применения частотно-регулируемых приводов (ЧРП) и адаптивного управления проведён сравнительный расчёт потребляемой энергии для насосной установки в животноводческом комплексе [10] (табл. 2).

Таблица 2. Энергопотребление до и после оптимизации

Table 2. Energy consumption before and after optimization

Показатель	До оптимизации	После оптимизации
Мощность двигателя, кВт	7,5	7,5
Средняя нагрузка, %	70	85
Коэффициент мощности cosφ	0,78	0,95
КПД, η	0,88	0,92
Энергопотребление, тыс. кВт·ч	17,9	16,6
Экономия, тыс. кВт·ч	–	1,3

Формулы расчёта энергии до оптимизации:

$$E_1 = \frac{(P_{\text{ном}} \cdot t)}{\eta}; \quad (15)$$

после оптимизации:

$$E_2 = \frac{(P_{\text{ном.о}} \cdot t)}{\eta}; \quad (16)$$

экономия:

$$\Delta E = E_1 - E_2; \quad (17)$$

Прогноз экономии при масштабировании.

Если на ферме используется 10 одинаковых насосных установок, экономия энергии составит:

$$\Delta E_{\text{общ}} = \Delta E \cdot 10 \approx 13 \text{ тыс. кВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{ГОД}} \quad (18)$$

При тарифе 6 руб./кВт·ч – это 78000 руб./год экономии только на насосах.

Для других типов оборудования (кормораздатчики, вентиляция, сепараторы) аналогичные мероприятия позволяют снизить потребление энергии на 7–25%, что при масштабировании на весь АПК даёт значительную экономию.

В качестве выводов по экономии энергии можно предоставить следующие пункты:

- применение ЧРП и адаптивного управления показало реальное снижение энергопотребления;
- экономический эффект пропорционален количеству оборудования и времени работы;
- внедрение интеллектуального управления позволяет не только экономить электроэнергию, но и продлить срок службы оборудования.

Прогноз показывает, что для крупных комплексов экономия может достигать сотен тысяч рублей в год, что делает мероприятия высокоэффективными и рентабельными.

Для повышения энергоэффективности в агропромышленном комплексе рекомендуется:

- использовать частотно-регулируемые приводы (ЧРП) на насосах, вентиляторах, кормораздатчиках;
- выбирать электродвигатели с повышенным КПД (IE3 и выше);
- применять адаптивные системы управления, учитывающие динамику нагрузки и технологические процессы;
- внедрять систему мониторинга и учёта энергопотребления, интегрированную с SCADA или IoT-платформой.

Расчёт экономической эффективности.

Пусть на предприятии установлено N электродвигателей с номинальной мощностью $P_{\text{ном}}$ каждый, работающих t часов в год.

Энергопотребление до оптимизации:

$$E_1 = \sum_{i=1}^N \frac{P_{\text{ном}} \cdot i \cdot \alpha i \cdot t}{\eta i}, \quad (19)$$

где

αi – средняя нагрузка;

ηi – КПД двигателя.

Энергопотребление после внедрения ЧРП и адаптивного управления:

$$E_2 = \sum_{i=1}^N \frac{P_{\text{ном}} \cdot i \cdot \alpha i' \cdot t}{\eta' i}. \quad (20)$$

Экономия энергии:

$$\Delta E = E_1 - E_2. \quad (21)$$

Экономический эффект: экономия, руб. = ΔE тариф электроэнергии.

Если мы рассчитаем прогнозный эффект и сроки окупаемости на примере фермы с 10 насосами по 7,5 кВт каждый, то получим следующие цифры: энергопотребление до оптимизации: 17,9 тыс. кВт·ч/год на один насос; после оптимизации: 16,6 тыс. кВт·ч/год; экономия на 10 насосах: 13 тыс. кВт·ч/год; тариф электроэнергии: 6 руб./кВт·ч; экономия в денежном выражении: 78 000 руб./год; стоимость внедрения ЧРП и адаптивного управления на 10 насосов: ~150 000 руб.; срок окупаемости: ~2 года;

Выводы. Энергоэффективные электроприводы являются ключевым инструментом снижения затрат и повышения надёжности оборудования в агропромышленном комплексе.

Совокупное применение ЧРП, адаптивного управления и цифровых систем мониторинга позволяет достичь значительных экономических и экологических эффектов.

Дальнейшее развитие технологий и интеграция с цифровыми платформами создаёт основу для «умного» АПК с минимальным энергопотреблением и высокой производительностью.

Проведено математическое моделирование асинхронных электроприводов с учётом изменяющейся нагрузки и потерь энергии.

Разработаны методы оптимизации работы электродвигателей в АПК с использованием частотно-регулируемых приводов (ЧРП) и адаптивного управления.

Выполнен инженерный расчёт и показана реальная экономия энергии: до 7–25% на отдельных агрегатах.

Прогноз масштабируемой экономии для фермы с 10 насосами составил около 13 тыс. кВт·ч/год, что эквивалентно экономии 78 000 руб./год.

Определены сроки окупаемости внедрения энергоэффективных электроприводов – от 1 до 3 лет в зависимости от масштаба и количества оборудования.

Список литературы

1. Афанасьев В. Н. Электроприводы и их применение в сельском хозяйстве. Москва: Колос, 2018. 256 с.
2. Богатырев Н. И., Кумейко А. А., Харченко С. Н. Автоматизированный электропривод сельскохозяйственных установок: учебное пособие. Краснодар, 2024. 106 с. ISBN: 978-5-907906-96-9. EDN: LJPPJB
3. Кудав З. Р., Кумахов А. А. К вопросу энерго- и ресурсосбережения // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 4(34). С. 45–52. EDN: ZVCAPQ
4. Барагунов А. Б. Частные составляющие технологии и оборудования молочного животноводства в горных условиях // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 1(43). С. 99–107. DOI: 10.55196/2411-3492-2024-1-43-99-107. EDN: CRCKXR
5. Литвинов Д. В. Автоматизация технологических процессов в АПК. Казань: Казанский университет, 2017. 198 с.
6. Гусев Ю. М., Иванова Е. П. Частотно-регулируемые приводы в промышленности и сельском хозяйстве. Москва: Машиностроение, 2019. 224 с.
7. IEEE 112-2017. Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motors [Электронный ресурс]. IEEE, 2017. URL: https://standards.sale/IEEE_112-2017 (дата обращения 18.03.2025)
8. Оськин С. В. Автоматизированный электропривод: учебное пособие. Краснодар: Изд-во КРОН, 2014. 510 с. ISBN: 978-5-94672-600-9. EDN: TNPBSD

9. «Пассивный дом» как технология энергосберегающего строительства / З. Р. Кудяев, А. А. Кумахов, А. Г. Фиашев [др.] // International agricultural journal. 2021. Т. 64. № 5. 26. DOI: 10.24412/2588-0209-2021-10379. EDN: TVLMQI

10. Аккиев Р. Я., Забаков Э. М., Барагунов А. Б. Энергосберегающий аспект в аграрном направлении // Энергоресурсосбережение и энергоэффективность: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. науч. тр. II Международной научно-практической конференции. Нальчик, 2023. С. 7–10. EDN: UQYTLS

References

1. Afanasyev V.N. *Elektroprivody i ih primeneniye v sel'skom hozyajstve* [Electric drives and their application in agriculture]. Moscow: Kolos, 2018. 256 p. (In Russ.)

2. Bogatyrev N.I., Kumeiko A.A., Kharchenko S.N. *Avtomatizirovannyj elektroprivod sel'skohozyajstvennykh ustanovok: uchebnoye posobie* [Automated electric drive of agricultural installations: a tutorial]. Krasnodar, 2024. 106 p. ISBN: 978-5-907906-96-9. (In Russ.). EDN: LJPPJB

3. Kudaev Z.R., Kumakhov A.A. On the issue of energy and resource conservation. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;4(34):45–52. (In Russ.). EDN: ZVCAPQ

4. Baragunov A.B. Partial components of dairy animal technology and equipment in the mountain conditions. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2024;1(43):99–107. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2024-1-43-99-107. EDN: CRCKXR

5. Litvinov D.V. *Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh processov v APK* [Automation of technological processes in the agro-industrial complex]. Kazan: Kazanskij universitet, 2017. 198 p. (In Russ.)

6. Gusev Yu.M., Ivanova E.P. *Chastotno-reguliruyemye privody v promyshlennosti i sel'skom hozyajstve* [Variable-frequency drives in industry and agriculture]. Moscow: Mashinostroenie, 2019. 224 p. (In Russ.)

7. IEEE 112-2017. Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motors [Electronic resource]. IEEE, 2017. URL: https://standards.sale/IEEE_112-2017 (date of access: 18.03.2025)

8. Oskin S.V. *Avtomatizirovannyj elektroprivod: uchebnoye posobie*. [Automated Electric Drive: A Tutorial]. Krasnodar: Izd-vo KRON, 2014. 510 p. ISBN: 978-5-94672-600-9. (In Russ.). EDN: TNPBSD

9. Kudaev Z.R., Kumakhov A.A., Fiashhev A.G. [et al.] "Passive House" as an energy-saving construction technology. *International agricultural journal*. 2021;64(5):26. (In Russ.). DOI: 10.24412/2588-0209-2021-10379. EDN: TVLMQI

10. Akkiyev R.Ya., Zabakov E.M., Baragunov A.B. Energy saving aspect in agriculture. *Energoresursosberezheniye i energoeffektivnost': aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii: sb. nauch. tr. II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Energy resource conservation and energy efficiency: current issues, achievements and innovations: collection of scientific papers from the II International Scientific and Practical Conference]. Nalchik, 2023. Pp. 7–10. (In Russ.). EDN: UQYTLS

Сведения об авторах

Кумахов Аслан Анатольевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 8661-7780

Кудяев Залимхан Русланович – старший преподаватель кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 5253-0367

Кушаев Саид Хасанович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4154-6929

Хапов Юрий Сафарбиевич – учебный мастер кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 3246-9050

Information about the authors

Aslan A. Kumakhov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Energy Supply to Enterprises, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 8661-7780

Zalimkhan R. Kudayev – Senior Lecturer, Department of Energy Supply to Enterprises, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 5253-0367

Said K. Kushaev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Energy Supply to Enterprises, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4154-6929

Yuriy S. Khapov – Teaching Assistant, Department of Energy Supply to Enterprises, Federal State Budgetary, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 3246-9050

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 31.10.2025;
одобрена после рецензирования 27.11.2025;
принята к публикации 05.12.2025.*

*The article was submitted 31.10.2025;
approved after reviewing 27.11.2025;
accepted for publication 05.12.2025.*

Научная статья

УДК 631.51

DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-103-110

Влияние угла действия режущего клина на механизм деформирования почвы и энергоёмкость процесса почвообработки

Мухамад Хусаинович Мисиров^{✉1}, Артур Мухамедович Егожев²

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

^{✉1}misir56@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9752-1184>

²artyr-egozhev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4220-9107>

Аннотация. В статье представлены результаты теоретического исследования влияния угла действия ω режущего клина на механизм деформирования и энергоёмкость процесса обработки почвы. На основе анализа классических и современных подходов установлено, что угол действия, определяемый как угол между равнодействующей силой резания и вектором скорости, является ключевым параметром, определяющим преобладающий тип деформации (отрыв, сдвиг или сжатие). Показано, что для типичных условий работы почвообрабатывающих орудий (угол резания $\delta = 15\text{--}40^\circ$, угол трения $\psi = 22\text{--}31^\circ$) угол действия является положительным и лежит в диапазоне $\omega = 37\text{--}71^\circ$, что обуславливает преобладание отрывной деформации над сдвиговой. Построена классификация из пяти возможных механизмов деформирования в зависимости от величины угла действия и проанализирована их энергоёмкость. Установлено, что отрывная деформация, характеризующаяся наименьшими энергозатратами, реализуется при положительных углах действия. Результаты работы доказывают несостоятельность исключительно сдвиговой модели Тиме применительно к почвам и обосновывают необходимость использования моделей, учитывающих хрупкое разрушение и рост трещин. Полученные данные имеют практическую значимость для оптимизации геометрических параметров рабочих органов с целью снижения энергоёмкости почвообработки.

Ключевые слова: угол действия, режущий клин, деформация почвы, энергоёмкость, отрыв, сдвиг, сопротивление резанию, механика разрушения

Для цитирования: Мисиров М. Х., Егожев А. М. Влияние угла действия режущего клина на механизм деформирования почвы и энергоёмкость процесса почвообработки // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 4(50). С. 103–110. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-103-110

Original article

The influence of the cutting wedge angle on the soil deformation mechanism and energy consumption of the tillage process

Mukhamad Kh. Misirov^{✉1}, Artur M. Egozhev²

Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

^{✉1}misir56@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9752-1184>

²artyr-egozhev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4220-9107>

Abstract. The article presents the results of a theoretical study on the influence of the angle of action ω of a cutting wedge on the deformation mechanism and energy capacity of the soil tillage process. Based on the analysis of classical and modern approaches it was found that the angle of action, defined as the angle between the resultant cutting force and the velocity vector, is a key parameter that determines the predominant type of deformation (tension, shear, or compression). It is shown that for typical operating conditions of tillage tools (cutting angle $\delta = 15\text{--}40^\circ$, friction angle $\psi = 22\text{--}31^\circ$) the angle of action is positive and lies in the range $\omega = 37\text{--}71^\circ$, which causes the prevalence of tensile deformation over shear. A classification of five possible deformation mechanisms depending on the angle of action is constructed and their energy intensity is analyzed. It was found that tensile deformation, characterized by the lowest energy consumption, is realized at positive angles of action. The results prove the inconsistency of the exclusive shear model of Time for soils and justify the need to use models that take into account brittle fracture and crack growth. The obtained data are of practical importance for optimizing the geometric parameters of working bodies to reduce the energy intensity of soil cultivation.

Keywords: angle of action, cutting wedge, soil deformation, energy consumption, tension, shear, cutting resistance, fracture mechanics

For citation: Misirov M.Kh., Egozhev A.M. The influence of the cutting wedge angle on the soil deformation mechanism and energy consumption of the tillage process. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;4(50):103–110. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-103-110

Введение. Обработка почвы остается одним из наиболее энергоемких процессов в сельскохозяйственном производстве. В связи с этим задача снижения энергозатрат путем оптимизации параметров рабочих органов не теряет своей актуальности [1, 2]. Одним из фундаментальных процессов, лежащих в основе работы большинства почвообрабатывающих орудий, является резание почвенной среды клином. Традиционно теория резания почв базировалась на моделях, заимствованных из механики резания металлов, ключевой из которых является сдвиговая модель И. А. Тиме [3], не учитывающая образование трещин отрыва, наблюдаемых экспериментально. Данная модель предполагает, что разрушение материала происходит преимущественно по плоскости сдвига.

Однако, как показывают многочисленные экспериментальные данные, механизм разрушения связных почв (суглинков, глин) существенно отличается от пластичного сдвига, характерного для металлов [4, 5]. Для почв, особенно при определенной влажности, более характерно хрупкое разрушение с образованием трещин отрыва [6, 7]. Некорректность прямого переноса металлорежущих моделей на почву подтверждается и расчетами, выполненными в работе [8], которые показали, что угол действия при резании почвы является положительным, в то время как при резании металлов он часто отрицательный.

В этом контексте параметр «угол действия» ω – угол между равнодействующей силой резания и направлением движения (вектором скорости) – выходит на первый план, так как он напрямую определяет соотношение между отрывающими и сжимающими напряжениями в зоне резания и, следовательно, преобладающий механизм разрушения [8]. Несмотря на свою важность, этот параметр часто не учитывается при проектировании рабочих органов.

Цель исследования – изучить влияние угла действия режущего клина на характер деформации почвы и установить качественную связь между величиной этого угла и энергоемкостью процесса почвообработки на основе современных моделей, учитывающих хрупкий характер разрушения.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследование носит теоретико-аналитический характер. Процесс резания рассматривался с позиции механики разрушения. Использовались методы физического и математического моделирования процесса резания хрупких неметаллических материалов. Объектом исследования является процесс взаимодействия двугранного режущего клина с почвенной средой, рассматриваемый как процесс трещинообразования и хрупкого разрушения. В качестве материала выбрана связная почва (суглинистая и глинистая поч-

ва), т. к. наиболее распространенным видом деформации суглинистых и глинистых почв под воздействием клина является отрыв, а не сдвиг, а также происходит интенсивное трещинообразование впереди клина [6].

В качестве базовой расчетной схемы для теоретического описания процесса резания используется модель свободного прямоугольного резания хрупкого материала с образованием опережающих трещин и после-

дующего разрушения (рис. 1). В принятой модели равнодействующая силы резания R рассматривается как геометрическая сумма нескольких составляющих:

$P_{cd} = R \cos \omega$ – сдвигающая сила (тангенциальная) составляющая;

$P_o = R \sin \omega$ – отрывающая сила (нормальная) составляющая;

$P_{сж.} = R \sin \omega$ – сжимающая сила (нормальная) составляющая.

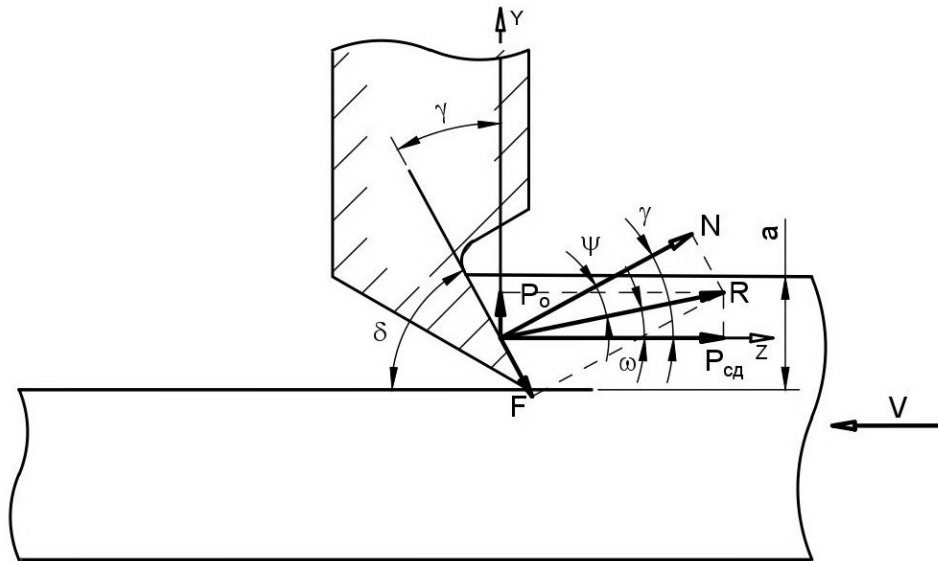


Рисунок 1. Схема силового взаимодействия режущего клина с почвой и определение угла действия ω :

R – равнодействующая сила резания; V – вектор скорости резания, ω – угол действия;
 δ – угол резания; Ψ – угол трения; γ – передний угол

Figure 1. Diagram of the force interaction of the cutting wedge with the soil and determination of the angle of action ω :

R – is the resultant cutting force; V – is the cutting speed vector, ω – is the angle of action;
 δ – is the cutting angle; Ψ – is the friction angle; γ – is the front angle

В данной модели ключевым геометрическим параметром выступает угол действия, определяемый по формуле, который следует из рисунка 1:

$$\omega = 90 - \delta - \Psi, \quad (1)$$

где

ω – угол действия;

δ – угол резания (дополняет передний угол γ до 90 градусов);

Ψ – угол трения почвы по материалу клина.

Анализ уравнения (1) позволяет выявить критические условия, определяющие знак угла действия и, соответственно, направление сил и характер деформации почвы (рис. 2).

Выявлено три принципиально различных режима работы почвообрабатывающего клина:

1) при $\delta + \Psi < 90^\circ$ угол действия положительный ($\omega > 0$) (рис. 2a);

2) при $\delta + \Psi = 90^\circ$ угол действия равен нулю ($\omega = 0$);

3) при $\delta + \Psi > 90^\circ$ угол действия отрицательный ($\omega < 0$) (рис. 2b).

Для анализа энергоёмкости использовался качественный сравнительный метод, основанный на положении о том, что энергозатраты на деформацию отрыва (хрупкое разрушение) существенно ниже, чем на пластический сдвиг, и тем более – на объемное сжатие [5].

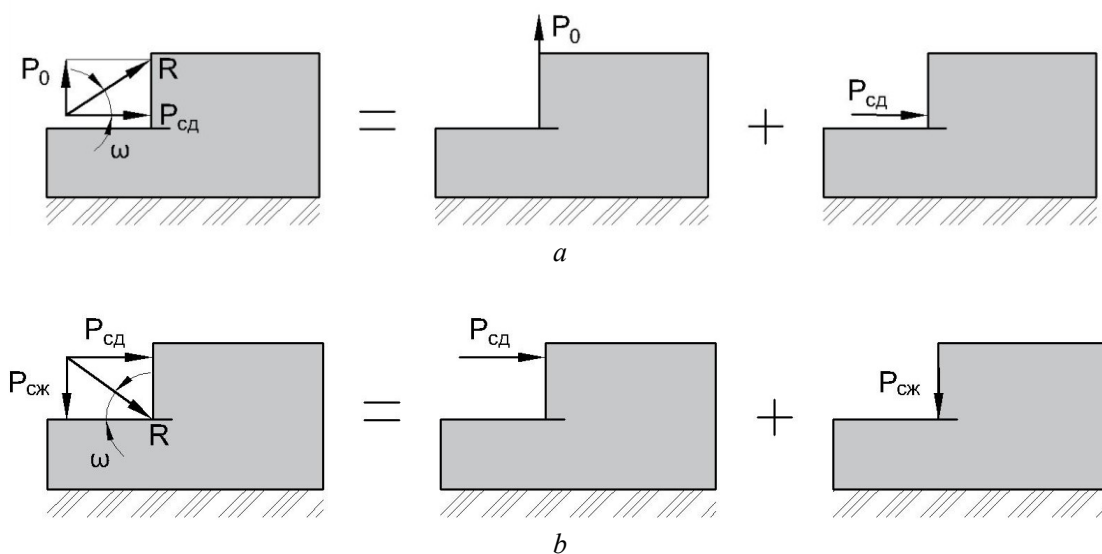


Рисунок 2. Виды деформации обрабатываемого материала в зависимости от угла действия ω равнодействующей силы резания R : $a - \omega > 0$; $b - \omega < 0$
Figure 2. Types of deformation of the workpiece depending on the angle of action ω of the resultant cutting force R : $a - \omega > 0$; $b - \omega < 0$

Результаты исследования

1. Определение типичного диапазона угла действия почвообрабатывающих орудий. Для практических условий почвообработки, где типичные значения угла резания почвообрабатывающих клиньев составляют $\delta = 15 - 40^\circ$, а угол трения $\Psi = 22 - 31^\circ$ [5], расчеты показывают, что угол действия изменяется в пределах $\omega = 37 - 71^\circ$. Это свидетельствует о выполнении условия (1) и, следовательно, о положительном значении угла действия при работе почвообрабатывающих орудий.

Для стандартных почвообрабатывающих клиньев угол действия всегда является положительным и лежит в достаточно широком диапазоне $\omega = 37 - 71^\circ$. Это означает, что в соответствии с принятой моделью при резании почвы вертикальная составляющая силы резания P_0 всегда направлена вверх и стремится оторвать стружку.

2. Классификация механизмов деформирования в зависимости от угла действия. На основе анализа физической модели разработана развернутая классификация механизмов деформирования, которая графически представлена на рисунке 3. В зависимости от величины угла ω можно выделить пять принципиально различных схем нагружения и вызы-

ваемых ими деформаций. Данные схемы соответствуют разным типам деформации и расположены в порядке возрастания энергозатрат.

Случай 1: чистый отрыв ($\omega = 90^\circ$). Из соотношения (1) следует, что чистый отрыв реализуется при условии $\delta = -\Psi$, т. е. когда угол резания равен углу трения. Вопрос реализации данного условия на практике остается открытым. Деформация происходит исключительно за счет нормальных растягивающих напряжений. Это наименее энергоемкий вид деформации.

Случай 2: отрыв со сдвигом ($90^\circ > \omega > 0$). Это наиболее распространенный режим при обработке связных почв. Преобладает отрывная деформация, но присутствует и сдвиговая составляющая. Вертикальная составляющая силы резания направлена вверх и способствует отрыву стружки, что является энергетически более выгодным процессом по сравнению с деформацией сдвига. Энергоемкость выше, чем при чистом отрыве, но значительно ниже, чем в следующих случаях.

Случай 3: чистый сдвиг ($\omega = 0^\circ$). Реализуется при $\delta = 90^\circ - \Psi$. Равнодействующая сила R направлена параллельно вектору скорости, вызывая деформацию сдвига. Деформация осуществляется за счет касательных напряжений. Энергоемкость существенно возрастает.

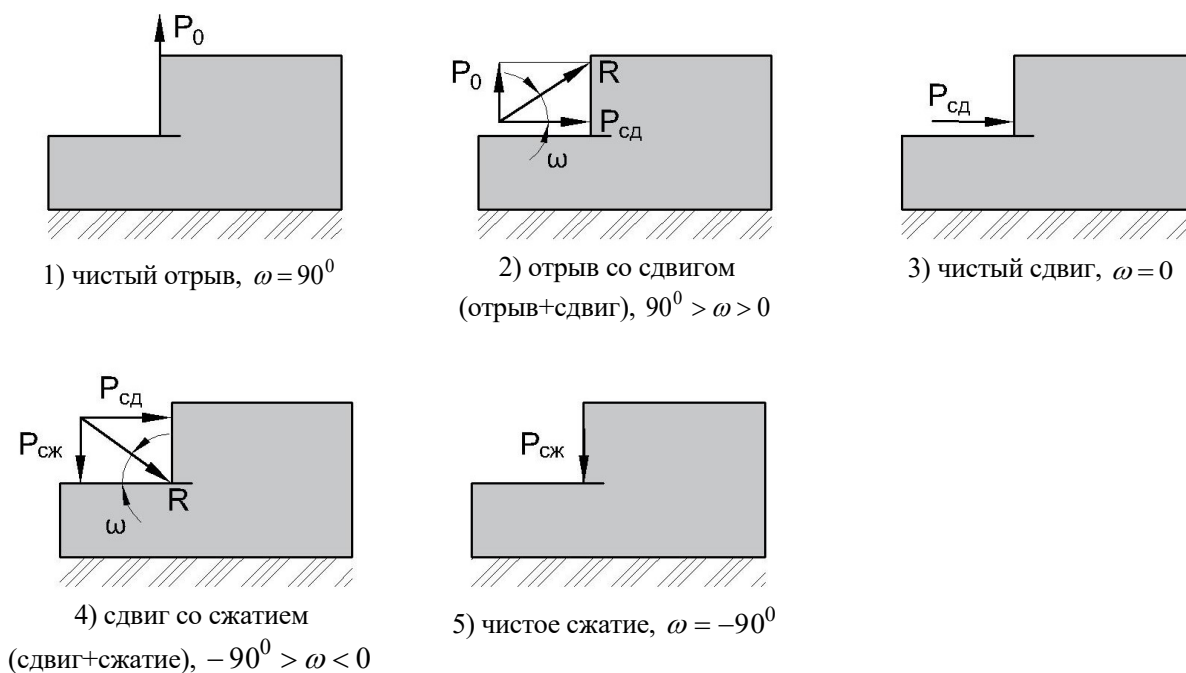


Рисунок 3. Классификация механизмов деформирования почвы в зависимости от угла действия ω
Figure 3. Classification of soil deformation mechanisms depending on the angle of action ω

Случай 4: сдвиг со сжатием ($-90^0 > \omega < 0$). Преобладает сдвиг, сопровождаемый уплотняющим воздействием на почву. Характерен для резания металлов. Отрывающая сила P_o меняет знак и становится сжимающей $P_{сж}$, что создает сжимающие напряжения, подавляющие развитие трещин и приводит к прижиму стружки и интенсивному трению. Энергоемкость высокая.

Случай 5: чистое сжатие ($\omega = -90^0$). Реализуется при $\delta = 180^0 - \Psi$. Деформация происходит за счет объемного смятия материала, что является наиболее энергоемким процессом. Процесса резания как такового нет.

Таким образом, величина угла действия напрямую определяет энергоёмкость процесса: с его уменьшением (вплоть до отрицательных значений) энергозатраты на разрушение почвы резко возрастают.

Условия реализации перечисленных видов деформации могут быть использованы при моделировании процессов резания хрупких материалов, а также при решении прикладных задач. Так, аналитическое условие получения чистого сдвига режущим инструментом $\gamma = \Psi$, которое получено из соотношений $\delta = 90^0 - \Psi$ и $\delta = 90^0 - \gamma$, является теорети-

ческой базой патента по определению критического коэффициента интенсивности напряжения при поперечном сдвиге [9].

3. Влияние угла действия на энергоёмкость процесса. Поскольку для почвообрабатывающих клиньев характерен режим с положительным углом действия (случаи 1 и 2), это объясняет, почему при обработке почвы преобладает отрывная деформация, энергоёмкость которой ниже. Увеличение угла действия (например, за счет уменьшения угла резания δ или снижения трения) приводит к росту доли отрывной деформации и, как следствие, к потенциальному снижению энергозатрат. Данный теоретический вывод хорошо согласуется с экспериментальными данными работ [5, 7], в которых отмечается низкая энергоёмкость процессов, связанных с расклиниванием и отрывом пласта почвы.

На практике для увеличения доли отрывной деформации необходимо выполнить условие $\omega \rightarrow 90^0$. Тогда из соотношения (1) следует, что это возможно при условии $(\delta + \Psi) \rightarrow \min$.

Напротив, если бы угол действия был отрицательным (как при резании металлов), это привело бы к резкому росту энергоёмкости из-за преобладания деформации сжатия и трения (случаи 4 и 5).

Практические рекомендации. На основании проведенного исследования сформулированы следующие практические рекомендации, которые могут быть использованы при проектировании энергоэффективных режущих органов почвообрабатывающих орудий:

1) конструктивные параметры режущих органов следует выбирать из условия обеспечения положительного угла действия. Положительный угол действия способствует снижению энергоемкости процесса почвообработки за счет преобладания менее энергоемкой отрывной деформации;

2) уменьшение угла резания и снижение трения способствуют увеличению угла действия и росту доли энергетически выгодной отрывной деформации. Данное условие можно представить математически следующим образом: $\omega \rightarrow 90^\circ$ при $(\delta + \Psi) \rightarrow \min$.

Выводы. 1. Установлено, что угол действия режущего клина является ключевым параметром, определяющим тип деформации почвы и, как следствие, энергоёмкость процесса почвообработки.

2. Показано, что угол действия режущего клина можно использовать в качестве параметра для управления механизмом разрушения почвы с целью снижения энергоемкости процесса ее обработки. Определены условия

для изменения направления равнодействующей силы резания.

3. Установлено, что для типичных почвообрабатывающих клиньев, используемых на практике, угол действия является положительным и находится в диапазоне $37-71^\circ$, что обуславливает преобладание отрывной деформации над сдвиговой при резании связанных почв.

4. Разработана классификация, выделяющая пять механизмов деформирования почвы в зависимости от величины угла действия: чистый отрыв, отрыв со сдвигом, чистый сдвиг, сдвиг со сжатием, чистое сжатие. Установлено, что энергоёмкость процессов резания (крошения, разрушения) возрастает в данном порядке.

5. Снижение энергоёмкости процесса почвообработки возможно за счет уменьшения угла резания и снижения трения, т. е. $(\delta + \Psi) \rightarrow \min$, что способствует увеличению угла действия и росту доли энергетически выгодной отрывной деформации.

6. Полученные результаты позволяют аргументированно подходить к проектированию геометрии режущих органов почвообрабатывающих машин, ориентируясь на поддержание положительного угла действия для снижения их тягового сопротивления.

Список литературы

1. Горячкин В. П. Теория почвообрабатывающих орудий. Москва: Колос, 1968. 455 с.
2. Синеоков Г. Н., Панов И. М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. Москва: Машиностроение, 1977. 328 с.
3. Тиме И. А. Основы резания металлов и режущие инструменты. Москва: Машгиз, 1962. 512 с.
4. Зеленин А. Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. Москва: Машиностроение, 1968. 256 с.
5. Панов И. М., Ветохин В. И. Физические основы механики почв. Киев: Феникс, 2008. 266 с. ISBN 978-966-651-621-6
6. Синеоков Г. Н. Проектирование почвообрабатывающих машин. Москва: Машиностроение, 1965. 311 с.
7. Мисиров М. Х., Канкулова Ф. Х. Определение условий для разрушения отрывом и сдвигом при резании почв и грунтов клином // АгроЭкоИнфо. 2018. № 1(31). С. 36. EDN: XSUVXN
8. Мисиров М. Х. Угол действия почвообрабатывающего клина // Достижения и перспективы реализации национальных проектов развития АПК: сб. науч. тр. VIII Международной научно-практической конференции памяти профессора Б. Х. Жерукова. Часть 2. Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, 2020. С. 88–92. EDN: FHNZMM
9. Патент 2650613 Российская Федерация. МПК G01N 3/24. Способ определения критического коэффициента интенсивности напряжений при поперечном сдвиге твердого тела / А. К. Апажев, М. Х. Мисиров, А. Х. Габаев, А. М. Мисирова; патентообладатель ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. № 2017109045; заявл. 17.03.2017; опубл. 16.04.2018, Бюл. № 11. 8 с.

References

1. Goryachkin V.P. *Teoriya pochvoobrabatyvayushchih orudij* [Theory of tillage tools]. Moscow: Kolos, 1968. 455 p. (In Russ.)
2. Sineokov G.N., Panov I.M. *Teoriya i raschet pochvoobrabatyvayushchih mashin* [Theory and calculation of tillage machines]. Moscow: Mashinostroenie, 1977. 328 p. (In Russ.)
3. Time I.A. *Osnovy rezaniya metallov i rezhushchie instrumenty* [Fundamentals of Metal Cutting and Cutting Tools]. Moscow: Mashgiz, 1962. 512 p. (In Russ.)
4. Zelenin A.N. *Osnovy razrusheniya gruntov mekhanicheskimi sposobami* [Fundamentals of Soil Destruction by Mechanical Methods]. Moscow: Mashinostroenie, 1968. 256 p.
5. Panov I.M., Vetokhin V.I. *Fizicheskie osnovy mekhaniki pochv* [Physical Foundations of Soil Mechanics]. Kyiv: Feniks, 2008. 266 p. ISBN 978-966-651-621-6. (In Russ.)
6. Sineokov G.N. *Proektirovanie pochvoobrabatyvayushchih mashin* [Design of tillage machines]. Moscow: Mashinostroenie, 1965. 311 p. (In Russ.)
7. Misirov M.Kh., Kankulova F.Kh. Definition of conditions for destruction by tensile and shear when cutting soils and grounds with a wedge. *AgroEcoInfo*. 2018;1(31):36. (In Russ.). EDN: XSUVXN
8. Misirov M. Kh. Angle of action of a tillage wedge. *Dostizheniya i perspektivy realizacii nacional'nyh proektov razvitiya APK: sb. nauch. tr. VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii pamyati professora B.H. Zherukova. Chast' 2* [Achievements and prospects for the implementation of national projects for the development of the agro-industrial complex: collection of scientific papers of the VIII International scientific and practical conference in memory of Professor B.Kh. Zherukov. Part 2]. Nalchik: FGBOU VO Kabardino-Balkarskij GAU, 2020. Pp. 88–92. (In Russ.). EDN: FHNZMM
9. Patent 2650613 Russian Federation. Int. Cl. G01N 3/24. Method for determining of the stresses strength critical factor with a solid body transverse shear. A.K. Apazhev, M.Kh. Misirov, A.Kh. Gabayev, A.M. Misirova; patent holder FGBOU VO Kabardino-Balkarskij GAU. No. 2017109045; declared 17.03.2017; publ. 16.04.2018, Bull. No. 11. 8 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Мисиров Мухамад Хусайнович – кандидат технических наук, доцент кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 7162-6895

Егожев Артур Мухамедович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 1074-2232, Scopus ID: 6505576211, Researcher ID: AAB-3748-2020

Information about the authors

Mukhamad Kh. Misirov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 7162-6895

Artyr M. Egozhev – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 1074-2232, Scopus ID: 6505576211, Researcher ID: AAB-3748-2020

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 11.11.2025;
одобрена после рецензирования 02.12.2025;
принята к публикации 09.12.2025.*

*The article was submitted 15.11.2025;
approved after reviewing 02.12.2025;
accepted for publication 09.12.2025.*

Научная статья

УДК 621.33:631.3

DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-111-117

Тяговый электропривод опорно-тяговых модулей для сельскохозяйственной техники

Римма Инарикоевна Себетова^{✉1}, Эмма Юрьевна Икоева²,
Ирма Владимировна Дзарагасова³

Горский государственный аграрный университет, улица Кирова, 37, Владикавказ, Россия, 362040

¹rimmasebetova@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0003-1759-5688>

²ikoevaemmayurievnaeyu.ikoeva@gorskigau.com, <https://orcid.org/0009-0006-9680-0572>

³irmadzarasova@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-2017-327X>

Аннотация. В статье рассматривается актуальная тема – применение электропривода опорно-тяговых модулей (ОТМ) для сельскохозяйственной техники. Применение ОТМ целесообразно при скоростях движения до 7–8 км/ч. При трогании с места, разгоне, работе в тяжелых дорожных условиях движители должны обеспечивать максимальные тяговые усилия. При этом снижение энергетических показателей тягового двигателя приводит к необходимости повышения его номинальной мощности. Известные методики не позволяют однозначно выбрать номинальную мощность двигателя. При выборе типа привода для работы в труднодоступных местах решающими факторами должны стать его надежность и долговечность. Авторы пришли к выводу, что частотный привод является наиболее перспективным, позволяющим радикально решить проблему тягового привода, поэтому его применение в ОТМ является монополюсно необходимым. Основной частью частотного привода является преобразователь частоты (ПЧ), который выполняет две функции: энергетическую – функцию питания двигателя и информационную – управление движителями. По результатам исследования установлено, что неуправляемый выпрямитель, выполненный на базе мостовой трехфазной схемы, позволяет уменьшить число управляющих тиристоров, значительно повысить коэффициент мощности преобразователя и ослабить отрицательное влияние ПЧ на генератор. Регулирование напряжения в нем осуществляется способом широтно-импульсной модуляции по синусоидальному закону. Данный преобразователь частоты позволяет получить качественные статические и динамические характеристики, высокие энергетические показатели применения асинхронного короткозамкнутого двигателя.

Ключевые слова: тяговый электропривод, асинхронный двигатель, преобразователь частоты, выпрямитель, управляемый тиристор, реверс, динамическое торможение

Для цитирования: Себетова Р. И., Икоева Э. Ю., Дзарагасова И. В. Тяговый электропривод опорно-тяговых модулей для сельскохозяйственной техники // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 4(50). С. 111–117. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-111-117

Original article

Traction electric drive of traction modules for agricultural machinery

Rimma I. Sebetova^{✉1}, Emma Yu. Ikoeva², Irma V. Dzaragasova³

Gorsky State Agrarian University, 37 Kirov Street, Vladikavkaz, Russia, 362040

¹rimmasebetova@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0003-1759-5688>

²ikoevaemmayurievnaeyu.ikoeva@gorskigau.com, <https://orcid.org/0009-0006-9680-0572>

³irmadzarasova@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-2017-327X>

Abstract. The article discusses the current topic of using electric drives for support and traction modules for agricultural machinery. The use of support and traction modules is advisable at travel speeds of up to 7–8 km/h. When starting off, accelerating, and operating in difficult road conditions, the drive units must provide maximum traction. At the same time, the reduction in the energy performance of the traction motor leads to the need to increase its rated power. However, existing methods do not allow a definitive determination of the motor's nominal power. When selecting a drive type for applications in hard-to-reach areas, reliability and durability should be the deciding factors. The authors concluded that the frequency-controlled drive is the most promising. Such a drive offers a radical solution to the traction drive problem. Therefore, the use of a frequency drive in support and traction modules is absolutely necessary. In a frequency drive, the main part is the frequency converter (FC), which performs two functions: energy – the function of powering the motor and information – controlling the drive units. The results of the study showed that an uncontrolled rectifier based on a three-phase bridge circuit allows a reduction in the number of control thyristors, a significant increase in the power factor of the converter, and a reduction in the negative impact of the frequency converter on the generator. Voltage regulation in it is carried out by pulse-width modulation according to a sinusoidal law. This frequency converter allows to obtain high-quality static and dynamic characteristics, high energy indicators of the use of an asynchronous squirrel-cage motor.

Keywords: traction electric drive, asynchronous motor, frequency converter, rectifier, controlled thyristor, reverse, dynamic braking

For citation: Sebetova R.I., Ikoeva E.Yu., Dzaragasova I.V. Traction electric drive of traction modules for agricultural machinery. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;4(50):111–117. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-111-117

Введение. Совершенствование и эффективное функционирование всех систем и механизмов автомобилей, тракторов, самоходных сельскохозяйственных машин и другой специализированной мобильной техники является важным условием социального и экономического развития нашей страны и улучшения экологической ситуации. Тенденции развития автотранспортных средств показывают, что улучшение их эксплуатационных показателей может быть достигнуто посредством более широкого применения электрического привода для отдельных механизмов и агрегатов, также при использовании электрической тяги и режима генераторного торможения с рекуперацией энергии для главного транспортного процесса – передвижения.

Актуальным вопросом в работе является использование тягового электрического привода в транспортных средствах, что дает ряд очевидных преимуществ – экономия топлива и снижение вредных выбросов [1]. Кроме того, электропривод способен обеспечить качественное улучшение эксплуатационных характеристик: повышение надежности и ремонтпригодности, облегчение управления за счет исключения коробки передач, повышение точностных и динамических характери-

стик, реализация новых режимов (рекуперация энергии торможения, движение при выключенном ДВС, удержание и плавный старт на уклоне), меньшая зависимость от факторов окружающей среды [2].

Для функционирования системы привода необходимо использование качественной векторной системы управления [3]. Такая система должна обеспечивать оптимальный по потерям режим работы двигателей во всех диапазонах частот вращения, электромагнитных моментов, скольжений, индукций и т. п. Для тяговых приводов необходимо также учитывать критерий максимального использования имеющихся ресурсов, прежде всего напряжения питания и тока, которые ограничиваются установленной мощностью силового преобразователя.

При работе в составе транспортного средства параметры тяговых асинхронных двигателей сильно зависят от режимов его работы [4]. В связи с этим была разработана методика экспериментального определения параметров асинхронных двигателей, методика согласования параметров электрических машин и силового преобразователя, позволяющая минимизировать установленную мощность преобразователя.

Широкое применение опорно-тяговых модулей ограничивается отсутствием рационального тягового привода. О сложности задачи создания последнего говорит тот факт, что несмотря на большой размах работ по этому вопросу, проблема и по настоящее время не достигла технико-экономического уровня, необходимого для широкой практической реализации. Созданы лишь опытные образцы.

Особенность проектирования тягового привода для активных сельскохозяйственных модулей обусловлена рядом специфических свойств их конструкции и эксплуатации [5]. Поэтому ряд исходных положений классической методики расчета и рекомендаций по разработке тяговых приводов общепромышленного назначения, тяговых приводов для рельсового транспорта и автотранспорта применительно к тяговому электроприводу опорно-тяговых модулей (ОТМ) требуют существенного уточнения, а в некоторых случаях – разработки присущих только им принципов установления номинальных массогабаритных, энергетических, экономических и других показателей.

Цель исследования – разработка тягового электропривода для опорно-тяговых модулей сельхозмашин.

Материалы, методы и объекты исследования. Для достижения указанной цели использованы теоретические и эмпирические методы анализа обобщения и сравнения.

Объектом исследования является частотный преобразователь для опорно-тягового привода сельхозмашин.

Результаты исследования. Применение ОТМ целесообразно при скоростях движения до 7–8 км/ч. При трогании с места, разгоне, работе в тяжелых дорожных условиях (работа на низких скоростях) движители должны обеспечивать максимальные тяговые усилия.

При этом снижение энергетических показателей тягового двигателя приводит к необходимости повышения его мощности.

Повысить не только тягово-сцепные, но и все показатели агрегата позволяет рациональный выбор параметров привода, и в первую очередь – его номинальной мощности. Известные методики не позволяют однозначно выбрать номинальную мощность двигателя [1].

Согласно данным литературных источников [6, 7], при выборе типа привода в труднодоступных местах, при значительных колебаниях температуры, большой запыленности и влажности, в условиях тряски, вибрации и ударных нагрузках решающими факторами должны стать его надежность и долговечность.

Асинхронный короткозамкнутый двигатель является самой простой, надежной, почти не требующей ухода электрической машиной. Кроме того, его применение при частотном управлении позволяет обеспечить плавное регулирование скорости в широком диапазоне.

Получаемые механические характеристики обладают высокой жесткостью.

При этом обеспечиваются высокие энергетические показатели привода.

Частотный привод является одним из наиболее перспективных, позволяющим радикально решить проблему тягового привода. Поэтому применение частотного привода в ОТМ является монополюсно необходимым.

Частотный привод представляет собой сложную квазинепрерывную систему, основной частью которой является преобразователь частоты (ПЧ), который выполняет две функции: энергетическую – функцию питания двигателя и информационную – управление движителями [8]. Основными требованиями к нему являются:

- обеспечение необходимого диапазона регулирования (1–20 и более);
- обеспечение плавности регулирования, постоянства жесткости механических характеристик, высоких энергетических показателей, синусоидальной формы тока в двигателе во всем диапазоне регулирования;
- возможность регулирования напряжения от нуля до номинального значения и частоты от нуля до номинальной (а при необходимости и выше) по необходимому закону;
- сохранение перегрузочной способности двигателя на низких частотах;
- стабильность и надежность в любой точке диапазона регулирования;
- минимум отрицательных влияний на источник питания;
- возможность реверса и динамического торможения;

– быстродействие при изменении характера нагрузки.

Существующие преобразователи частоты делятся на две группы – машинные и статические.

Отсутствие жесткой механической связи между энергетическими средствами и ОТМ ограничивает применение преобразователей первой группы ввиду их большой инерционности [3]. Основным фактором, определяющим структуру преобразователей частоты второго класса, является способ регулирования напряжения. По этому признаку ПЧ можно разделить на два класса:

– непосредственное преобразование периодического напряжения частоты сети в периодическое напряжение управляемой частоты;

– двухзвенные преобразователи, в которых периодическое напряжение сначала выпрямляется, а затем инвертируется.

Преобразователи первого класса, имея ряд преимуществ, обладают и существенными

недостатками: ограниченной выходной частотой, не превышающей 40% частоты сети; отрицательным влиянием на генератор.

По способу формирования и регулирования напряжения преобразователи частоты второго класса делятся на два вида: с неуправляемыми и управляемыми выпрямителями. Преобразователи с управляемыми выпрямителями ввиду ухудшения условий коммутации при снижении напряжения имеют ограниченный диапазон регулирования снизу.

Преобразователь частоты, изображенный на рисунке 1, близок к идеальному. Неуправляемый выпрямитель, выполненный на базе мостовой трехфазной схемы, позволяет уменьшить число управляющих тиристорov, значительно повысить коэффициент мощности преобразователя и ослабить отрицательное влияние ПЧ на генератор. Силовая часть преобразователя представляет собой автономный инвертор напряжения, выполненный по схеме Макмурри [9].

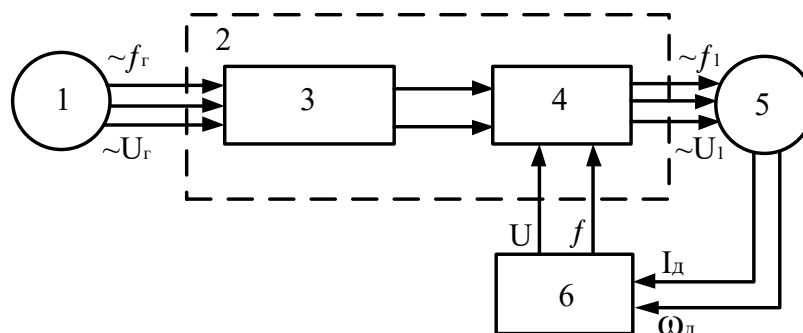


Рисунок 1. Структурная схема тягового двигателя:

1 – дизель-генератор; $\sim U_r$ и $\sim f_r$ – напряжение и частота генератора; 2 – преобразователь частоты; 3 – неуправляемый выпрямитель; 4 – автономный инвертор напряжения; 5 – тяговый двигатель; $\sim U_1$ и $\sim f_1$ – напряжение и частота тягового двигателя; I_d и ω_d – сила тока и частота вращения тягового двигателя; 6 – система управления тягового двигателя; U и f – напряжение и частота системы управления преобразователем

Figure 1. Structural diagram of the traction motor;

1 – diesel generator; $\sim U_r$ and $\sim f_r$ – voltage and frequency of the generator; 2 – frequency converter; 3 – uncontrolled rectifier; 4 – autonomous voltage inverter; 5 – traction motor; $\sim U_1$ and $\sim f_1$ – voltage and frequency of the traction motor; I_d and ω_d – current and rotational speed of the traction motor; 6 – traction motor control system; U and f – voltage and frequency of the control system of the frequency converter

Регулирование напряжения в нем осуществляется способом широтно-импульсной модуляции по синусоидальному закону.

Данный преобразователь частоты позволяет получить качественные статические и динамические характеристики, высокие энергетические показатели.

Недостатком данного привода является сложность системы управления инвертором, его стоимость. Однако экономические показатели данного привода при обоснованном применении показателей сравнения, учитывающих не только стоимость оборудования, но и значительные капитальные вложения на

запасные части, специфические эксплуатационные расходы, затраты на профилактические ремонты, убытки из-за простоев при неполадках, затраты на электроэнергию и дизельное топливо, становятся сравнимы с показателями других приводов [10, 12].

Кроме того, существенными и решающими факторами целесообразности применения описанного привода для ОТМ являются его большая надежность и долговечность.

Выводы. Частотный привод является одним из наиболее перспективных, позволяющим радикально решить проблему тягового привода, поэтому его применение в ОТМ является монополюбно необходимым.

Неуправляемый выпрямитель, выполненный на базе мостовой трехфазной схемы, позволяет уменьшить число управляющих тиристоров, значительно повысить коэффициент мощности преобразователя и ослабить отрицательное влияние ПЧ на генератор. Силовая часть преобразователя представляет собой автономный инвертор напряжения.

Регулирование напряжения в нем осуществляется способом широтно-импульсной модуляции по синусоидальному закону.

Данный преобразователь частоты позволяет получить качественные статические и динамические характеристики, высокие энергетические показатели.

Список источников

1. Сафиуллин Р. Н. Шаряков В. А., Резниченко В. В. Системы тягового электропривода транспортных средств: учебное пособие; под ред. Р. Н. Сафиуллина. Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2020. 364 с. ISBN: 978-5-4499-1610-5. EDN: TNBBOT
2. Обоснование выбора параметров электромеханической трансмиссии для трактора тягового класса 0,6-0,9 и согласование тяговых характеристик / З. А. Годжаев, С. Е. Сенькевич, И. С. Алексеев [и др.] // Агроинженерия. 2023. Т. 25. № 1. С. 63–70. DOI: 10.26897/2687-1149-2023-1-63-70. EDN: LKJWSF
3. Еремочкин С. Ю., Дорохов Д. В. Разработка и исследование однофазного асинхронного электропривода сельскохозяйственной машины с полупроводниковым устройством регулирования скорости // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 10(216). С. 89–100. DOI: 10.53083/1996-4277-2022-216-10-89-100. EDN: BADJAH
4. Регулирование скорости асинхронного двигателя / Ю. Н. Большаков, И. В. Макарихин, В. В. Зотов, А. А. Монахов // Актуальные исследования. 2022. № 37(116). С. 23–28. EDN: DEWNIV
5. Тенденции развития сельскохозяйственной электрифицированной мобильной техники / Л. Ю. Юферев, А. П. Споров, В. А. Гусаров, Д. Ю. Писарев // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. Т. 69. № 1(46). С. 3–8. DOI: 10.22314/2658-4859-2022-69-1-3-8. EDN: SGJMPH
6. Исследование разомкнутой системы электропривода «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» / В. С. Головкин, Д. А. Легких, Д. А. Юровских, А. А. Верхотурцева // Молодой ученый. 2021. № 20(362). С. 78–80. EDN: PPJASK
7. Суптель А. А. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод: учеб. пособие. Чебоксары, 2000. 163 с. ISBN 5-7677-0372-8
8. Энергоэффективное управление асинхронным электродвигателем / Д. А. Васильев, Л. А. Пантелеева, П. Н. Покоев, В. А. Носков // Вестник НГИЭИ. 2019. № 4(95). С. 100–115. EDN: ZHDKYX
9. Томашевский Д. Н. Автономные инверторы: учебное пособие. Екатеринбург: Уральский федеральный университет им. Первого президента России Б. Н. Ельцина, 2019. 120 с. ISBN: 978-5-7996-2681-5. EDN: LOJNVT
10. Споров А. П., Писарев Д. Ю., Параннич А. С. Электропривод транспортного средства сельскохозяйственного назначения // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Том 15. № 3. С. 48–54. DOI: 10.22314/2073-7599-2021-15-3-48-54. EDN: PISTZI
11. Юферев Л. Ю., Споров А. П. Конструкция и компоновка электрического мобильного транспортного средства для фермерского хозяйства // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. Т. 69. № 3(48). С. 89–94. DOI: 10.22314/2658-4859-2022-69-3-89-94. EDN: GERWPU
12. Иванова В. Р., Киселев И. Н. Частотно-регулируемый электропривод для энергосбережения и оптимизации технологических процессов в электротехнических комплексах // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Том 21. № 5. С. 59–70. DOI: 10.30724/1998-9903-2019-21-5-59-70. EDN: FJSXVL

References

1. Safiullin R.N., Sharyakov V.A., Reznichenko V.V. *Sistemy tyagovogo elektroprivoda transportnykh sredstv: uchebnoe posobie; pod red. R. N. Safiullina* [Traction electric drive systems of vehicles: a tutorial; edited by R. N. Safiullin]. Moscow; Berlin: Direct-Media, 2020. 364 p. ISBN: 978-5-4499-1610-5. (In Russ.). EDN: TNBBOT
2. Godzhaev Z.A., Senkevich S.E., Alekseev I.S. [et al.]. Justification of the parameters of an electromechanical transmission for a tractor of traction class of 0.6-0.9 traction class and coordination of traction characteristics. *Agricultural engineering*. 2023;25(1):63–70. (In Russ.) DOI: 10.26897/2687-1149-2023-1-63-70. EDN: LKJWSF
3. Eremochkin S.Yu., Dorokhov D.V. Development and Research of a Single-Phase Asynchronous Electric Drive for an Agricultural Machine with a Semiconductor Speed Control Device. *Bulletin of Altai state agricultural university*. 2022;10(216):89–100. (In Russ.). DOI: 10.53083/1996-4277-2022-216-10-89-100. EDN: BADJAH
4. Bolshakov Yu.N., Makarikhin I.V., Zotov V.V., Monakhov A.A. Asynchronous motor speed control. *Current research*. 2022;37 (116):23–28. (In Russ.). EDN: DEWNIV
5. Yuferev L.Yu., Sporov A.P., Gusarov V.A. et al. Trends in the development of agricultural electrified mobile equipment. *Electrical technology and equipment in the agro-industrial complex*. 2022;69(1):3–8. (In Russ.). DOI: 10.22314/2658-4859-2022-69-1-3-8. EDN: SGJMPH
6. Golovko V.S., Legkikh D.A., Yurovskikh D.A., Verkhoturitseva A.A. Research of the Open System of the Electric Drive "Frequency Converter – Asynchronous Motor". *Young Scientist*. 2021;20(362):78–80. (In Russ.). EDN: PPJASK
7. Suptel A.A. *Asinhronnyy chastotno-reguliruemyy elektroprivod: ucheb.posobie* [Asynchronous variable-frequency electric drive: a tutorial]. Cheboksary, 2000. 163 p. ISBN 5-7677-0372-8. (In Russ.)
8. Vasilyev D.A., Panteleeva L.A., Pokoev P.N., Noskov V.A. Energy efficient asynchronous motor control. *Bulletin NGIEI*. 2019;4 95):100–115. (In Russ.). EDN: ZHDKYX
9. Tomashevsky D.N. *Avtonomnye invertory: uchebnoe posobie* [Autonomous Inverters: a tutorial]. Yekaterinburg: Ural'skij federal'nyj universitet im. Pervogo prezidenta Rossii B. N. El'cina, 2019. 120 p. ISBN: 978 5 7996 2681 5. . (In Russ.). EDN: LOJNVT
10. Sporov A.P., Pisarev D.Yu., Parakhnich A.S. Electric Drive for an Agricultural Vehicle. *Agricultural machinery and technologies*. 2021;15(3):48–54. (In Russ.). DOI: 10.22314/2073-7599-2021-15-3-48-54. EDN: PISTZI
11. Yuferev L.Yu., Sporov A.P. Design and layout of an electric mobile vehicle for farming. *Electrical technology and equipment in the agro-industrial complex*. 2022;69(3):89–94. (In Russ.) DOI: 10.22314/2658-4859-2022-69-3-89-94. EDN: GEPWPU
12. Ivanova V.R., Kiselev I.N. Frequency-adjustable electric drive for energy saving and optimization of technological processes in electrical complexes. *Power engineering: research, equipment, technology* 2019;21(5):59–70. (In Russ.). DOI: 10.30724/1998-9903-2019-21-5-59-70. EDN: FJSXVL

Сведения об авторах

Себетова Римма Инариковна – старший преподаватель кафедры электрооборудования, электротехнологий и энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 1123-1937

Икоева Эмма Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры электрооборудования, электротехнологий и энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 7410-7508

Дзарагасова Ирма Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры электрооборудования, электротехнологий и энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 4890-5664

Information about the authors

Rimma I. Sebetova – Senior Lecturer, Department of Electrical Equipment, Electrical Technologies, and Energy Supply of Enterprises, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 1123-1937

Emma Yu. Ikoeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Equipment, Electrical Technologies and Energy Supply of Enterprises, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 7410-7508

Irma V. Dzaragasova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Equipment, Electrical Technologies and Energy Supply of Enterprises, Gorsk State Agrarian University, SPIN-code: 4890-5664

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 17.11.2025;
одобрена после рецензирования 05.12.2025;
принята к публикации 12.12.2025.*

*The article was submitted 17.11.2025;
approved after reviewing 05.12.2025;
accepted for publication 12.12.2025.*

Научная статья

УДК 620.95

DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-118-125

Использование малых горных водотоков для электроснабжения животноводов Кыргызстана

Назгул Ысмановна Темирбаева¹, Максат Сагынаалиевич Нарымбетов²,
Жанарбек Ысманович Осмонов^{✉3}, Чынаркуль Тентимишовна Уметалиева⁴,
Ширин Абдушамаевна Абдурахманова⁵, Эрик Мунайтбасович Мамбетов⁶

^{1,3,4}Кыргызский государственный технический университет имени И. Раззакова, проспект Ч. Айтматова, 66, Бишкек, Кыргызская Республика, 720044

²Кыргызский национальный аграрный университет имени К. И. Скрябина, улица Медерова, 68, Бишкек, Кыргызская Республика, 720005

^{5,6}Кыргызско-Российский Славянский университет имени Б. Н. Ельцина, улица Киевская, 44, Бишкек, Кыргызская Республика, 720000

¹kissia2009@mail.ru

²maks_875@mail.ru

^{✉3}janaros01026@gmail.com

⁴chynara.umetalieva@mail.ru

⁵abdushirin70@gmail.com

⁶mmerik7887@mail.ru

Аннотация. Авторы провели анализ использования энергии малых водотоков Кыргызстана для автономного электроснабжения животноводов в пастбищный период. Природно-климатические условия республики позволяют организовать передвижные микро ГЭС. В настоящее время в связи с непрерывным ростом энергозатрат и повышением стоимости топлива все большее внимание уделяется возобновляющимся источникам энергии. Территории размещения животноводов на пастбищах и малые водотоки, которые могут быть использованы для их энергоснабжения, составляют более 75% от общей площади сельхозугодий и размещены равномерно. Данный период (с июня по август) совпадает со стабильным температурным режимом, когда происходит интенсивное таяние ледников и наступает установившийся режим водотоков по расходу воды. Электроснабжение ограничивается высокими экономическими затратами, сезонным использованием сетей, рассредоточенностью потребителей на значительной территории. Для проведения исследований проведен анализ водной нагрузки в высокогорных районах для обоснования использования передвижной микро ГЭС. Как показали исследования, животноводы на пастбищах как автономные потребители электроэнергии имеют потребную мощность в работе технологического оборудования и бытовой техники в пределах 15–20 кВт. Отсюда следует, что микро ГЭС мощностью до 25 кВт с учетом максимальной потребляемой мощности и пусковых токов электродвигателей вполне может обеспечить электроснабжение среднестатистического фермерского хозяйства в Кыргызстане в пастбищный период. Использование возобновляющихся источников энергии в сельскохозяйственном производстве горной зоны Кыргызстана будет способствовать не только получению дополнительной продукции сельского хозяйства и снижению ее себестоимости, но и улучшению бытовых условий животноводов.

Ключевые слова: малые водотоки, микро ГЭС, пастбищный период, электроснабжение, автономные потребители, технологическое оборудование, бытовая техника

Для цитирования: Темирбаева Н. Ы., Нарымбетов М. С., Осмонов Ж. Ы., Уметалиева Ч. Т., Абдурахманова Ш. А., Мамбетов Э. М. Использование малых горных водотоков для электроснабжения животноводов Кыргызстана // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 4(50). С. 118–125. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-118-125

Original article

The use of small mountain streams for electricity supply to livestock farmers in Kyrgyzstan

Nazgul Y. Temirbaeva¹, Maksat S. Narymbetov², Zhanarbek Y. Osmonov^{✉3},
Chynarkul T. Umetalieva⁴, Shirin A. Abdurakhmanova⁵, Eric M. Mambetov⁶

^{1,3,4}Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, 66 Ch. Aitmatov Avenue, Bishkek,
Kyrgyz Republic, 720044

²Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skryabin, 68 Mederova Street, Bishkek,
Kyrgyz Republic, 720005

^{5,6}Kyrgyz-Russian Slavic University named after B.N. Yeltsin, 44 Kyiv Street, Bishkek, Kyrgyz
Republic, 720000

¹kissia2009@mail.ru

²maks_875@mail.ru

^{✉3}janaros01026@gmail.com

⁴chynara.umetalieva@mail.ru

⁵abdushirin70@gmail.com

⁶mmerik7887@mail.ru

Abstract. The authors conducted an analysis of the use of energy from small watercourses in Kyrgyzstan for autonomous power supply to livestock farmers during the grazing period, especially since the natural and climatic conditions of the republic are able to provide this. Currently, due to the continuous increase in energy consumption and the rising cost of fuel, more and more attention is being paid to renewable energy sources. The territories where livestock farmers are located on pastures and small watercourses that can be used for their energy supply account for more than 75% of the total area of farmland and are evenly distributed. This period from June to August coincides with a stable temperature regime, when glaciers are intensively melting and the established regime of watercourses for water consumption begins. Electricity supply is limited by high economic costs, seasonal use of networks, and the dispersion of consumers over a large area. To conduct the research, an analysis of the water load in high-altitude areas was carried out to justify the use of a mobile microelectric power station. Studies have shown that cattle breeders on pastures, as autonomous consumers of electricity, have the required power in the operation of technological equipment and household appliances in the range of 15–20 kW. It follows that a micro-hydroelectric power plant with a capacity of up to 25 kW, taking into account the maximum power consumption and starting currents of electric motors, may well provide electricity to the average Kyrgyz farm during the grazing period. The use of renewable energy sources in agricultural production in the mountainous zone of Kyrgyzstan will contribute not only to obtaining additional agricultural products and reducing their cost, but also to improving the living conditions of livestock breeders.

Keywords: small watercourses, micro hydroelectric power plants, pasture period, electricity supply, autonomous consumers, technological equipment, household appliances

For citation: Temirbaeva N.Y., Narymbetov M.S., Osmonov Zh.Y., Umetalieva Ch.T., Abdurakhmanova Sh.A., Mambetov E.M. The use of small mountain streams for electricity supply to livestock farmers in Kyrgyzstan. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;4(50):118–125. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-118-125

Введение. Кыргызстан – аграрная республика. Природно-климатические условия республики и вековые традиции народа способствуют развитию животноводства. В республике естественные горные пастбища занимают более 83% сельхозугодий, или 9,6 млн га площади. Доля животноводства в структуре

валовой продукции сельского хозяйства составляет 48%, что является весомым фактором в обеспечении продовольственной безопасности республики. Территории размещения животноводов на пастбищах и малые водотоки, которые могут быть использованы для их энергоснабжения, составляют более

75% от общей площади сельхозугодий и территориально размещены равномерно.

В условиях Кыргызстана, где более 90% территории занимают горные регионы, одним из привлекательных и перспективных является использование энергии малых горных водотоков, с которых стекают десятки сотен малых рек, с суммарным объемом около 50 км^3 в год [1, 2]. Если учесть интенсивность потребления традиционных видов топлива, приводящих к снижению их запасов и ухудшению экологической ситуации, использование энергии малых горных водотоков актуально и отвечает требованиям энергоресурсосбережения. Имеется множество автономных потребителей-животноводов, не подключенных к централизованной системе энергообеспечения ввиду ее нерентабельности [3, 4]. В труднодоступных районах, где преимущественно развито животноводство, могут быть эффективно использованы микро ГЭС упрощенной конструкции, простые в обслуживании и эксплуатации. Для использования микро ГЭС необходимо оценить запасы горных

водотоков, изучить рельеф местности, гидрологические параметры водотока и выбрать тип микро ГЭС. Для нашей республики при выборе микро ГЭС важную роль играет напор и расход малых водотоков, т. е. микро ГЭС должна работать от небольшого напора при малом расходе воды. В этом плане наиболее применимыми считаются микро ГЭС с двукратными турбинами и асинхронными генераторами с самовозбуждением [5]. Необходимая мощность зависит от наличия и видов технологического оборудования и бытовой техники у животноводов, их потребляемой мощности и режимов работы.

Цель исследования – разработка установки для автономного электроснабжения животноводов в пастбищный период с использованием энергии малых водотоков Кыргызстана.

Материалы, методы и объекты исследования. Данные расхода воды 49 малых водотоков Кыргызстана со средними расходами от 1,0 до $13,0 \text{ м}^3/\text{с}$ позволили составить вариационный ряд (табл. 1) и кривую распределения средних расходов воды (рис. 1).

Таблица 1. Вариационный ряд по среднему расходу воды малых водотоков Кыргызстана
Table 1. Variation series for the average water consumption of small watercourses in Kyrgyzstan

№ разряда	1	2	3	4	5	6	N
Границы разряда $V_{i-1}-V_i$	1–2	2,1–4	4,1–6	6,1–8	8,1–10	10,1–12	
Среднее разряда, V_{cp}	1,5	3,05	5,05	7,05	9,05	11,05	
Численность разряда, m_i	20	19	4	2	1	3	49
Частота $P_i = \frac{m_i}{N}$	0,408	0,383	0,082	0,041	0,02	0,061	
$\bar{V} = \sum_1^6 V_{cp} \cdot P_i = 3,363 \text{ м}^3/\text{с}$ $\bar{\delta} = \sqrt{D} = 2,54 \text{ м}^3/\text{с}$							

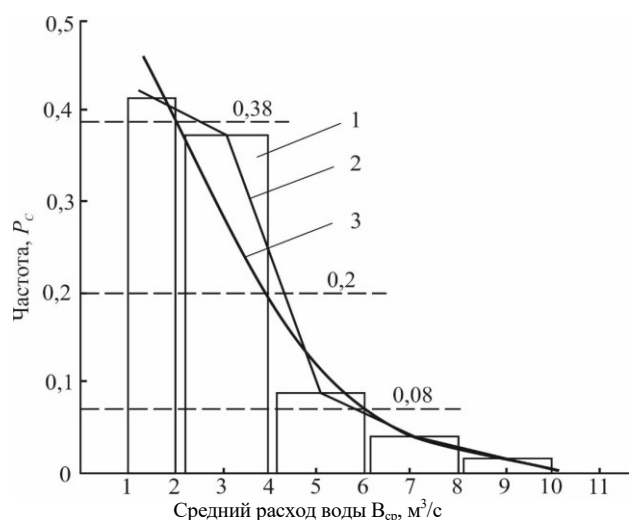


Рисунок 1. Полигон (1), гистограмма (2) и кривая распределения (3) среднего расхода воды малых водотоков
Figure 1. Polygon (1), histogram (2) and distribution curve (3) of the average water flow rate of small watercourses

С помощью формулы Лагранжа [6] и характерных точек на кривой распределения (табл. 2) определены коэффициенты аппроксимации для данных точек.

Таблица 2. Характерные точки на кривой распределения
Table 2. Characteristic points in the distribution curve

I	1	2	3
X_i	2	4	6
Y_i	0,38	0,2	0,08

Расчёт коэффициентов аппроксимации для характерных точек:

$$L_1^{(3)}(x)y_1 = \frac{(x-4)(x-6)}{(2-4)(2-6)} \cdot 0,38 =$$

$$= 0,0475 \cdot x^2 - 0,475 \cdot x + 1,14;$$

$$L_2^{(3)}(x)y_2 = \frac{(x-2)(x-6)}{(4-2)(4-6)} \cdot 0,2 =$$

$$= -0,05 \cdot x^2 + 0,4 \cdot x - 0,6;$$

$$L_3^{(3)}(x)y_3 = \frac{(x-2)(x-4)}{(6-2)(6-4)} \cdot 0,08 =$$

$$= 0,01 \cdot x^2 - 0,06 \cdot x - 0,08.$$

Результирующее уравнение:

$$Y = 0,0075 \cdot x^2 - 0,135 \cdot x + 0,62 =$$

$$= 0,62 \left(1 - \frac{0,135}{0,62} \cdot x + \dots \right) =$$

$$= 0,62(1 - 0,217 \cdot x + \dots).$$

Проверка: при $x = 4$, $Y_{cp} = 0,0075 \cdot 4^2 - 0,135 \cdot 4 + 0,62 = 0,2 = 0,2$.

Таким образом, для описания кривой распределения среднего расхода воды малых водотоков Кыргызстана выбрано эмпирическое уравнение вида:

$$f(Q_{cp}) = 0,62 \cdot e^{-0,217 Q_{cp}}. \quad (1)$$

Уравнение (1) показывает, что интервалы среднего расхода воды между малыми водотоками Кыргызстана подчиняются показательному закону распределения с математическим ожиданием $3,363 \text{ м}^3/\text{с}$ и среднеквадратическим отклонением $2,54 \text{ м}^3/\text{с}$.

Расчетная электрическая мощность микро ГЭС на максимальный средний расход воды ($Q_{cp}^{max} = 3,363 + 2,54 \text{ м}^3/\text{с}$) составляет:

$$P^{max} = Q_{cp}^{max} \cdot H \cdot g \cdot \mu = 5903 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 0,7 = 81071,8(\text{Вт}) = 81,07(\text{кВт}). \quad (2)$$

Расчетная электрическая мощность микро ГЭС на минимальный средний расход воды ($Q_{cp}^{min} = 3,363 - 2,54 \text{ м}^3/\text{с}$) составляет:

$$P^{min} = 823 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 0,7 = 11,3(\text{кВт}),$$

где

P^{max} , P^{min} – максимальная и минимальная электрическая мощность вырабатываемая микро ГЭС, соответственно, кВт;

H – напор, м;

g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

μ – КПД микро ГЭС.

Результаты исследования. Хронометражный анализ потребления электрической энергии фермерскими хозяйствами в Кыргызстане (в количестве 140) в пастбищный период позволил определить среднестатистические показатели потребления электрической энергии технологическим оборудованием и бытовой техникой (табл. 3).

Суточный график электрической нагрузки фермерского хозяйства показан на рисунке 2.

Потребляемая мощность P_n электродвигателей определена по формуле:

$$P_n = \frac{P_y \cdot k_3}{i \cdot \cos \varphi}, \quad (3)$$

где

P_y – установленная мощность электродвигателя, кВт;

k_3 – коэффициент загрузки рабочей машины;

i – КПД электродвигателя;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности.

Потребляемая мощность электроприборов (бытовые потребители) при их полной нагрузке равна установленной мощности.

Анализ суточного графика электрической нагрузки осуществлен по методу коэффициента одновременности K_0 . При этом расчетная нагрузка однородных потребителей определена по следующей зависимости.

$$P = K_0 \cdot \sum_{i=1}^n P_i, \quad (4)$$

где $\sum_{i=1}^n P_i$ – суммарная мощность однородных потребителей, кВт.

Для исследуемого фермерского хозяйства $P = 0,85 \cdot 18 = 15,3 \text{ кВт}$ (где $K_0 = 0,85$ [7]).

Таким образом, максимальная потребность фермерского хозяйства в электроэнергии в пастбищный период составляет $P_{max} = P + P_{доб} = 15,3 + 3 = 18,3 \text{ кВт}$ (где $P_{доб}$ – добавка к меньшей слагаемой нагрузке, $P_{доб} = 3 \text{ кВт}$ [7]).

Таблица 3. Потребление электрической энергии в среднестатистическом фермерском хозяйстве Кыргызстана в пастбищный период

Table 3. Electric energy consumption in the average Kyrgyz farm during the grazing period

Наименование работ	Тип электрооборудования	Мощность электродвигателей и других электроприборов, кВт	Потребляемая мощность, $P_{п}$, кВт	Длительность работы	
				за сутки, час	за пастбищный период, дни
Доение коров	АДМ-8	9,1	11,74	2,1–2,5	85
Стрижка овец	МСУ-200, Патент КГ №168	0,5-6	7,31	3,3–3,5	7
Прессования шерсти	ПГШ-1Б	7,5	10,84	2,1–2,2	7
Доение кобыл	ДАС-2Б	3,0	4,76	3,3–3,4	85
Приготовление кумыса	Патент КГ №166	1,0	1,25	4,3–4,5	85
Освещение животноведческих помещений		3,2 (суммарная мощность)	3,2	3,7–4,3	85
Бытовое потребление электроэнергии	Электрочайник	1,2–2,2	2,2	1,7–1,9	85
	Электроплита	2,0–3,0	3,0	1,5–1,7	
	Стиральная машина	0,85–1,05	1,05	1,3–1,4	
	Холодильник	0,7–0,9	0,9	5,0–5,1	
	Утюг	1,0–1,5	1,5	0,3–0,4	
	Пылесос	1,1–2,3	2,3	0,2–0,25	
	Телевизор	0,2–0,25	0,25	4,0–5,0	
	Лампы накаливания и светодиодные лампы	0,06-3	0,18	5,9–7,0	
	0,01-11	0,11	8,1–9,2		

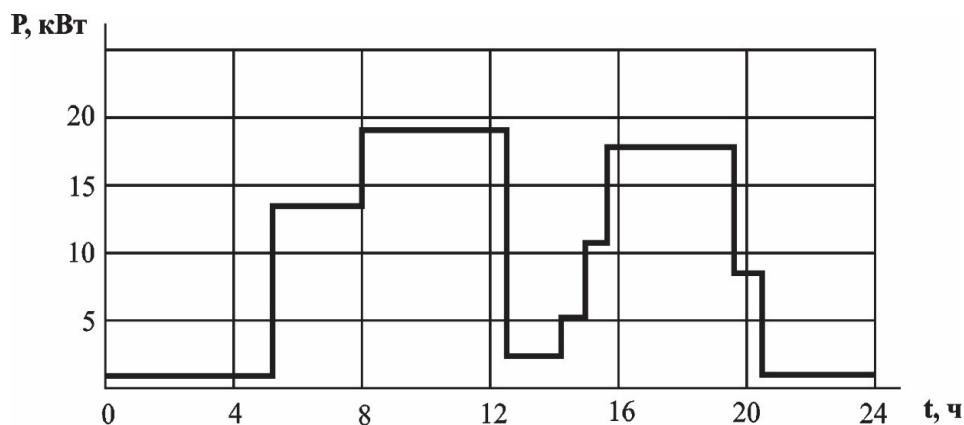


Рисунок 2. Суточный график электрической нагрузки в фермерском хозяйстве (пастбищный период)

Figure 2. Daily schedule of electrical load in a farm (pasture period)

В электроснабжении фермерских хозяйств с помощью микро ГЭС важное значение имеют меры по снижению потерь электроэнергии

и ее рациональное использование. Расположение микро ГЭС поближе к потребителю уменьшает протяженность линии электропе-

редач, затраты на монтаж, обслуживание и потери электроэнергии. Кроме организационных мероприятий, необходимы технические мероприятия – установка в сетях статических конденсаторов и батарей с автоматическим регулированием мощности. Мощность конденсаторных батарей должна быть выбрана таким образом, чтобы в течение часа, когда реактивная нагрузка максимальная, коэффициент мощности $\cos \varphi$ потребителей составлял не менее 0,95, а коэффициент реактивной мощности $\tan \varphi$ не превышал 0,33 [8].

Как видно, в фермерском хозяйстве в пастбищный период максимальная потребность электроэнергии при одновременном использовании технологического оборудования и бытовых приборов не превышает 20 кВт. В этом случае можно выбрать микро ГЭС мощностью до 30 кВт с учетом пускового тока.

С учетом указанных факторов для фермеров Кыргызстана рекомендуем низконапорный микро ГЭС ($H \leq 2$ м) мощностью до 25 кВт на основе двукратной турбины с асин-

хронным генератором с самовозбуждением с использованием инвертора напряжения сети [9]. Использование инвертора напряжения сети (ИНС) вместо балластной нагрузки снижает стоимость и обслуживание микро ГЭС, обеспечивает стабилизацию выходных параметров электроэнергии, что является важным фактором для автономных однофазных потребителей.

Выводы. Интервалы среднего расхода воды между малыми водотоками Кыргызстана подчиняются показательному закону распределения с математическим ожиданием $3,363 \text{ м}^3/\text{с}$ и среднеквадратическим отклонением $2,54 \text{ м}^3/\text{с}$.

Максимальная потребность среднестатистического фермерского хозяйства Кыргызстана в электроэнергии в пастбищный период не превышает 20 кВт. Рекомендуется низконапорный микро ГЭС ($H \leq 2$ м) мощностью 25 кВт на основе двукратной турбины с асинхронным генератором с самовозбуждением с использованием инвертора напряжения сети.

Список литературы

1. Жабудаев Т. Ж. Оценка энергоресурсов мелких горных водотоков для строительства микро ГЭС // Вестник Алматинского института энергетики и связи. 2009. № 2. С. 29–35.
2. Темирбаева Н. Ы. Использование микро ГЭС для энергоснабжения фермерских хозяйств // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К. И. Скрябина. 2012. № 1(28). С. 309–317.
3. Фиапшев А. Г., Хамоков М. М., Кильчукова О. Х. Проблемы энергообеспечения предприятий КБР // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. № 1(27). С. 63–68. EDN: OMGCKJ
4. Передвижные энергетические установки в отгонном животноводстве / Б. А. Фиапшев, А. Г. Фиапшев, О. Х. Кильчукова, А. Б. Барагунов, Т. Х. Пазова, В. Б. Дзуганов // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2025. Т. 72. № 1. С. 117–124. DOI: 10.22314/2658-4859-2025-72-1-117-124. EDN: REJKWX
5. Жабудаев Т. Ж. Анализ и обоснование выбора типа гидротурбины для микро ГЭС // Известия Национальной академии наук Кыргызской Республики. 2013. № 1. С. 29–32. EDN: WZSKBN
6. Бахвалов Н. С., Панасенко Г. В. Осреднение процессов в периодических средах: математические задачи механики композиционных материалов. Москва: Наука, 1984. 352 с.
7. Наумов И. В. Снижение потерь и повышение качества электрической энергии в сельских распределительных сетях 0,38 кВ с помощью симметрирующих устройств: дис. ... докт. техн. наук. Иркутск, 2002. 387 с.
8. Железко Ю. С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов. Москва: Энергоатомиздат, 1989. 176 с.
9. Патент №187 Кыргызская Республика, МКП НО2У/26. Устройство для автоматического переключения однофазных потребителей / Х. Т. Касмамбетов, Б. И. Сариев, М. А. Суеркулов, З. Э. Абдиева; № 2014004.2; заявл. 27.06.2014; опубл. 31.07.2015, Бюл. № 7(196). 15 с.

References

1. Zhabudaev T.Zh. Ocenka energoresursov melkix gorny'x vodotokov dlya stroitel'stva mikro GE'S. Vestnik Almatinskogo instituta e'nergetiki i svyazi. 2009;(2):29–35.

2. Temirbaeva N.Y'. Ispol'zovanie mikro GE'S dlya ènergosnabzheniya fermerskix xozyajstv. *Vestnik Kyrgyzskogo nacional'nogo agrarnogo universiteta im. K.I. Skryabina*. 2012;1(28):309–317.
3. Fiapshev A.G., Xamokov M.M., Kilchukova O.Kh. Problems of energy support of the enterprises of the Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2020;1(27):63–68. (In Russ.). EDN: OMGCKJ
4. Fiapshev B.A., Fiapshev A.G., Kil'chukova O.X., Baragunov A.B., Pazova T.X., Dzuganov V.B. Mobile power plants in animal husbandry. *Electrical technology and equipment in the agro-industrial complex*. 2025;72(1):117–124. (In Russ.). DOI: 10.22314/2658-4859-2025-72-1-117-124. EDN: REJKWX
5. Zhabudaev T.Zh. Analiz i obosnovanie vy'bora tipa gidroturbiny' dlya mikro GE'S. *Izvestiya Nacional'noj akademii nauk Kyrgyzskoy Respubliki*. 2013;(1):29–32. (In Russ.). EDN: WZSKBN
6. Bakhvalov N.S., Panasenko G.V. *Osrednenie processov v periodicheskikh sredah: matematicheskie zadachi mekhaniki kompozitsionnykh materialov* [Averaging of processes in periodic media: mathematical problems of the mechanics of composite materials]. Moscow: Nauka, 1984. 352 p. (In Russ.)
7. Naumov I.V. *Snizhenie poter' i povyshenie kachestva elektricheskoy energii v sel'skikh raspredelitel'nykh setyah 0,38 kV s pomoshch'yu simmetriruyushchih ustrojstv: dis. ... dokt. tekhn. nauk* [Reducing losses and improving the quality of electrical energy in rural 0.38 kV distribution networks using baluns: diss. ... Doctor of Engineering Sciences]. Irkutsk. 2002. 387 p. (In Russ.)
8. Zhelezko Yu.S. *Vybor meropriyatij po snizheniyu poter' elektroenergii v elektricheskikh setyah: Rukovodstvo dlya prakticheskikh raschetov* [Selection of measures to reduce electricity losses in electrical networks: Guide for practical calculations]. Moscow: Energoatomizdat, 1989. 176 p. (In Russ.)
9. Patent № 187 Kyrgyzskaya Respublika, MKP NO2U/26. Ustrojstvo dlya avtomaticheskogo pereklyucheniya odnofaznykh potrebitelej. Kh.T. Kasmambetov, B.I. Sariev, M.A. Suerkulov, Z.E. Abdieev; № 2014004.2; zayavl. 27.06.2014; opubl. 31.07.2015, Byul. № 7(196). 15 p.

Сведения об авторах

Темирбаева Назгуль Ысмановна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные системы в экономике», Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова

Нарымбетов Максат Сагынаалиевич – кандидат технических наук, и.о. доцента кафедры «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства», Кыргызский национальный аграрный университет им. К. И. Скрябина

Осмонов Жанарбек Ысманович – кандидат технических наук, и.о. доцента кафедры «Информационные системы в экономике», Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова

Уметалиева Чынаркуль Тентимишовна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные системы в экономике», Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова

Абдурахманова Ширин Абдушамаевна – аспирант кафедры «Экология и защита в чрезвычайных ситуациях», Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б. И. Ельцина

Мамбетов Эрик Мунайтбасович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и защита в чрезвычайных ситуациях», Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б. И. Ельцина.

Information about the authors

Nazgul Y. Temirbaeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of "Information systems in economics", Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov

Maksat S. Narymbetov – Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor, Department of "Electrification and Automation of Agriculture", Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Scriabin Bishkek

Zhanarbek Y. Osmonov – Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor, Department of Information systems in economics, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov

Chynarkul T. Umetalieva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Department of "Information systems in economics", Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov

Shirin A. Abdurakhmanova – Postgraduate student at the Department of "Ecology and Protection in Emergency Situations", Kyrgyz–Russian Slavic University named after B.I. Yeltsin

Eric M. Mambetov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of "Ecology and Protection in Emergency Situations", Kyrgyz–Russian Slavic University named after B.I. Yeltsin

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 21.11.2025;
одобрена после рецензирования 05.12.2025;
принята к публикации 12.12.2025.*

*The article was submitted 21.11.2025;
approved after reviewing 05.12.2025;
accepted for publication 12.12.2025.*

Научная статья

УДК 621.313.17

DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-126-133

Обоснование выбора источника питания погружного центробежного электронасоса для малodeбитных источников воды

Амур Григорьевич Фиапшев^{✉1}, Николай Ефимович Цопанов²,
Ирбек Хаджимуратович Есенов³, Таймураз Асланбекович Уртаев⁴

¹Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

^{2,3,4}Горский государственный аграрный университет, улица Кирова, 37, Владикавказ, Россия,
362040

^{✉1}energo.kbr@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3080-0901>

²nic1tsopanov1@bk.ru

³esenov1949@yandex.ru

⁴tamu_1984@mail.ru

Аннотация. Одной из актуальных инженерных задач, связанных с обеспечением автономного водоснабжения удалённых объектов, является выбор оптимального источника питания и определение рациональных режимов работы погружных центробежных электронасосов, используемых в условиях ограниченных водных ресурсов. Малодебитные родники, шахтные колодцы и скважины малого диаметра предъявляют повышенные требования к компоновке оборудования, его энергетической эффективности и надёжности. В таких системах требуется применение компактных и высокоэффективных водоподъёмных установок, способных функционировать в отсутствие централизованного электроснабжения. В работе рассматривается комплексная схема автономного водоснабжения для малодебитных источников, основанная на использовании системы «тепловой двигатель–генератор повышенной частоты–погружной центробежный электронасос». На основе анализа отечественных исследований показано, что в условиях отсутствия централизованного электроснабжения наиболее перспективным источником питания являются синхронные и асинхронные генераторы повышенной частоты, приводимые в действие двигателями внутреннего сгорания. Обосновано, что увеличение частоты вращения и частоты питающего тока приводит к существенному снижению металлоёмкости и габаритов погружных электронасосов, способствует переходу к моноблочным конструкциям и расширяет возможности их применения в шахтных колодцах малых сечений и в скважинах с уменьшенными диаметрами. Использование генераторов увеличенной частоты в составе автономных систем позволяет стабилизировать подачу электроэнергии за счёт более высокой динамической устойчивости, чем у низкооборотных генераторов.

Ключевые слова: погружной центробежный электронасос, автономная водоподъёмная установка, повышенная частота тока, малодебитные источники воды, генератор

Для цитирования: Фиапшев А. Г., Цопанов Н. Е., Есенов И. Х., Уртаев Т. А. Обоснование выбора источника питания погружного центробежного электронасоса для малодебитных источников воды // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В. М. Кокова. 2025. № 4(50). С. 126–133. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-126-133

Original article

Justification for the selection of a power source for a submersible centrifugal electric pump for low-flow water sources

Amur G. Fiapshyev^{✉1}, Nikolay Ye. Tsopanov², Irbek Kh. Yesenov³, Taimuraz A. Urtaev⁴

¹Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

^{2,3,4}Gorsky State Agrarian University, 37 Kirov Street, Vladikavkaz, Russia, 362040

^{✉1}energo.kbr@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3080-0901>

²nic1tsopanov1@bk.ru

³esenov1949@yandex.ru

⁴tamu_1984@mail.ru

Abstract. One of the urgent engineering tasks related to providing autonomous water supply to remote facilities is to select the optimal power source and determine the rational operating modes of submersible centrifugal electric pumps used in conditions of limited water resources. Low-flow springs, shaft wells, and small-diameter wells place high demands on equipment layout, energy efficiency, and reliability. Such systems require the use of compact and highly efficient water-lifting installations capable of operating in the absence of a centralized power supply. The paper considers a comprehensive scheme of autonomous water supply for low-flow sources based on the use of the "heat engine–high-frequency generator–submersible centrifugal electric pump" system. Based on the analysis of domestic research, it has been shown that in the absence of a centralized power supply, the most promising power source is synchronous and asynchronous generators of increased frequency powered by internal combustion engines. It is proved that an increase in the rotation frequency and the frequency of the supply current leads to a significant reduction in the metal consumption and dimensions of submersible electric pumps, promotes the transition to monoblock structures and expands the possibilities of their use in shaft wells of small cross-sections and in wells with reduced diameters. The use of high-frequency generators as part of autonomous systems makes it possible to stabilize the power supply due to higher dynamic stability than low-speed generators.

Keywords: submersible centrifugal electric pump, autonomous water-lifting unit, high-frequency power supply, low-flow water source, generator

For citation: Fiapshyev A.G., Tsopanov N.E., Yesenov I.Kh., Urtaev T.A. Justification for the selection of a power source for a submersible centrifugal electric pump for low-flow water sources. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2025;4(50):126–133. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-126-133

Введение. Как отмечено в ряде отечественных исследований, вопросы повышения частоты питающего тока и частоты вращения рабочих органов насосов рассматривались ещё в рамках исследований высокоскоростных машин и насосных агрегатов [1]. Показано, что переход к повышенным частотам обеспечивает снижение металлоёмкости, уменьшение габаритных размеров и повышение энергетической эффективности насосных установок, что является принципиально важным для эксплуатации в шахтных колодцах малого сечения и глубоких скважинах [2, 3].

Несмотря на значительный практический опыт, накопленный в области разработки автономных электронасосных установок, комплексная оценка эффективности систем «тепловой двигатель–генератор повышенной частоты–погружной электронасос» остаётся недостаточно раскрытой. В существующей литературе основное внимание уделяется отдельным элементам системы – вопросам оптимизации насосов [4], повышению частоты вращения [5, 6], а также особенностям работы генераторов увеличенной частоты [7]. Однако их совместное применение для малodeбитных источников воды требует уточнения парамет-

ров и анализа условий обеспечения необходимых гидравлических характеристик при минимальных энергетических потерях.

В этой связи представляет интерес исследование выбора источника питания погружных электронасосов, способного обеспечить устойчивые параметры работы агрегата при повышенной частоте тока. Особое внимание уделяется определению предельных частот вращения и фильтрации условий, при которых сохраняются допустимые кавитационные и тепловые режимы работы насоса [8].

Цель исследования заключается в обосновании рационального выбора источника питания и частоты тока для погружных центробежных электронасосов, предназначенных для эксплуатации в условиях малodeбитных водоемких источников.

Материалы, методы и объекты исследования. Основной задачей настоящего исследования является определение оптимальных параметров электропитания погружного центробежного электронасоса, используемого в составе автономной установки водоподъёма из малodeбитных источников. Особое внимание уделяется выбору рациональной частоты питающего тока и характеристик источника энергии, обеспечивающих необходимые гидравлические режимы работы насоса при минимальных энергетических потерях.

При проведении анализа исходили из необходимости согласования следующих ниже факторов.

1. *Гидравлические условия работы водоемкого источника.* Малodeбитный приток накладывает ограничения на производительность насоса, допустимую частоту вращения рабочего колеса, диапазон кавитационной устойчивости и возможное повышение температуры в зоне перекачивания [9].

2. *Электрохимические характеристики привода.* Параметры электродвигателя погружного исполнения должны соответствовать условиям работы при повышенной частоте тока, изменённой механической нагрузке и возможных отклонениях напряжения, характерных для автономных электростанций [10].

3. *Параметры источника питания.* Необходимо обеспечить устойчивую подачу электроэнергии заданной частоты и мощности. Рассматривались варианты питания от асин-

хронных и синхронных генераторов повышенной частоты, приводимых в действие тепловыми двигателями различного типа [11].

Для достижения цели исследования была сформулирована следующая последовательность действий:

- выполнен анализ энергетических характеристик погружных электронасосов различного конструктивного исполнения;
- рассмотрена возможность повышения частоты тока с учётом ограничений по нагреву, вибрации и кавитационным параметрам;
- определены зависимости между частотой тока, частотой вращения и гидравлическими параметрами насоса;
- проведена проверка работоспособности установок при различных значениях частоты питающего напряжения;
- выполнено сопоставление параметров генераторов повышенной частоты и оценка их пригодности для использования в составе автономной водоподъёмной схемы.

Методической основой послужил аналитический подход, включающий:

- использование динамических моделей рабочего процесса погружных насосов;
- расчёт энергетических показателей электропривода на основании известных зависимостей электрохимического преобразования энергии;
- применение упрощённых математических моделей гидродинамики малodeбитных источников воды;
- анализ технических характеристик генераторов повышенной частоты на основе опубликованных данных.

Для проверки достоверности полученных зависимостей результаты расчётов сравнивались с данными экспериментального исследования погружных центробежных насосов, приведённого в открытых источниках. Такой подход позволил обеспечить сопоставимость расчётных и фактических показателей и сделать выводы о возможности применения повышенной частоты тока в рассматриваемых условиях эксплуатации.

Результаты исследования. Исследование функционирования автономных электронасосных установок малой мощности показало, что подвод механической энергии к рабочему органу погружного насоса в подобных системах

осуществляется посредством электрической трансмиссии, включающей генератор с устройством стабилизации выходного напряжения. Такой способ энергопередачи позволяет компенсировать колебания частоты вращения первичного двигателя и поддерживать устойчивые электрические параметры питания.

Установлено, что при заданных значениях напора H и расхода Q центробежного насоса частота вращения рабочего колеса является фактором, определяющим конструктивные размеры и число рабочих ступеней. В условиях постоянных значений H и Q достижение высокого значения коэффициента полезного действия при переходе на иные частоты вращения n возможно только при сохранении неизменной быстроходности агрегата, что согласуется с известным выражением [4, 5]:

$$n_s = 3,65 \cdot \frac{n \cdot \sqrt{Q}}{H^{3/4}}.$$

Анализ показал, что увеличение частоты вращения рабочего колеса в три раза при неизменном коэффициенте быстроходности приводит к уменьшению диаметра рабочих колёс приблизительно на 30%, а количество ступеней при этом уменьшается почти в четыре раза. Это подтверждает значительное уменьшение массы и габаритных параметров погружного агрегата при использовании повышенных частот вращения.

Ограничивающим фактором повышения частоты вращения является кавитационная устойчивость насоса. Предельно допустимое значение частоты вращения определяется критическим коэффициентом кавитации по С. С. Рудневу [3]:

$$C_{кр} = 5,62 \cdot n \cdot \frac{\sqrt{Q}}{\Delta h_s^{3/4}}.$$

Подставив $C_{кр}$, получим

$$n_{кр} = \frac{C_{кр} \cdot \Delta h_s^{3/4}}{5,62 \cdot \sqrt{Q}},$$

где

- $C_{кр}$ – критический коэффициент кавитации;
- h_s – высота всасывания, м вод. ст.;
- Q – подача насоса, м³/час;
- n – частота вращения рабочего колеса, об/мин.

Подстановка экспериментально подтверждённых значений параметров малodeбитных насосов, полученных в работах ВИЭСХ, показывает, что для насосов пастбищных водоподъёмных установок с подачей $Q \approx 3$ л/с предельная частота вращения без возникновения кавитации достигает 12000–15000 об/мин при коэффициенте $C=700$ –800 и максимальной потере напора на всасывании $\Delta h_s=7$ м вод. ст.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение электропитания повышенной частоты позволяет существенно интенсифицировать процесс водоподъёма за счёт уменьшения габаритных размеров насоса и улучшения энергетических характеристик агрегата. При этом важно обеспечить оптимальный баланс между частотой вращения и кавитационной устойчивостью, что определяет выбор рациональных значений частоты тока при работе от автономных генераторных установок.

Для выявления оптимальных частот вращения насоса были выполнены вариантные расчёты рабочих ступеней, имеющих $n_n=3000$ –12000 об/мин при высоте подъёма воды $H=10$ –60 м вод. ст. и перекрытии поля подач от $Q=0,4$ –2,4 л/с. При этом предельное число ступеней электронасосов было ограничено 4-мя, исходя из условий получения моноблочной конструкции с размещением колёс на консольном валу электродвигателя.

Влияние частоты вращения на энергетические показатели агрегата подтверждается расчётными зависимостями изменения КПД насоса при различных параметрах подачи и напора. На рисунке 1 представлены зависимости $\eta(n)$ для четырёх типовых режимов работы погружных центробежных насосов.

Одна ступень высокоскоростного насоса ($n=12000$ об/мин) обеспечивает такой же коэффициент быстроходности, а, следовательно, и КПД, как четыре ступени насоса при скорости вращения $n=3000$ об/мин при сохранении постоянными подачи и напора ($Q=1,2$ л/с, $H=40$ м). При частоте вращения $n=4500$ об/мин тот же эффект достигается трёхступенчатым насосом, а при $n=6000$ об/мин – двухступенчатым. Таким образом, использование высокоскоростных центробежных насосов с частотой вращения рабочего колеса $n=(9000$ –12000 об/мин) в пастбищных агрегатах можно считать наиболее целесообразным, так как они

способствуют обеспечению моноблочной, компактной конструкции всего электронасоса, снижению его габаритов и массы, причем уве-

личение частоты вращения до 9000 об/мин обеспечивает более интенсивный рост КПД, чем последующий рост.

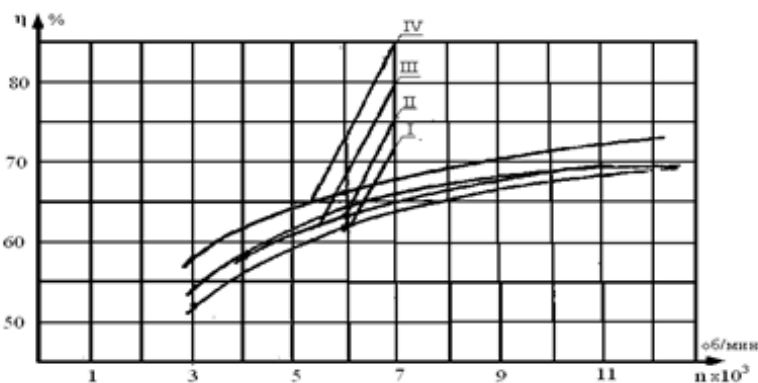


Рисунок 1. Зависимость КПД насоса от частоты вращения для различных параметров насосов: $\eta(n)$:

I – $Q=1,2$ л/с, $H=40$ м вод. ст.; II – $Q=0,6$ л/с, $H=20$ м вод. ст.;
 III – $Q=0,4$ л/с, $H=10$ м вод. ст.; IV – $Q=2,0$ л/с, $H=50$ м вод. ст.

Figure 1. Pump efficiency dependence on rotation speed for various pump parameters: $\eta(n)$:

I – $Q=1.2$ l/s, $H=40$ m of water; II – $Q=0.6$ l/s, $H=20$ m of water;
 III – $Q=0.4$ l/s, $H=10$ m of water; IV – $Q=2.0$ l/s, $H=50$ m of water

Полученные расчётные данные позволяют объективно оценить влияние частоты питающего тока и частоты вращения рабочего колеса на конструктивные и эксплуатационные характеристики погружных насосов малой производительности. Уменьшение числа ступеней и габаритов рабочего органа при переходе на повышенные частоты вращения создаёт условия для реализации облегчённых насосных агрегатов, значительно более удобных для размещения в стеснённых условиях скважин и шахтных колодцев.

В то же время повышение частоты вращения приводит к росту удельных энергетических нагрузок, что требует тщательной оценки кавитационных параметров и допустимых условий всасывания. Как показали расчёты и сопоставление с экспериментальными данными, критическая частота вращения определяется прежде всего значением критического коэффициента кавитации и геометрией всасывающего тракта. При приближении частоты вращения к предельным значениям возрастает риск неустойчивости рабочего процесса, который может проявляться в виде кавитационной эрозии, вибраций и нестандартных изменений подачно-напорных характеристик насоса.

Сравнение параметров насосов при работе на стандартной частоте (50 Гц) и повышенной частоте показывает, что подобные агрегаты характеризуются улучшенным соотношением «мощность–производительность» и меньшей металлоёмкостью. Для автономных систем водоподъёма, функционирующих в условиях отсутствия централизованного электроснабжения, это имеет принципиальное значение, поскольку снижается требуемая мощность первичного двигателя и повышается общая эффективность установки.

Также следует отметить, что использование генераторов увеличенной частоты в составе автономных систем позволяет стабилизировать подачу электроэнергии за счёт более высокой динамической устойчивости, чем у низкооборотных генераторов. Их применение обеспечивает более точное соответствие энергетических характеристик источника питания требованиям электродвигателя погружного насоса, что особенно важно при работе в условиях переменной нагрузки и ограниченных энергетических ресурсов.

Таким образом, результаты исследования подтверждают, что использование электропитания повышенной частоты для погружных центробежных насосов малобитных источников является технически оправданным

и позволяет существенно повысить эффективность автономных водоподъёмных систем при соблюдении ограничений по кавитационным и гидравлическим режимам.

Выводы. Проведённый анализ подтвердил, что для автономных водоподъёмных установок, работающих на малолитражных источниках воды, ключевым фактором обеспечения требуемых гидравлических параметров является рациональный выбор источника питания погружного электронасоса и частоты питающего тока. Переход к повышенным частотам позволяет реализовать существенно более компактные конструктивные решения насосных агрегатов.

Установлено, что увеличение частоты вращения рабочего колеса при сохранении быстроходности агрегата приводит к уменьшению диаметра рабочих ступеней и сокращению их числа, что способствует снижению металлоёмкости и общего веса погружного насоса. Эти особенности особенно важны для эксплуатации в шахтных колодцах малого сечения и скважинах с ограниченным диаметром.

На основе анализа кавитационных характеристик определено, что предельно допустимые частоты вращения ограничиваются параметрами критического коэффициента

кавитации и величиной потерь напора на всасывании. Результаты расчётов показывают, что для насосов с подачей порядка 3 л/с допустимая частота вращения составляет 12000–15000 об/мин, что подтверждает возможность применения высокочастотных электроприводов без нарушения устойчивости рабочего процесса.

Сопоставление эксплуатационных характеристик низкочастотных и высокочастотных автономных электронасосных установок показало, что использование генераторов повышенной частоты обеспечивает улучшенные энергетические показатели, а также повышает стабильность подачи электроэнергии в условиях нестабильной механической нагрузки от теплового двигателя.

Полученные результаты свидетельствуют о технической целесообразности применения схемы «тепловой двигатель–генератор повышенной частоты–погружной электронасос» для водоснабжения объектов, удалённых от централизованных электросетей. Такой подход обеспечивает более высокую энергетическую эффективность и расширяет область применения автономных систем водоподъёма на базе малолитражных источников воды.

Список литературы

1. Фиапшев А. Г., Хамоков М. М., Кильчукова О. Х. Проблемы энергообеспечения предприятий Кабардино-Балкарской Республики // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. № 1(27). С. 63–68. EDN: OMGCKJ
2. Экологически чистые и ресурсосберегающие альтернативные системы энергоснабжения сельскохозяйственных предприятий Кабардино-Балкарской Республики: монография / А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев, Л. М. Хажметов [и др.]. Нальчик, 2022. ISBN: 978-5-89125-194-6. EDN: JDKHIW
3. Повышение энергетической эффективности отраслей агропромышленного комплекса / С. В. Оськин, А. В. Коржаков, И. Н. Шишигин, А. А. Лоза // Сельский механизатор. 2022. № 1. С. 42–43. EDN: SBMVBB
4. Цопанов Н. Е., Рапутов Б. М., Кудзаев А. Б. Автоматическое регулирование работой погружного электронасоса для малолитражных источников воды // Известия Горского государственного аграрного университета. 2004. Т. 41. С. 98.
5. Погружной электродвигатель насосной установки для локального водоснабжения / Н. Е. Цопанов, И. Х. Есенов, Т. Р. Бароев [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2008. № 8. С. 11–12.
6. Цопанов Н. Е. Погружной электронасос для глубоких малолитражных источников воды // Известия Горского государственного аграрного университета. Т. 46. № 2. 2009 С. 123–126. EDN: MVJLGZ
7. Патент 2351803. Российская Федерация, МПК F04D 9/02, F04D 13/0. Способ обеспечения пуска электронасосов и устройство для его осуществления. / И. Х. Есенов, Н. Е. Цопанов, Н. И. Гриднев, А. Б. Кудзаев; патентообладатель Горский государственный аграрный университет. № 2007122878; заявл. 18.06.2007; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 10.

8. Патент 2477389. Российская Федерация, МПК F04D 13/08. Погружной электронасос для глубоких малодебитных источников воды / Н. Е. Цопанов, И. Х. Есенов, А. Б. Кудзаев [и др.]; патентообладатель Горский государственный аграрный университет. № 2009140539; заявл. 02.11. 2009; опубл. 10.03.2013, Бюл. № 7.

9. Модульное агрегатирование преобразователей электроэнергии мобильных энергосистем / О. В. Григораш, Ю. В. Даус, А. В. Квитко, П. М. Барышев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 3(75). С. 339–348. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-03-39. EDN: BRWTFI

10. Выбор оптимального противодействующего усилия для достижения максимального быстродействия электромагнита / А. Г. Фиапшев, М. М. Хамоков, О. Х. Кильчукова, К.С. Розуматова // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 1(35). С. 128–136. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-128-136. EDN: VKGMQK

11. Цопанов Н. Е., Фиапшев А. Г., Гриднев Н. И. Учёт быстроходности при конструировании погружных центробежных электронасосов для малодебитных глубоких источников воды // Известия Горского государственного аграрного университета. 2013. Т. 50. № 2. С. 216–219. EDN: QCFIIP

References

1. Fiapshev A.G., Khamokov M.M., Kil'chukova O.X. Problems of energy support of the enterprises of the Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2020;1(27):63–68. (In Russ.). EDN: OMGCKJ

2. Apazhev A.K., Shekixachev Yu.A., Khazhmetov L.M. [et al.]. *Ekologicheskii chistyie i resursoberegayushchie al'ternativnye sistemy energosnabzheniya sel'skohozyajstvennykh predpriyatij Kabardino-Balkarskoj Respubliki: monografiya* [Environmentally friendly and resource-saving alternative energy supply systems for agricultural enterprises of the Kabardino-Balkarian Republic: monograph]. Nalchik, 2022. ISBN 978-5-89125-194-6. (In Russ.). EDN: JDKHIW

3. Oskin S.V., Korzhakov A.V., Shishigin I.N., Loza A.A. Improving the energy efficiency of the agro-industrial complex. *Sel'skiy mekhanizator*. 2022;(1):42–43. (In Russ.). EDN: SBMVBB

4. Tsapanov N.E., Raputov B.M., Kudzaev A.B. Automatic control of the operation of a submersible electric pump for low-flow water sources. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2004;41:98. (In Russ.)

5. Tsapanov N.E., Yesenov I.Kh., Baroev T.R. [et al.]. Submersible electric motor of a pumping unit for local water supply. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyajstva*. 2008;(8):11–12. (In Russ.)

6. Tsapanov N.E. Submersible electric pump for deep, low-flow water sources. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2009;46(2):123–126. (In Russ.). EDN: MVJLGZ

7. Patent 2351803. Russian Federation, Int. Cl. F04D 9/02, F04D 13/0. Method of starting electrically driven pumps and device to this end. I.Kh. Yesenov, N.Ye. Tsapanov, N.I. Gridnev, A.B. Kudzaev; patent holder: Gorskiy gosudarstvennyj agrarnyj universitet. No. 2007122878; application 18.06. 2007; publ. 10.04.2009, Bull. No. 10. (In Russ.).

8. Patent 2477389. Russian Federation, Int. Cl. F04D 13/08. Downhole electrically driven pump for deep low-yield water sources. N.E. Tsapanov, I.Kh. Yesenov, A.B. Kudzaev [et al.]; patent holder: Gorskiy gosudarstvennyj agrarnyj universitet. No. 2009140539; application 02.11. 2009; publ. 10.03.2013, Bull. No. 7. (In Russ.).

9. Grigorash O.V., Daus Yu.V., Kvitko A.V., Baryshev P.M. Modular aggregation of power converters of mobile power systems. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2024;3(75):339–348. (In Russ.). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-03-39. EDN: BRWTFI

10. Fiapshev A.G., Khamokov M.M., Kilchukova O.Kh., Rozumatova K.S. Selection of the optimal reactive force to achieve the maximum speed of the electromagnet. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2020;1(27):63–68. 2022;1(35):128–136. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-128-136. EDN: VKGMQK

11. Tsapanov N.E., Fiapshev A.G., Gridnev N.I. Consideration of specific speed when designing the electrical centrifugal immersed pump for deep low yield water sources. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2013;50(2):216–219. (In Russ.). EDN: QCFIIP

Сведения об авторах

Фиапшев Амур Григорьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 2111-4506, Scopus ID: 57216563705, Researcher ID: AAE-4739-2019

Цопанов Николай Ефимович – старший преподаватель кафедры электрооборудования, электротехнологий и энергообеспечения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 6999-5541

Есенов Ирбек Хаджимуратович – кандидат технических наук, доцент кафедры электрооборудования, электротехнологий и энергообеспечения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 2980-6243

Уртаев Таймураз Асланбекович – кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 7380-6906

Information about the authors

Amur G. Fiapshyev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of "Enterprise Power Supply", Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2111-4506, Scopus ID: 57216563705, Researcher ID: AAE-4739-2019

Nikolay Ye. Tsopanov – Senior Lecturer, Department of "Electrical Equipment, Electrical Technologies and Power Supply", Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 6999-5541

Irbek Kh. Yesenov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of "Electrical Equipment, Electrical Technologies and Power Supply", Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 2980-6243

Taimuraz A. Urtaev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Technical Systems in Agribusiness", Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 7380-6906

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 21.11.2025;
одобрена после рецензирования 04.12.2025;
принята к публикации 12.12.2025.*

*The article was submitted 21.11.2025;
approved after reviewing 04.12.2025;
accepted for publication 12.12.2025.*

Пищевые системы
Food Systems

Научная статья

УДК 664.661

DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-134-141

**Использование кукурузной и льняной муки в производстве
хлебобулочных изделий для детского питания**

Фатима Азаматовна Бисчокова^{✉1}, Инна Борисовна Шогенова²

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

^{✉1}katrin0405@bk.ru

²inna.shogenova77@mail.ru

Аннотация. Повышение пищевой ценности изделий из муки остается одним из значимых направлений в пищевой промышленности. Внедрение в рецептуры альтернативных видов муки открывает возможности для создания нового ассортимента продукции, в том числе функционального и специализированного назначения. Однако широкое применение таких ингредиентов часто сопряжено с технологическими сложностями, поскольку они могут негативно влиять на сенсорные характеристики, физико-химические параметры и реологические свойства готовых изделий. В рамках представленного исследования была поставлена задача – разработка рецептуры и технологии булочки, предназначенной для детского питания. В качестве основы использовалась смесь трех видов муки: пшеничной I-го сорта, кукурузной и льняной. Выбор данных компонентов обусловлен их высокой питательной ценностью и функциональными свойствами. В ходе экспериментальной работы была проанализирована зависимость качества теста и характеристик выпеченных образцов от различных пропорций вводимой композитной смеси (кукурузная и льняная мука) в составе пшеничной муки первого сорта. На основе полученных данных было установлено оптимальное соотношение компонентов смеси, которое обеспечивает наилучшие потребительские свойства конечного продукта. Результатом исследования стала апробированная рецептура и детализированная технология производства булочки для детского питания. Готовое изделие, произведенное по разработанной методике из комбинированной смеси кукурузной, льняной и пшеничной муки, характеризуется повышенной пищевой и биологической ценностью, отвечая современным требованиям к продуктам для данной категории потребителей.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, детское питание, композитная смесь, мука пшеничная, льняная, кукурузная, показатели качества, пищевая ценность

Для цитирования: Бисчокова Ф. А., Шогенова И. Б. Использование кукурузной и льняной муки в производстве хлебобулочных изделий для детского питания // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 4(50). С. 134–141. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-134-141

Original article

The use of corn and flaxseed flour in the production of bakery products for baby food

Fatima A. Bischokova^{✉1}, Inna B. Shogenova²

Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

^{✉1}katrin0405@bk.ru

²inna.shogenova77@mail.ru

Abstract. Improving the nutritional value of flour-based products remains a significant focus in the food industry. Incorporating alternative flours into recipes opens up opportunities for creating a new range of products, including those with functional and specialized uses. However, the widespread use of such ingredients is often associated with technological challenges, as they can negatively impact the sensory characteristics, physicochemical parameters, and rheological properties of finished products. This study aimed to develop a recipe and manufacturing process for a bun intended for baby food. A mixture of three types of flour was used as the base: first-grade wheat, corn, and flaxseed. These components were chosen due to their high nutritional value and functional properties. During the experimental study, the relationship between dough quality and baked sample characteristics was analyzed using various proportions of the composite mixture (corn and flaxseed flour) added to first-grade wheat flour. Based on the data obtained, the optimal ratio of mixture components was determined, ensuring the best consumer properties of the final product. The research resulted in a proven recipe and a detailed production technology for baby buns. The finished product, produced using the developed method and a combined blend of corn, flaxseed, and wheat flour, boasts enhanced nutritional and biological value, meeting modern product requirements for this consumer group.

Keywords: bakery products, baby food, composite mixture, wheat flour, flax flour, corn flour, quality indicators, nutritional value

For citation: Bischokova F.A., Shogenova I.B. The use of corn and flaxseed flour in the production of bakery products for baby food. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;4(50):134–141. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-134-141

Введение. В современных условиях тренд на повышение пищевой ценности рациона обуславливает необходимость создания и промышленного внедрения функциональных продуктов. Такая пища должна содержать целевые нутриенты, способствующие поддержанию физиологических функций организма в оптимальном состоянии [1, 2]. Одним из ключевых направлений в этой области является модификация рецептур хлебобулочных изделий за счет введения нетрадиционных видов сырья, позволяющих существенно повысить их биохимическую значимость.

«Совершенствование химического состава хлебных изделий достигается использованием для их выработки специальной «составной» или «композитной» муки, которую получают путем добавления к пшеничной муке от 1 до 8 видов муки нехлебопекарных злаков

или бобовых культур, а также семян подсолнечника, тыквы, льна, кунжута и пр.» [3].

Несмотря на комплексный состав, традиционный хлеб из пшеничной муки имеет дисбаланс в соотношении основных нутриентов. Так, пропорция белков к углеводам в нем часто достигает 1:6-7, что отклоняется от рекомендуемых диетологией норм, где оптимальным считается соотношение 1:4 [4].

Дополнительной проблемой является несбалансированность аминокислотного профиля пшеничного белка, который характеризуется дефицитом ряда незаменимых аминокислот, в частности лизина, треонина, метионина и триптофана [3, 4].

Для обогащения хлебобулочных изделий питательными веществами целесообразно применять растительные компоненты с содержанием белка, такие как мука из бобовых

культур, льняного семени, подсолнечника и иного нетрадиционного сырья. Интеграция подобных видов муки позволяет диверсифицировать продуктовый ряд, включая создание изделий функциональной направленности. Однако их внедрение сопряжено с рядом технологических ограничений, поскольку даже незначительные добавки способны негативно отразиться на органолептических свойствах, физико-химических параметрах и структурно-механических характеристиках готовых изделий.

В контексте лечебно-профилактического питания особое значение приобретают кукурузная и льняная виды муки. Их включение в рецептуры на основе пшеничной муки требует строгого дозирования, позволяющего сохранить высокие потребительские качества конечного продукта. Использование нетрадиционных видов муки в рационе лечебно-профилактического питания – это диалог с древними злаками, переосмысленный через призму современной нутрициологии.

Кукурузная мука отличается повышенной гидрофильностью, что ведет к росту выхода готовых изделий и оказывает благоприятное экономическое влияние. Вместе с тем отсутствие в ее составе клейковины становится причиной увеличения плотности и повышенной крошковатости мякиша, уменьшения удельного объема и ухудшения реологических свойств хлеба.

Льняная мука, в свою очередь, является источником ценного легкоусвояемого белка, полиненасыщенных жирных кислот омега-группы, пищевых волокон, фенольных соединений, витаминов В-комплекса, а также широкого спектра минеральных веществ. Присутствующие в ней фитоэстрогены способствуют регуляции гормонального баланса и проявляют антиоксидантную активность. Слизистые вещества, содержащиеся в данной муке, обладают высокой влагоудерживающей способностью, что благотворно сказывается на реологических свойствах теста и качестве выпеченных изделий.

Добавление льняной муки, содержащей значительное количество жира и пищевых волокон, в том числе пектиновых веществ, обладающих высокой водопоглощительной способностью и образующих коллоидные соединения, действующих в тесте как структу-

рообразователи, частично устраняет негативное влияние кукурузной муки на показатели качества готовой продукции из муки пшеничной [5].

Целью исследования являлась разработка технологии и рецептуры булочки для детского питания из муки пшеничной первого сорта с использованием композитной смеси из кукурузной и льняной муки.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследование проводилось в учебно-исследовательской лаборатории кафедры «Технология продуктов общественного питания и химия» Кабардино-Балкарского ГАУ в 2025 году.

Объектами исследования служили: мука пшеничная 1-го сорта, кукурузная и льняная мука; булочные изделия для детского питания из муки пшеничной 1-го сорта с добавлением композитной смеси из кукурузной и льняной муки.

Для выпечки булочки для детского питания из пшеничной муки первого сорта использовали методику пробной лабораторной выпечки [6].

Оценку качества контрольных и опытных булочек проводили по органолептическим и физико-химическим показателям.

Органолептические показатели качества булочек определяли по ГОСТ 56678-2022¹; влажность мякиша булочки – по ГОСТ 21094-2022²; кислотность булочки – по ГОСТ 5670-96³.

Результаты исследования. В таблице 1 представлены данные о пищевой ценности муки пшеничной 1-го сорта, кукурузной и льняной муки [7–9].

Из таблицы 1 видно, что в 100 г льняной муки белков, жиров и пищевых волокон содержится больше, чем в муке пшеничной и кукурузной, в 3,2 и 5 раз; в 6,7 раза; в 6,1 и 6,8 раза соответственно.

¹ГОСТ 56678-2022 Изделия хлебобулочные. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий. Москва: РИС, 2022. 16 с.

²ГОСТ 21094-2022 Изделия хлебобулочные. Методы определения влажности. Москва: РИС, 2022. 16 с.

³ГОСТ 5670-96 Изделия хлебобулочные. Методы определения кислотности. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2006. 7 с.

Таблица 1. Пищевая ценность пшеничной, кукурузной и льняной муки (на 100 г продукта)
Table 1. Nutritional value of wheat, corn, and flax flour (per 100 g of product)

Пищевые вещества	Содержание в 100 г продукта			Степень покрытия потребности организма в пищевые вещества, % от суточной нормы		
	мука					
	пшеничная 1-го сорта	кукурузная	льняная	пшеничная 1-го сорта	кукурузная	льняная
Белки, г	11,1	7,2	36,0	14,6	9,5	48,3
Жиры, г	1,5	1,5	10,0	2,7	2,7	8,4
Углеводы, г, в т. ч. Пищевые волокна, г	72,7 4,9	80,9 4,4	39,0 30,0	55,5 24,5	54,9 22,0	103,0 100
Витамины:						
А, мкг	–	33,0	–	–	3,7	–
β-каротин, мг	–	0,2	–	–	4	–
В ₁ , мг	0,25	0,35	1,8	16,7	23,3	120
В ₂ , мг	0,08	0,13	0,18	4,4	7,2	10,0
В ₄ , мг	76,0	8,6	86,6	15,2	1,7	17,3
В ₅ , мг	0,5	0,24	1,08	10,0	4,8	21,6
В ₆ , мг	0,22	0,18	0,52	11,0	9,1	26,0
В ₉ , мкг	35,5	30,0	95,7	8,9	7,5	23,9
РР, мг	4,3	3,0	3,34	21,5	15,0	16,7
Минеральные вещества:						
К, мг	176,0	147,0	894,3	7,0	5,9	35,8
Са, мг	24,0	20,0	280,5	2,4	2,0	28,1
Mg, мг	44,0	30,0	431,2	11,0	7,5	107,8
Ph, мг	115,0	109,0	706,2	14,4	13,6	88,3
Fe, мг	2,1	2,7	6,3	11,7	15,0	45,0
Mn, мг	1,12	0,174	2,73	56,0	8,7	136,5
Cu, мкг	180,0	76,0	1342,0	18,0	7,6	134,2
Se, мкг	6,0	10,5	27,94	10,9	19,1	50,8
Zn, мг	1,01	0,66	4,8	8,4	5,5	40,0

Пшеничная и кукурузная виды муки значительно уступают льняной муке по содержанию витаминов группы В, макро- и микро-элементов. Кукурузная мука отличается от других видов муки высоким содержанием углеводов, наличием ретинола и β-каротина.

Использование 100 г льняной муки в рецептуре хлебобулочных изделий полностью покрывает суточную потребность организма человека в пищевых волокнах, тиамине, магнии, марганце, меди. За счет льняной муки потребность организма в белках, фосфоре,

железе, селене и цинке удовлетворяется на 40 и более процентов.

Анализ данных химического состава разных видов муки свидетельствует о целесообразности применения их в составе композитной смеси для повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий и возможности использования в питании детей.

С целью разработки технологии булочки для детского питания исследовано влияние различных дозировок смеси кукурузной и льняной муки на показатели качества готовых изделий.

При определении влияния смеси пшеничной, кукурузной и льняной муки на показатели качества булочки для детского питания проводили пробную лабораторную выпечку.

За основу была взята булочка «Октябренок» из муки первого сорта, вырабатываемая по ГОСТ 27844-88 массой 0,08 кг с добавлением сухого обезжиренного молока (кон-

троль) [10]. Тесто для булочки «Октябренок» готовили на большой густой опаре. Прессованные дрожжи вносили в две стадии: 1% (от массы дрожжей по рецептуре) в опару и 2% – в тесто.

Рецептура булочки «Октябренок» приведена в таблице 2.

Таблица 2. Рецепт и режим приготовления теста на большой густой опаре для булочки «Октябренок» на основе муки пшеничной хлебопекарной 1-го сорта
Table 2. Recipe and mode for preparing dough on a large thick starter for the Oktyabrenok bun on the basis of wheat flour of the 1st grade

Наименование сырья, полуфабрикатов и показателей процесса	Расход сырья и параметры процесса по стадиям		
	опара	тесто	разделка
Мука пшеничная хлебопекарная 1-го сорта, кг	70	28	2
Дрожжи хлебопекарные прессованные, кг	1,0	2,0	–
Соль поваренная пищевая, кг	–	1,5	–
Вода, кг	41–45	По расчету	–
Опара, кг	–	вся	–
Сахар-песок, кг	–	12,0	–
Масло подсолнечное, кг	–	3,0	–
Молоко сухое обезжиренное, кг	–	20,0	–
Температура начальная, °С	28–30	29–30	–
Продолжительность брожения, мин	180–240	50–60	–
Кислотность конечная опары, град	3,5–4,5		–
Кислотность конечная теста, град, не более	–	5,5	–

При приготовлении опытных проб 5, 10, 15, 20% муку пшеничную 1-го сорта в опаре заменяли композитной смесью, состоящей из равного количества муки кукурузной и льняной, прессованные дрожжи – на быстродействующие сухие инстантные дрожжи, масло подсолнечное – на масло льняное (табл. 3).

На подготовительном этапе осуществлялось просеивание мучных компонентов: пшеничной, кукурузной и льняной муки. Сухие дрожжевые культуры подвергались предварительной регенерации в водной среде с температурным режимом 28–30 °С. Активация микроорганизмов проводилась путем введения незначительной порции пшеничной муки и сахарозы с последующей экспозицией в течение 10–15 минут. Подготовленная дрожжевая суспензия направлялась в тестомесильный агрегат для формирования опары и последующего замеса тестовой матрицы.

При реализации метода густой опары производилось заваривание смеси кукурузной

и льняной муки с последующим охлаждением до температуры 30–32 °С. Данная термомеханическая обработка инициирует процесс ферментативного осахаривания крахмальных соединений, что приводит к интенсификации бродильных процессов в тестовой среде и существенному сокращению технологического цикла приготовления теста.

Количество воды рассчитывали исходя из влажности большой густой опары, составляющей 42,5%. Продолжительность брожения опары составляла от 120 до 150 минут при температуре 28–30 °С до достижения кислотности 3,5–4,5 град. На готовой выброженной опаре замешивали тесто, для чего в опару добавляли рецептурные компоненты, оставшееся количество пшеничной муки 1-го сорта, воду из расчета получения теста с влажностью 39,5%. Замес теста производили в течение 15–20 минут в лабораторной тестомесильной машине.

Таблица 3. Рецепт и режим приготовления теста на большой густой опаре для булочки «Октябренок» на основе муки пшеничной хлебопекарной 1-го сорта с добавлением композитной смеси
Table 3. Recipe and preparation method for dough with a large thick starter for the Oktyabrenok bun on the basis of wheat flour with composite mixture addition

Наименование сырья, полуфабрикатов и показателей процесса	Расход сырья и параметры процесса по стадиям		
	опара	тесто	разделка
Мука пшеничная хлебопекарная 1-го сорта, кг	55	28	2
Композитная смесь (кукурузная +льняная)	15	–	–
Дрожжи сухие инстантные, кг	1,0	2,0	–
Соль поваренная пищевая, кг	–	1,5	–
Вода, кг	41–45	По расчету	–
Опара, кг	–	вся	–
Сахар-песок, кг	–	12,0	–
Масло льняное, кг	–	3,0	–
Молоко сухое обезжиренное, кг	–	20,0	–
Температура начальная, °С	28–30	29–30	–
Продолжительность брожения, мин	120–150	40–50	–
Кислотность конечная опары, град	3,5–4,5		–
Кислотность конечная теста, град, не более	–	4,5	–

После замеса тесто отправляли в термостат ТГУ-01-200 на брожение в течение 40–50 мин до достижения конечной кислотности 4,5 град. Выброженное тесто разделяли на тестовые заготовки массой 90–95 г и придавали им круглую форму. Тестовые заготовки укладывали на смазанные растительным маслом кондитерские листы и ставили в расстойный шкаф.

Окончательную расстойку осуществляли в расстойном шкафу при температуре 35–40 °С и относительной влажности 70%. По окончании расстойки листы с тестовыми заготовками отправляли для выпечки в электрическую печь ХПЭ-750 С при температуре 180–190 °С на 15–17 минут.

Все опытные образцы обладали хорошими органолептическими и физико-химическими показателями. Наиболее высокое качество отмечено у изделий, приготовленных с добавлением композитной смеси из кукурузной и льняной муки в количестве 15% от массы муки пшеничной.

Булочки имели правильную форму, гладкую поверхность, тонкую мягкую корочку, нежный эластичный мякиш слегка серовато-кремового цвета, приятный вкус и запах; показатель формоустойчивости булочек увеличился на 6–10% по сравнению с контролем и составил от 0,55 до 0,58.

Балльная оценка булочек была рассчитана согласно методике, разработанной кафедрой

технологии хлебопекарного производства МТИПП [6] и составила 80 баллов.

Применение композитной смеси из кукурузной и льняной муки в количестве 15% от массы муки пшеничной способствовало увеличению влагоемкости теста, его газообразующей способности. При этом время брожения теста уменьшалось вследствие содержания в кукурузной и льняной муке большого количества собственных сахаров и их большей «атакуемости» амилолитическими ферментами, что дополнительно способствовало сохранению сухих веществ и увеличению выхода готовых изделий.

Выводы. Разработана рецептура и технология приготовления булочки для детского питания из пшеничной муки первого сорта с композитной смесью из кукурузной и льняной муки.

Основными достоинствами булочек для детского питания с добавлением композитной смеси из кукурузной и льняной муки в количестве 15%, приготовленных на большой густой опаре, являются повышение пищевой ценности, улучшение показателей качества и увеличение выхода готовых изделий.

Таким образом, использование композитной смеси из кукурузной и льняной муки можно рекомендовать при производстве булочек для детского питания.

Список литературы

1. Конакова А. В., Кушакова К. А. Влияние биологически активных веществ на организм человека // Научный электронный журнал «Меридиан». 2020. № 11(45). С. 96–98. EDN: CYTAXT
2. Сергиенко И. В., Куцова А. Е., Куцов С. В. Инновационно-технологические решения в создании функциональных продуктов питания // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 2. С. 126–129. EDN: UAOLTZ
3. Пучкова Л. И. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Часть 1. Технология хлеба. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2005. 559 с. ISBN 5-901065-83-2
4. Бисчокова Ф. А. Применение смеси кукурузной и льняной муки для приготовления хлеба из пшеничной муки и их влияние на его качество // Актуальные проблемы технологии продуктов питания, туризма и торговли: сборник научных статей IX Всероссийской научно-практической конференции. Нальчик, 2025. С. 58–63.
5. Кенийз Н. В., Сокол Н. В. Технология производства хлеба из замороженных полуфабрикатов с использованием пектина в качестве криопротектора // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2011. № 2-2. С. 92–94. EDN: PCGFHT
6. Пучкова Л. И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2004. 264 с. ISBN 5-901065-65-4
7. Бисчокова Ф. А., Беров А. Б. Биологическая ценность хлебных изделий // Актуальные проблемы технологии продуктов питания, туризма и торговли: сборник научных статей IX Всероссийской научно-практической конференции. Нальчик, 2025. С. 47–51.
8. Калорийность. Кукурузная мука. Химический состав и пищевая ценность [Электронный ресурс]. URL: https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/164.php (дата обращения 18.03.2025)
9. Калорийность. Мука льняная. Химический состав и пищевая ценность. URL: https://health-diet.ru/table_calorie_users/12467/ (дата обращения 30.03.2025)
10. Сборник технологических инструкций для производства хлебобулочных изделий. Москва: Прейскурантиздат, 1989. 494 с.

References

1. Konakova A.V., Kushakova K.A, Influence of biologically active substances on the human body. *Nauchnyy elektronnyy zhurnal «Meridian»*. 2020;11(45):96–98. (In Russ.). EDN: CYTAXT
2. Sergienko I.V., Kutsova A.E., Kutsov S.V. Innovative technological solutions in creating functional products power. *Proceedings of the Voronezh state university of engineering technologies*. 2015;(2):126–129. (In Russ.). EDN: UAOLTZ
3. Puchkova, L.I. *Tekhnologiya hleba, konditerskih i makaronnyh izdelij. Chast' 1. Tekhnologiya hleba* [Technology of Bread, Confectionery, and Pasta Products. Part 1. Bread Technology]. Saint Petersburg: GIOR, 2005. 559 p. ISBN 5-901065-83-2. (In Russ.)
4. Bischokova F.A. Use of a mixture of corn and flax flour for the preparation of bread from wheat flour and their influence on its quality. *Aktual'nye problemy tekhnologii produktov pitaniya, turizma i trgovli: sbornik nauchnyh statej IX Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Actual problems of food technology, tourism and trade: collection of scientific articles of the IX All-Russian scientific and practical conference]. Nalchik, 2025. Pp. 58–63. (In Russ.)
5. Keniyz N.V., Sokol N.V. The development of biotechnological methods of improving the pastry quality. *Bulletin of Michurinsk state agrarian university*. 2011;(2-2):92–94. (In Russ.). EDN: PCGFHT
6. Puchkova, L.I. *Laboratory Laboratornyj praktikum po tekhnologii hlebopekarnogo proizvodstva* [Workshop on Bakery Technology]. Saint Petersburg: GIOR, 2004. 264 p. ISBN 5-901065-65-4. (In Russ.)
7. Bischokova F.A., Berov A.B. Biological value of bread products. *Aktual'nye problemy tekhnologii produktov pitaniya, turizma i trgovli: sbornik nauchnyh statej IX Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Actual problems of food technology, tourism and trade: collection of scientific articles of the IX All-Russian scientific and practical conference]. Nalchik, 2025. Pp. 47–51.
8. Caloric Content. Corn Flour. Chemical Composition and Nutritional Value [Electronic Resource]. URL: https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/164.php (date of access: 18.03.2025)
9. Calorie Content. Flaxseed Flour. Chemical Composition and Nutritional Value. URL: https://health-diet.ru/table_calorie_users/12467/ (date of access: 30.03.2025)
10. *Sbornik tekhnologicheskikh instrukcij dlya proizvodstva hlebobulochnyh izdelij* [Collection of technological instructions for the production of bakery products]. Moscow: Preyskurantizdat, 1989. 494 p.

Сведения об авторах

Бисчокова Фатима Азаматовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры технологии продуктов общественного питания и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 1575-3413

Шогенова Инна Борисовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии продуктов общественного питания и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2337-2430

Information about the authors

Fatima A. Bischokova – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Public Catering Technology and Chemistry, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 1575-3413

Inna B. Shogenova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Public Catering Technology and Chemistry, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2337-2430

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 14.11.2025;
одобрена после рецензирования 05.12.2025;
принята к публикации 12.12.2025.*

*The article was submitted 14.11.2025;
approved after reviewing 05.12.2025;
accepted for publication 12.12.2025.*

Научная статья
УДК 664.8.022.1
DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-142-150

Анализ процесса экстрагирования растительного сырья под действием электромагнитного поля СВЧ-диапазона

Александр Викторович Гаврилов

Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, улица Научная, 1, Симферополь,
Республика Крым, Россия, 295492

tehfac@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3382-0307>

Аннотация. В настоящей статье проводится анализ процесса экстрагирования растительного сырья под действием электромагнитного поля СВЧ-диапазона. Производство и переработка пищевых продуктов питания связаны с энергоемкостью. Выбросы и отходы пищевых производств являются загрязнителями атмосферы, гидросферы и литосферы. При этом пищевые технологии отстают в практическом внедрении инновационных проектов от других отраслей экономики, так как проблемы пищевых энерготехнологий в мире комплексно не исследованы. В связи с этим в настоящей статье проводится анализ процесса экстрагирования растительного сырья под действием электромагнитного поля СВЧ-диапазона, состоящего из элементов макро- микро- и наномасштабного размера. Причем именно на объекты микро- и наномасштабного размера направлены пищевые технологии. Эти объекты, обладая большим диффузионным сопротивлением, определяют, как правило, энергоемкость технологии, степень использования сырья и сохранность пищевого потенциала. По этой причине в отходах остается до 15–20% целевых компонентов, которые находятся в микро- и нанокapиллярах и не извлекаются традиционными технологиями. Использование инновационных технологий в пищевой промышленности позволит создать принципиально новые продукты, не имеющие современных аналогов. Создание таких технологий должно основываться на комплексном анализе энергетических, теплофизических и биотехнологических явлений. Основными процессами пищевых технологий, которые следует интенсифицировать, являются процессы теплопереноса. Именно они определяют как энергетическую, так и качество готового продукта. Проведено экспериментальное исследование микроволновых экстракторов и сравнение их энергетической эффективности с традиционным оборудованием. Предложен принцип адресного подведения энергии с помощью электромагнитного поля. Разработана модель, с помощью которой можно рассчитывать эффективность процесса массообмена для экстрагирования пищевых продуктов в электромагнитном поле, получать высококачественный продукт при минимальных энергетических затратах и при пониженных температурах.

Ключевые слова: диффузионное сопротивление, пищевые технологии, энергетические ресурсы, пограничный слой, нанотехнологии, бародиффузия, экстрагирование

Для цитирования: Гаврилов А. В. Анализ процесса экстрагирования растительного сырья под действием электромагнитного поля СВЧ-диапазона // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 4(50). С. 142–150. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-142-150

Благодарности. Автор выражает благодарность руководству Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского за поддержку и допуск в лаборатории для проведения экспериментальных исследований и получение данных для написания научной статьи.

Original article

Analysis of the extraction process of plant raw materials under the influence of a microwave electromagnetic field

Aleksandr V. Gavrilo

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 1 Nauchnaya Street, Simferopol, Republic of Crimea, Russia, 295492

tehfac@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3382-0307>

Abstract. The production and processing of food products is associated with energy intensity. Emissions and waste from food production are pollutants of the atmosphere, hydrosphere, and lithosphere. At the same time, food technologies lag behind in the practical implementation of innovative projects compared to other sectors of the economy. However, the problems of food energy technologies are not comprehensively addressed in the world. They consist of elements of macro-, micro-, and nano-scale dimensions. Moreover, the objects of micro- and nano-scale size are in the focus of food technology in this article. Analysis of the extraction process of plant raw materials under the influence of a microwave electromagnetic field these objects, which have a high diffusion resistance, typically determine the energy intensity of the technology, the degree of raw material utilization, and the preservation of nutritional potential. As a result, up to 15–20% of the target components remain in the waste, trapped in micro- and nano-capillaries that cannot be extracted using traditional technologies. The use of innovative technologies in the food industry will allow the creation of fundamentally new products that do not have modern counterparts. The development of such technologies should be based on a comprehensive analysis of energy, thermophysical, and biotechnological phenomena. The main processes in food technology that should be intensified are those related to heat and mass transfer. These processes determine both the energy content and the quality of the final product. Experimental study of microwave extractors has been conducted, and its energy efficiency has been compared with that of traditional equipment. The principle of targeted energy delivery using an electromagnetic field has been proposed. A model has been developed to calculate the efficiency of the mass transfer process for extracting food products in an electromagnetic field. The developed microwave extractor allows for the production of high-quality products with minimal energy consumption and at reduced temperatures.

Keywords: diffusion resistance, food technologies, energy resources, boundary layer, nano technologies, barodiffusion, extraction

For citation: Gavrilo A.V. Analysis of the process of extracting plant raw materials under the influence of an electromagnetic field of the microwave range. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;4(50):142–150. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-142-150

Acknowledgements. The author expresses gratitude to the management of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky for support and access to the laboratory to conduct experimental research and obtain data for writing a scientific article.

Введение. Наибольший расход энергии наблюдается в пищевой промышленности, особенно в процессах, связанных с термообработкой пищевого сырья [1–3]. Необходимо рассматривать вопросы по эффективному использованию энергии и увеличивать энергетический КПД пищевых технологий. Это, в свою очередь, снизит себестоимость продукта и приведет к сохранению полезных элементов продукта [4–6]. Проведение процесса при пониженных температурах повышает сохране-

ние качественных характеристик продукта [7–9]. Однозначного ответа на решение данных вопросов нет.

Главная задача в переработке пищевого сырья – это безопасность и наличие полезно активных веществ. В утилизированных компонентах переработки сырья содержатся полезные пищевые элементы, стоимость которых больше цены получаемого продукта. Данные компоненты расположены внутри капилляров на глубине от 5 нм и глубже, и

извлекать их очень сложно. При помощи существующего оборудования эти процессы осуществить сложно и даже невозможно.

Необходимо процессы обезвоживания (выпаривание, экстрагирование, сушка и другие) осуществлять по принципу адресного направления энергии (АНЭ). Проведение процессов по предложенному принципу приведет к сокращению затрат энергии, снижению температуры воздействия на сырье и получению более высококачественного пищевого продукта.

Поиск новых принципов и оборудования для тепловой обработки сырья в настоящее время не дал результатов. В настоящее время наиболее распространены микроволновые генераторы [10–12]. Воздействие на продукт электромагнитного поля (ЭМП) исследуется многими специалистами в различных странах. Вопрос очень актуальный [13–15]. В различных странах разработаны конструкции сушилок с использованием ЭМП. С помощью них производят чипсы из овощей и фруктов, различные сушеные фрукты и овощи. В Турецком университете исследовали экстрагирование фенолов из черники в состоянии порошка 60%-ным водным раствором этанола, и был получен экстракт с содержанием сухих веществ 85%.

Анализ проведенных исследований подтверждает использование ЭМП в обработке

пищевых продуктов актуальным. Но много вопросов еще не изучено (увеличение конечной концентрации пищевых продуктов, уменьшение воздействия температуры на сырье, затраты энергии). Обозначенные проблемы необходимо решать [3, 15].

Цель исследования – разработка новых технологий обезвоживания пищевого сырья и оборудования на принципе микроволновых источников энергии с адресным направлением энергии.

Материалы, методы и объекты исследования. Для реализации адресного направления энергии к молекулам в капиллярах сырья с помощью ЭМП будем учитывать вид и свойства продукта. В экспериментальных исследованиях будем регулировать выход жидкости из микро- и наномасштабных объектов сырья. Извлечение жидкости зависит от мощности оборудования и от структуры сырья.

Проведем классификацию процессов обезвоживания (механические, гидродинамические, тепловые, массообменные и комбинации из них). Особый интерес представляют комбинированные процессы. С их помощью возможно разрешить проблемы обезвоживания пищевых продуктов.

Представим процесс обезвоживания продуктов в ЭМП следующей схемой (рис. 1).

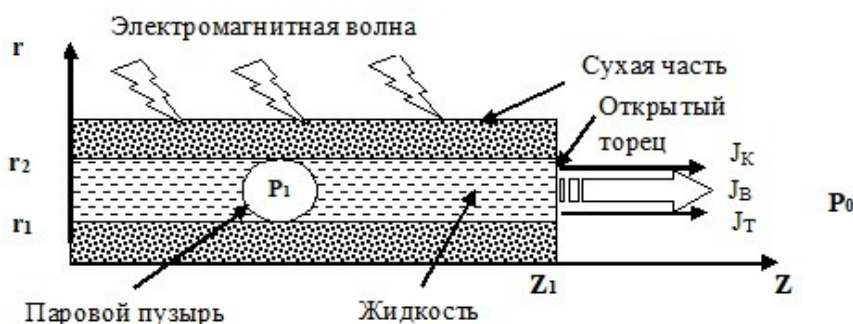


Рисунок 1. Схема процесса обезвоживания продуктов в ЭМП:

z, r – координаты

Figure 1. Diagram of the process of food dehydration in an electromagnetic field:

z, r – coordinates

Схема наглядно показывает воздействие ЭМП на сухую часть продукта. Она радиопроницаемая. Электромагнитное излучение достигает жидкости внутри капилляра и воздействует на молекулы, которые являются полярными. В установке создается давление

P_0 . При подаче ЭМП микроволны проникают через сухую часть продукта к жидкости. Осуществляется процесс диссипации микроволновой энергии и образуется пар. Чтобы образовался паровой пузырь, температура должна быть максимальной. Процесс прохо-

дит в глубине капилляра. Давление возрастает, и происходит разрыв капилляра по причине небольшого объема жидкой среды и большой концентрации энергии. В результате разрыва капилляра жидкость выходит на поверхность, откуда удаляется. С поверхности влагу можно удалить обычным конвективным способом (пример комбинированного процесса обезвоживания пищевых продуктов).

Выполненный анализ справедлив и для процессов экстрагирования, и для процессов сушки.

Для процессов выпаривания в ЭМП такой анализ выполнен в [15]. Массовый баланс выражает поток влаги и пара из жидкой прослойки и складывается из конвективного (J_K), термодиффузионного (J_T) и бародиффузионного (J_B) потока (рис. 1) при следующих коэффициентах массоотдачи ($\beta_K, \beta_T, \beta_B$), поверхностях контакта фаз (F_v, F_{Kv}, F_{Bi}) и разности парциальных давлений ($\Delta P_P, \Delta P_T, \Delta P_B$):

$$J = J_K + J_T + J_B = \beta_K \cdot F_i \cdot (\Delta P_P) + \beta_T \cdot F_{Ki} \cdot (\Delta P_T) + \beta_B \cdot F_{Bi} \cdot (\Delta P_B). \quad (1)$$

Доказательства подтверждены экспериментальными исследованиями, проведенными на модели сырья (рис. 2). Капилляр сырья был заполнен водой с чернилами. В оболочке модели было 3 капилляра. Модель размещали в термостате и в микроволновом генераторе [16]. Образование гидродинамического потока из каналов капилляров сырья подтверждено видеофиксацией. Было установлено, что источник зарождения парообразования наиболее четко выражен в капиллярах, находящихся близко к источнику энергии (генератору). Такой бародиффузионный процесс возможно контролировать с помощью регулирования мощности источника энергии и его направления излучения, учитывая структуру пищевого сырья и диаметр капилляров. Подтверждается процесс диссипации микроволновой энергии и образования пара с последующим разрывом капилляра и выходом жидкости на поверхность.

Результаты исследования. Для проведения экспериментальных исследований был разработан микроволновой экстрактор, конструкция которого принципиально отличается от традиционных экстракторов (рис. 3).

Сравнение традиционного и предложенного экстракторов приведено в таблицах 1, 2.

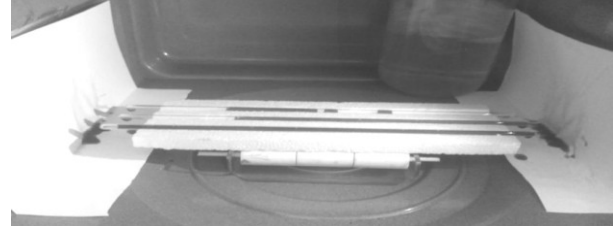


Рисунок 2. Модель капилляра сырья в микроволновом генераторе

Figure 2. Model of the capillary of raw materials in a microwave generator

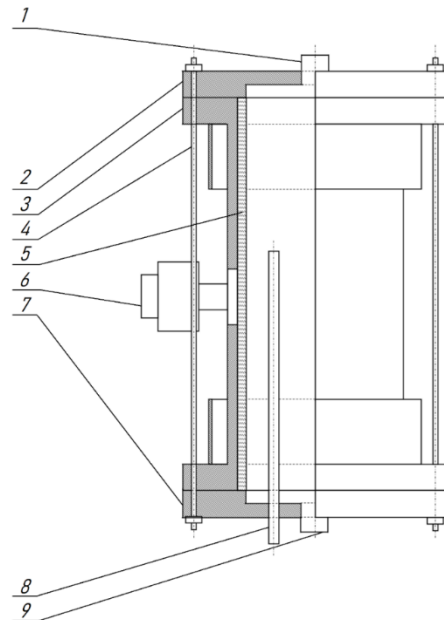


Рисунок 3. Схема и общий вид микроволнового экстрактора

Figure 3. Diagram and general view of the microwave extractor

Таблица 1. Традиционные экстракторы
Table 1. Traditional extractors

Механизм	Процесс конвективной диффузии в капиллярах сырья
Преимущество	Конструкция устройства проста в обслуживании
Ограничения	В процессе экстрагирования с ростом температурного режима процесс ускоряется, но при этом теряются полезные вещества в сырье, которые являются термолабильными
Проблемы	Для сохранения качества готового продукта и термолабильных веществ в сырье ограничиваются уровнем температуры, и продолжительность процесса измеряется многими часами, сутками (фармацевтические производства), годами (коньячные технологии). Извлекаются только растворимые компоненты. Содержимое микрокапилляров традиционные технологии не извлекают
Перспективы	Решение проблемы отсутствует

Предложенный экстрактор с микроволновым излучением работает на принципе адресного направления энергии (табл. 2).

С помощью вакуумного микроволнового экстрактора провели исследование различных пищевых продуктов: шиповника и кофейного шлама. Температура кипения пищевых систем не превышала 40 °С, что очень важно для термолабильных веществ. Шлам от кофе загрязняет окружающую среду, но при этом

имеет большое количество ценных элементов, таких как кофейное масло, содержащее кофеин (их количество составляет 15% от общего объема). С помощью традиционных принципов извлечь эти вещества не представляется возможным. В связи с этим необходимо спроектировать микроволновой экстрактор, который справится с поставленной задачей. Принцип в микроволновом экстракторе – механическая диффузия.

Таблица 2. Микроволновой экстрактор
Table 2. Microwave Extractor

Механизм	Объемный подвод энергии непосредственно к молекулам растворителя. Осуществляется при граничных условиях II рода. Используются электромагнитные генераторы микроволнового диапазона
Преимущество	Комбинированное действие диффузионных и гидродинамических движущих сил обеспечивает извлечение полиэкстрактов, существенно снижает продолжительность процесса, увеличивает выход целевых компонентов
Ограничения	Молекулы сырья или экстрагента должны быть полярными

В процессе экстрагирования необходимо правильно выбрать экстрагент, из которых известные – гексан, нефрас, но они очень токсичные. Этанол безопасен, но он обладает минимальными характеристиками массопереноса.

Выполнены экспериментальные исследования для различных экстрагентов и определена зависимость процесса массопереноса от теплофизических и биотехнологических явлений. Процесс массопереноса для различных экстрагентов представлен на рисунке 4. Удельная мощность процесса задана 1,2 кВт/кг раствора шлам–экстрагент.

При традиционном способе (рис. 4а) гексан и нефрас эффективнее, чем спирт, а в ЭМП эффективнее работает спирт (рис. 4b). Кроме этого, экстрагирование в ЭМП с помощью спирта позволяет извлечь больше масла и полезных веществ, чем при использовании гексана и нефраса, и сократить время процесса в 15 раз. Спирт, по сравнению с другими экстрагентами, попадая в полученный экстракт, дополняет его ароматическими компонентами, что более привлекательно.

Был изучен процесс экстрагирования с помощью спирта традиционным способом и под влиянием ЭМП при различных температурах (рис. 5).

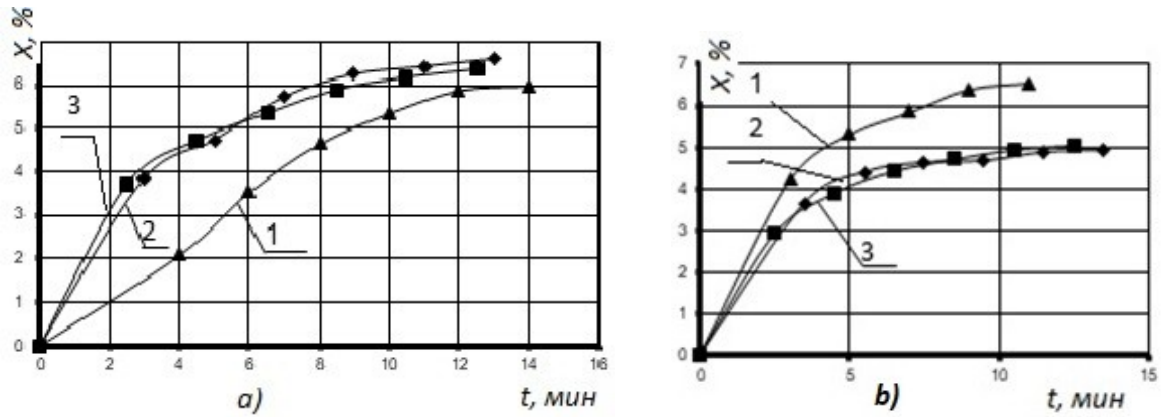


Рисунок 4. Процесс массопереноса для различных экстрагентов:

1 – спирт; 2 – нефрас; 3 – гексан

a – традиционный способ (термостат); *b* – в ЭМП

Figure 4. Mass transfer process for various extractants:

1 – alcohol; 2 – nefras; 3 – hexane

a – traditional method (thermostat); *b* – in EMF

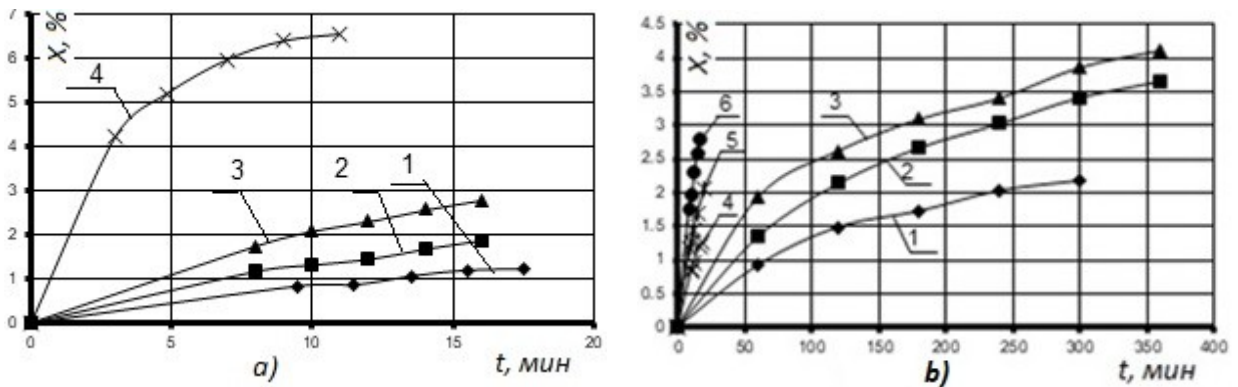


Рисунок 5. a – Экстрагирование в ЭМП при различной температуре спирта:

1 – 40 °C; 2 – 50 °C; 3 – 60 °C; 4 – 80 °C (кипение);

b – зависимости экстрагирования спиртом от подведенной энергии:

(1–3 традиционный способ; 4–6 в ЭМП);

1 и 4 – 40 °C; 2 и 5 – 50 °C; 3 и 6 – 60 °C

Figure 5. a – Extraction in EMF at different alcohol temperatures:

1 – 40 °C; 2 – 50 °C; 3 – 60 °C; 4 – 80 °C (boiling);

b – dependence of alcohol extraction on the applied energy:

(1 – 3 traditional method; 4–6 in EMF);

1 and 4 – 40 °C; 2 and 5 – 50 °C; 3 and 6 – 60 °C

Анализируя кривые (рис. 4 и 5), делаем вывод, что в ЭМП при росте температуры (температура кипения растворителя в пределах 40–60 °C) возрастает скорость процесса и извлечения полезных веществ. Это происходит от турбулизации пограничного слоя (рис. 5*b*).

Для проведения исследования процесса экстракции разработан микроволновой экстрактор. Эксперименты были проведены на кофейном шламе. В результате экспериментов установлены основные параметры процесса и режимы работы экстрактора.

Основные условия при экстрагировании – значение подведенной энергии, толщина слоя и расход экстрагента.

Экспериментально определено: 1) расход экстрагента должен быть $1,5 \cdot 10^{-6}$ – $4,5 \cdot 10^{-6}$ м³/с, при этом процесс проходит в тонком слое сырья и при эффективном массопереносе; 2) толщина слоя продукта должна быть $1,5 \cdot 10^{-2}$ – $3,5 \cdot 10^{-2}$ м.

Экспериментально определено, что с увеличением расхода экстрагента пропорционально возрастает объем извлечения экстрак-

тивных полезных веществ из кофейного шлама, а время процесса снижается в 2,2 раза, что связано с уменьшением диффузионного сопротивления. А с увеличением скорости процесса в 2,0–3,0 раза эффективность процесса массоотдачи возрастает в 3,0–5,0 раз.

Предложена модель, позволяющая рассчитывать активность процесса массообмена для экстрагирования в электромагнитном поле:

$$St_m = 0,004 \cdot Re^{-0,5} \cdot Sc^{0,43} \cdot V^{0,6} \cdot G^{0,33}. \quad (2)$$

Модель обобщенных переменных (2) отражает процесс массообмена – зависимость числа Стантона (St_m) от безразмерных критериев Шмидта (Sc), Рейнольдса (Re), от воздействия энергии (G) и критерия, отвечающего за структуру слоя продукта (V). Погрешность при расчетах по модели (2) составляет 17% при наименьших значениях числа Стантона.

Извлеченный из кофейного шлама концентрат в предложенном микроволновом экстракторе прошел лабораторные исследования и соответствует показателям, предъявляемым к пищевым продуктам. По микробиологическим и органолептическим критериям продукт безопасен и может быть рекомендован к использованию. С применением микроволнового экстрактора можно снизить потери полезных веществ от 4–7 до 0,1–0,3%. Разработанный микроволновой экстрактор может применяться в процессах экстрагирования для разного сельскохозяйственного сырья. В ходе экспериментального исследования микроволнового экстрактора было переработано 7 кг шлама кофейного и извлечено 0,91–1,40 кг масла кофе (около 20% от общего объема сырья). Продолжительность процесса составляет 40–90 мин.

Выводы. Были проведены экспериментальные исследования и проанализированы

явления, влияющие на процесс экстрагирования: энергетика, теплофизические и биотехнологические. Выявлено, что основной процесс в экстрагировании пищевых продуктов – тепломассоперенос, и его необходимо контролировать. Процессы тепломассопереноса определяют энергетические и качественные показатели продукта.

Специфичные моменты в процессах тепломассопереноса из элементов макро- микро- и наномасштабного размера в настоящее время слабо изучены. В связи с этим грамотное моделирование процессов обезвоживания сырья и разработка соответствующего энергоэффективного оборудования являются актуальными и перспективными для пищевой промышленности.

Был разработан микроволновой экстрактор для экстрагирования пищевых систем. Принцип работы экстрактора заключается в воздействии на пищевой продукт электромагнитного поля СВЧ-диапазона. По такому принципу возможно подвести энергию непосредственно внутрь капилляра сырья. Такое адресное подведение энергии к элементам пищевого продукта является новым принципом проведения процессов тепломассопереноса в пищевой промышленности ввиду возможности осуществления управления процессом массопереноса на стыке фаз пищевых продуктов с помощью энергетического воздействия. Установлены требования к сырью – молекулы пищевого сырья должны быть полярными.

Экспериментальная база подтвердила эффективность проведения процессов тепломассопереноса по принципу электромагнитного воздействия на полярные молекулы сырья по сравнению с известными технологиями.

Список литературы

1. Исламова О. В., Токов А. З., Атаева Ф. А. Энергоэффективность – важнейший показатель качества пищевых измельчителей // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. Т. 82. № 2. С. 56–62. DOI: 10.20914/2310-1202-2019-2-56-62. EDN: OKUOMG
2. A phosphotungstic acid coupled silica-nafion composite membrane with significantly enhanced ion selectivity for vanadium redox flow battery / X.-B. Yang, L. Zhao, K. Goh [et al.] // Journal of Energy Chemistry. 2020. No. 41. Pp.177–184. DOI: 10.1016/j.jechem.2019.05.022Wang
3. Гаврилов А. В. Экспериментальное моделирование процесса выпаривания водных растворов в условиях вакуума и микроволнового поля // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный

университет имени В. П. Горячкина». 2020. Т. 1(95). С. 41–50. DOI: 10.34677/1728-7936-2020-1-41-50. EDN: UFYTIA

4. Consideration of opportunities for the optimization of heat energy consumption in Industry and energetics / S. Simić, G. Orašanin, D. Golubović [et al.] // *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2020. No. 76. Pp. 494–503. DOI: 10.1007/978-3-030-18072-0_57

5. Cüneyt Dinçer. Effect of intermittent microwave vacuum concentration on quality parameters of apple juice and sour cherry nectar and mathematical modeling of concentration // *Journal of microwave power and electromagnetic energy*. 2021. Vol. 55. Issue 3. Pp. 175–196. DOI: 10.1080/08327823.2021.1952837

6. Yuan Tao, Bowen Yan, Nana Zhang. Microwave vacuum evaporation as a potential technology to concentrate sugar solutions: A study based on dielectric spectroscopy // *Journal of food engineering*. 2020. No. 294. Pp. 112–126. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2020.110414.

7. Effect of microwave-assisted vacuum and hot air oven drying methods on quality characteristics of apple pomace powder / Bhat Iqra Mohiuddin, Wani Shoib Mohmad, Mir Sajad Ahmad, Naseem Zahida // *Food Production, Processing and Nutrition*. 2023. Vol. 5. Article number 26. Pp. 1–17. DOI: 10.1186/s43014-023-00141-4

8. Kai Liu, Zhenyu Zhao, Hong Li, Xin Gao. Microwave-induced vapor-liquid mass transfer separation technology – full of breakthrough opportunities in electrified chemical processes // *Current Opinion in Chemical Engineering*. 2022. No. 39. Pp. 207–216. DOI: 10.1016/j.coche.2022.100890

9. Bozkir H., Tekgül Y. Production of orange juice concentrate using conventional and microwave vacuum evaporation: Thermal degradation kinetics of bioactive compounds and color values. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021. Vol. 46. Issue 7. Pp. 107–123. DOI: 10.1111/jfpp.15902

10. Drying kinetics of food materials in infrared radiation drying: A review / D.S.A. Delfiya, K. Prashob, S. Murali [et al.] // *Journal of Food Process Engineering*. 2021. Vol. 45. Issue 2. Pp. 10–23. DOI: 10.1111/JFPE.13810

11. Electrodynamic processes as an effective solution of food industry problems / O.G. Burdo, F.A. Trishyn, I.V. Sirotyuk [et al.] // *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 2021. Vol. 57. Issue 3. Pp. 330–344. DOI: 10.3103/S1068375521030030. EDN: OIFXKU

12. Chua L.S., Leong C.Y. Effects of microwave heating on quality attributes of pineapple juice // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020. Vol. 44. Issue 10. Pp. 124–136. DOI: 10.1111/jfpp.14786. EDN: MZURTZ

13. Processing of coconut sap into sugar syrup using rotary evaporation, microwave and open heat evaporation techniques / M.T. Asghar, Y.A. Yusof, Mokhtar M. Noriznan [et al.] // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020. Vol. 100. Issue 10. Pp. 4012–4019. DOI: 10.1002/jsfa.10446

14. Decoupling thermal effects and possible non-thermal effects of microwaves in vacuum evaporation of glucose solutions / Yuan Tao, Bowen Yan, Nana Zhang [et al.] // *Journal of Food Engineering*. 2023. Vol. 338. Pp. 111–127. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2022.111257

15. Гаврилов А. В., Гербер Ю. Б. Параметры модульных микроволновых вакуум-выпарных установок // *Техника и технология пищевых производств*. 2024. Т. 54. № 1. С. 135–145. DOI: 10.21603/2074-9414-2024-1-2495. EDN: RFEYTQ

16. Технологии селективного подвода энергии при выпаривании пищевых растворов / О. Г. Бурдо, А. К. Бурдо, Д. Р. Пур, И. В. Сиротюк // *Проблемы региональной энергетики*. 2017. № 1(33). С. 100–109. EDN: YLOULT

References

1. Islamova O.V., Tokov A.Z., Ataeva F.A. Energy efficiency is the most Important indicator of the quality of food grinders. *Proceedings of the Voronezh state university of engineering technologies*. 2019;82(2):56–62. (In Russ). DOI: 10.20914/2310-1202-2019-2-56-62. EDN: OKUOMG

2. Yang X.-B., Zhao L., Goh K. [et al.]. A phosphotungstic acid coupled silica-nafion composite membrane with significantly enhanced ion selectivity for vanadium redox flow battery. *Journal of Energy Chemistry*. 2020;(41):177–184. DOI: 10.1016/j.jechem.2019.05.022Wang

3. Gavrilov A.V. Experimental modeling of the process of evaporation of aqueous solutions under vacuum and microwave conditions. *Vestnik of federal state educational institution of higher professional education "Moscow state agroengineering university named after V.P. Goryachkin"*. 2020;1(95):41–50. (In Russ). DOI:10.34677/1728-7936-2020-1-41-50. EDN: UFYTIA

4. Simić S., Orašanin G., Golubović D. [et al.]. Consideration of opportunities for the optimization of heat energy consumption in Industry and energetic. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2020;(76):494–503. DOI: 10.1007/978-3-030-18072-0_57

5. Cüneyt Dinçer. Effect of intermittent microwave vacuum concentration on quality parameters of apple juice and sour cherry nectar and mathematical modeling of concentration. *Journal of microwave power and electromagnetic energy*. 2021;55(3):175–196. DOI: 10.1080/08327823.2021.1952837
6. Yuan Tao, Bowen Yan, Nana Zhang. Microwave vacuum evaporation as a potential technology to concentrate sugar solutions: A study based on dielectric spectroscopy. *Journal of food engineering*. 2020;(294):112–126. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2020.110414
7. Bhat Iqra Mohiuddin, Wani Shoib Mohmad, Mir Sajad Ahmad, Naseem Zahida. Effect of microwave-assisted vacuum and hot air oven drying methods on quality characteristics of apple pomace powder. *Food Production, Processing and Nutrition*. 2023;5(26):1–17. DOI: 10.1186/s43014-023-00141-4
8. Kai Liu, Zhenyu Zhao, Hong Li, Xin Gao. Microwave-induced vapor-liquid mass transfer separation technology – full of breakthrough opportunities in electrified chemical processes. *Current Opinion in Chemical Engineering*. 2022;(39):207–216. DOI: 10.1016/j.coche.2022.100890
9. Bozkir H., Tekgül Y. Production of orange juice concentrate using conventional and microwave vacuum evaporation: Thermal degradation kinetics of bioactive compounds and color values. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021;46(7):107–123. DOI: 10.1111/jfpp.15902
10. Delfiya D.S.A., Prashob K., Murali S. [et al.] Drying kinetics of food materials in infrared radiation drying: A review. *Journal of Food Process Engineering*. 2021;45(2):10–23. DOI: 10.1111/JFPE.13810.
11. Burdo O.G., Trishyn F.A., Sirotyuk I.V. [et al.]. Electrodynamics processes as an effective solution of food industry problems. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 2021;57(3):330–344. DOI: 10.3103/S1068375521030030. EDN: OIFXKU
12. Chua L.S., Leong C.Y. Effects of microwave heating on quality attributes of pineapple juice. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020;44(10):124–136. DOI: 10.1111/jfpp.14786. EDN: MZURTZ
13. Asghar M.T., Yusof Y.A., Noriznan Mokhtar M. [et al.]. Processing of coconut sap into sugar syrup using rotary evaporation, microwave and open heat evaporation techniques. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020;100(10):4012–4019. DOI: 10.1002/jsfa.10446
14. Tao Yuan, Yan Bowen, Zhang Nana. Decoupling thermal effects and possible non-thermal effects of microwaves in vacuum evaporation of glucose solutions. *Journal of Food Engineering*. 2023;338:111–127. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2022.111257
15. Gavrilov A.V., Gerber Yu.B. Parameters of modular microwave vacuum evaporators. *Food Processing Engineering*. 2024;54(1):135–145. (In Russ). DOI: 10.21603/2074-9414-2024-1-2495. EDN: RFEYTO
16. Burdo O.G., Burdo A.K., Pur D.R., Sirotyuk I.V. Technologies of selective energy supply during evaporation of food solutions. *Probleme energeticii regionale*. 2017;1(33):100–109. (In Russ). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29043965>. EDN: YLOULT

Сведения об авторе

Гаврилов Александр Викторович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», SPIN-код: 9848-4398, Researcher ID: AАН-5137-2019

Information about the author

Alexander V. Gavrilov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology and Equipment for Production and Processing of Animal Products, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, SPIN-code: 9848-4398, Researcher ID: AАН-5137-2019

Статья поступила в редакцию 03.10.2025;
одобрена после рецензирования 23.10.2025;
принята к публикации 30.10.2025.

The article was submitted 03.10.2025;
approved after reviewing 23.10.2025;
accepted for publication 30.10.2025.

Научная статья

УДК 664.64:633.34

DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-151-157

Влияние дезодорированной полуобезжиренной муки соевой на сохранность хлеба

Талгат Амангалиевич Мухамедов¹, Жанна Мухамедовна Кунашева^{✉2},
Марина Хабаловна Кодзокова³

¹Костанайский региональный университет имени Ахмета Байтурсынова, улица Байтурсынова, 47, Костанай, Республика Казахстан, 110000

^{2,3}Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

¹cheltob@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-8441-6691>

^{✉2}jaklin277@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-0830-0441>

³marina.v08@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4183-5472>

Аннотация. Обеспечение населения безопасными продуктами питания высокого качества на сегодняшний день является первостепенной задачей и критерием развития пищевых технологий. Новые и нетрадиционные виды сырья дают возможность одновременно улучшать показатели качества и повышать питательную ценность продуктов питания. Для обогащения хлебобулочных изделий и придания им новых свойств перспективным направлением считается замена части традиционного основного или дополнительного сырья нетрадиционными рецептурными компонентами с учетом взаимозаменяемости и выгодной технологичности. Целью научного исследования являлось пролонгирование срока хранения пшеничного хлеба из муки 1-го сорта. Основная задача, решаемая для достижения поставленной цели – выбор наиболее благоприятной дозировки дезодорированной полуобезжиренной муки из бобов сои высшего сорта для пролонгации сроков хранения и замедления черствения. Объектами исследования являлись: мука соевая полуобезжиренная дезодорированная высшего сорта; контрольный образец хлеба из муки пшеничной 1-го сорта, выработанный по унифицированной рецептуре; серия опытных образцов хлеба с варьирующей дозировкой соевой муки. Экспериментально установлена технологическая эффективность применения в рецептуре пшеничного хлеба первого сорта дезодорированной полуобезжиренной муки из бобов сои высшего сорта. Оптимальной признана дозировка 12%, которая обеспечивает комплексное улучшение качества продукции: повышение пищевой ценности, замедление черствения и увеличение сроков хранения.

Ключевые слова: мука из бобов сои, биохимический состав, хлебобулочные изделия, оптимальная дозировка, показатели качества, черствение, продолжительность хранения

Для цитирования: Мухамедов Т. А., Кунашева Ж. М., Кодзокова М. Х. Влияние дезодорированной полуобезжиренной муки соевой на сохранность хлеба // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 4(50). С. 151–157. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-151-157

Original article

The effect of deodorized semi-degreased soy flour on the preservation of bread

Talgat A. Mukhamedov¹, Zhanna M. Kunasheva^{✉2}, Marina Kh. Kodzokova³

¹Akhmet Baitursynov Kostanay Regional University, 47 Baitursynov Street, Kostanay, Republic of Kazakhstan, 110000

^{2,3}Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

¹cheltob@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-8441-6691>

²✉jaklin277@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-0830-0441>

³marina.v08@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4183-5472>

Abstract. Providing the population with safe and high-quality food products is currently a top priority and a criterion for the development of food technologies. New and non-traditional types of raw materials make it possible to improve simultaneously the quality and nutritional value of food products. To enrich bakery products and give them new properties, a promising approach to replace part of the traditional main or additional raw materials with non-traditional ingredients is considered, taking into account their interchangeability and favorable technological properties. The purpose of this research was to extend the shelf life of wheat bread made from 1st-grade flour. The main task to be solved in order to achieve the set goal is to choose the most favorable dosage of deodorized semi-skimmed flour from soybeans of the highest grade, in order to prolong the shelf life and slow down the hardening. The objects of the study were: soy flour semi-skimmed deodorized of the highest grade varieties, a control sample of bread made from 1st grade wheat flour using a unified recipe, and a series of experimental samples of bread with varying dosages of soy flour. The technological effectiveness of using deodorized semi-skimmed soybean flour in the recipe for 1st grade wheat bread has been experimentally established. The optimal dosage is 12%, which provides a comprehensive improvement in product quality, including increased nutritional value, slower hardening, and longer shelf life.

Keywords: soybean flour, biochemical composition, bakery products, optimal dosage, quality indicators, hardening, shelf life

For citation: Mukhamedov T.A., Kunasheva Zh.M., Kodzokova M.Kh. The effect of deodorized semi-defatted soy flour on the shelf life of bread. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;4(50):151–157. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-151-157

Введение. В современном мире перед пищевой промышленностью стоит основная задача – обеспечение населения высококачественными продуктами питания, в том числе хлебобулочными изделиями. Решение данной задачи возможно за счет введения соевых продуктов в рецептуру хлеба с уникальным белковым профилем и высоким содержанием биологически активных веществ. Этот технологический прием позволит разработать новые рецептуры, благодаря которым возможно получить изделие для внедрения в производство с заданными функциональными свойствами, что будет способствовать расширению ассортимента продуктов для здорового питания [1, 2].

От состояния сырьевой и экономической базы предприятия напрямую зависит возможность расширения использования нетрадиционного сырья, поэтому перед выбором растительной добавки необходимо изучить состояние АПК региона [2].

В последнее время в Кабардино-Балкарской Республике динамично увеличиваются масштабы возделывания бобовых культур, в том числе сои.

Использование бобовых культур в пищевой и перерабатывающей промышленности в качестве белоксодержащих ингредиентов будет способствовать повышению биологической ценности продуктов питания, снижению себестоимости готовой продукции за счет применения дешевого сырья и уменьшения транспортных расходов [3].

Цель исследования – определение влияния дезодорированной полуобезжиренной муки соевой высшего сорта на сохранность хлеба.

Реализации обозначенной цели будет способствовать решение следующих **задач**:

– анализ биохимического состава и физико-химических показателей дезодорированной полуобезжиренной соевой муки высшего сорта;

– оценка роли полуобезжиренной соевой муки высшего сорта в модификации пластичности хлебного мякиша;

– экспериментальный подбор рациональной дозировки соевой муки, обеспечивающей максимальное торможение процесса черствения и, как следствие, увеличение периода сохранения свежести готовых хлебобулочных изделий.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектами исследования являлись: эталонный образец формового хлеба, выработанный из пшеничной муки 1-го сорта, а также серия опытных образцов, в рецептуру которых была введена дезодорированная полуобезжиренная соевая мука высшего качества в варьируемых пропорциях.

Технология приготовления контрольного образца строго соответствовала унифицированной рецептурной матрице, приведенной в таблице 1 [4].

Таблица 1. Унифицированная рецептура хлеба пшеничного из муки 1-го сорта [4]

Table 1. Unified recipe for wheat bread made from 1st grade flour [4]

Наименование сырья	Расход сырья на 100 кг муки, кг
Мука хлебопекарная 1-го сорта	100
Дрожжи хлебопекарные прессованные	0,7
Соль поваренная	1,3
Масло растительное	0,15
Итого	102,2

В работе использовали полуобезжиренную соевую муку фирмы «Гарнец», выработанную в соответствии ГОСТ-3898-56¹.

В дезодорированной полуобезжиренной муке из бобов сои высшего сорта определяли: влажность – методом высушивания в сушильном шкафу при температуре 130 °С в течение 40 минут [5], кислотность – методом титрования [5], массовую долю белков – в соответствии с требованиями ГОСТ-10846-91², массовую долю углеводов – расчетным методом [6].

Пробную лабораторную выпечку проводили по стандартной методике. Замес теста осуществляли вручную.

Опытные образцы изделий приготавливали с внесением в тесто 9, 12 и 15% соевой дезодорированной полуобезжиренной муки высшего сорта взамен муки пшеничной первого сорта.

¹ГОСТ-3898-56 Мука соевая дезодорированная. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 2006.

²ГОСТ-10846-91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. Москва: Стандартинформ, 2009.

Готовые образцы хлебобулочных изделий анализировали по требованиям ГОСТ 5667-65³.

Исследования проводили в условиях учебно-исследовательской лаборатории кафедры «Технология продуктов общественного питания и химия» Кабардино-Балкарского ГАУ.

Результаты исследования. В рамках проведённой работы была установлена совокупность ключевых параметров, определяющих качество высокосортной соевой муки. В таблице 2 систематизированы полученные данные, включающие детальную физико-химическую характеристику и показатели биохимического состава дезодорированной полуобезжиренной продукции, произведённой из бобов сои.

Таблица 2. Физико-химическая характеристика и биохимический состав дезодорированной полуобезжиренной муки из бобов сои высшего сорта [7]

Table 2. Physical and chemical characteristics and biochemical composition of deodorized semi-skimmed soybean flour of the highest grade [7]

Наименование показателя	Значение
Влажность, % не более	9,0
Кислотность, град. Н	6,0
Массовая доля белков, г/100 г	43,0
Массовая доля белков, г/100 г (в пересчете на сухое вещество)	5,0
Массовая доля жиров, г/100 г	8,0
Массовая доля углеводов, г/100 г	22,0

Из данных таблицы 2 видно, что дезодорированная полуобезжиренная мука из бобов сои высшего сорта является перспективным источником белковых веществ и может быть использована в качестве ценного сырья для получения продуктов питания функционального назначения [8].

Невысокая влажность муки из бобов сои оказывает благотворное влияние на устойчивость ее к микробиологической порче, способствуя более длительному сроку хранения готовых хлебобулочных изделий [9].

³ГОСТ 5667-65 Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий. Москва: Стандартинформ, 2006.

Для установления степени влияния дезодорированной полуобезжиренной соевой муки высшего сорта на ингибирование процесса черствения и увеличение сроков сохранения свежести хлебобулочных изделий был проведен цикл экспериментов с лабораторной выпечкой.

Тесто готовили безопарным способом с применением заварки из муки пшеничной в количестве 5% от общей массы муки. Активацию дрожжей прессованных осуществляли стандартным методом [10].

Дезодорированную полуобезжиренную муку из бобов сои высшего сорта вносили при приготовлении опытных проб в дозировке 9, 12 и 15% взамен муки пшеничной первого сорта.

Введение 12% дезодорированной полуобезжиренной соевой муки высшего сорта позволило получить тесто с улучшенными

характеристиками, которое не только соответствовало требуемым реологическим стандартам, но и демонстрировало повышенную способность к объемному росту при постепенном увеличении кислотности в процессе брожения [5].

Сформированные свойства обеспечивали эффективную разделку, хорошую пластичность, отсутствие залипания в процессе расстойки [11].

На скорость черствения хлеба оказывают влияние различные факторы: вид муки, ее химический состав, присутствие дополнительного сырья, содержание влаги в мякише, механизм действия применяемого разрыхлителя [9].

О влиянии муки из бобов сои на черствение изделий судили по показателю пластичности мякиша (рис. 1).

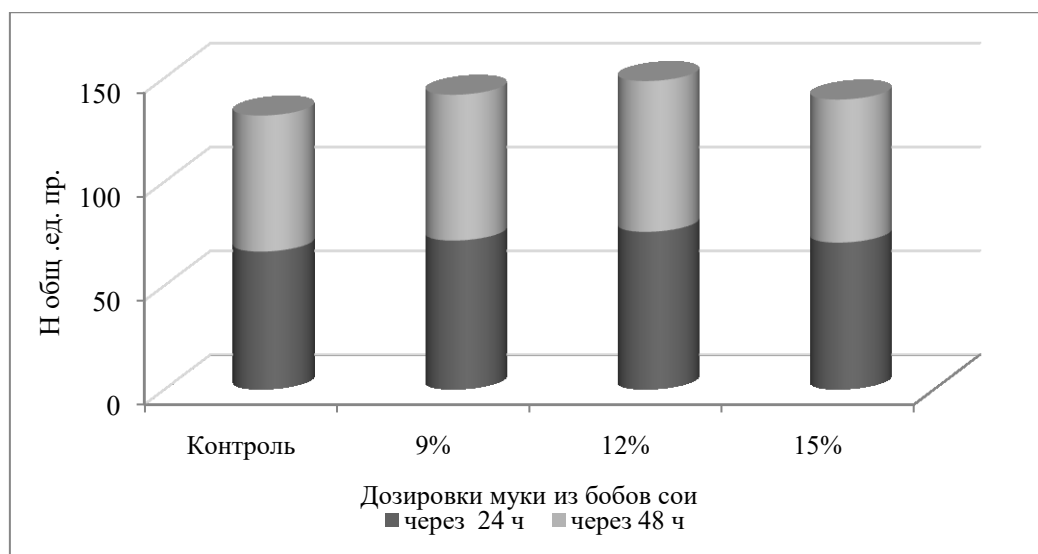


Рисунок 1. Зависимость пластичности мякиша изделий от дозировки муки из бобов сои высшего сорта

Figure 1. Dependence of the crumb's plasticity on the dosage of high-grade soybean flour

На рисунке 1 отображается положительное влияние муки из бобов сои высшего сорта на реологические свойства мякиша. Исследования показывают, что с добавлением различных дозировок белковой муки структурно-механические свойства мякиша меняются в лучшую сторону. Наиболее оптимальной оказалась дозировка 12% муки из бобов сои высшего сорта, способствующая замедлению процесса черствения и улучшению сохранно-

сти изделий по сравнению с контролем и другими опытными образцами.

Органолептические характеристики хлеба с добавлением соевой муки являются ключевым фактором потребительского спроса. Правильно подобранная дозировка муки из бобов сои высшего способствует получению изделия с хорошими органолептическими свойствами.

Хлеб, приготовленный с 12% муки из бобов сои, отличался правильной формой, ров-

ной коркой, без вздутий. Изделия были на ощупь сухими, боковых выплывов не отмечено. При легком механическом воздействии мякиш восстанавливал первоначальную форму с умеренной скоростью. Готовая продукция характеризовалась легким привкусом и характерным запахом бобов сои, придающим изделиям специфичность [6].

Использование дезодорированной полуобезжиренной муки из бобов сои высшего сорта с высоким содержанием белковых веществ способствовало повышению биологической ценности разработанных изделий по сравнению с хлебом, приготовленным по традиционной рецептуре.

Анализ экспериментальных данных доказывает целесообразность и эффективность применения полуобезжиренной муки из бобов сои высшего сорта в дозировке 12% вза-

мен муки пшеничной 1-го сорта при выработке хлеба белого.

Выводы. Использование 12% полуобезжиренной соевой муки высшего сорта взамен пшеничной муки 1-го в производстве пшеничного хлеба оказывает положительное влияние на органолептические и структурно-механические показатели качества готовой продукции, пролонгирует сроки хранения изделия ввиду замедления процесса черствения. Такой эффект достигается за счет торможения миграции влаги белками, содержащимися в муке из бобов сои высшего сорта, с мякиша хлеба в корку.

Интеграция соевых добавок в хлебопечение – это не только дань современным трендам здорового питания, но и стратегическая инвестиция в будущее пищевой промышленности.

Список литературы

1. Березина Н. А., Куницына Т. О., Хмелева Е. В. Хлебобулочное изделие с соевой окарой повышенной пищевой и биологической ценности // Продовольственная безопасность как фактор повышения качества жизни (29 сентября 2021 г): материалы Национальной (Всероссийской) науч.-практ. конф. Орел: Изд-во ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2021. С. 81–85. EDN: ASZMGD
2. Хохлов Р. Развитие рынка хлебопечения // Кондитерское и хлебопекарное производство. 2020. № 1-2. С. 10–14. EDN: CJASZI
3. Вихрова Е. А. Влияние соевой муки на хлебобулочные изделия // Вестник КрасГАУ. 2020. № 12. С. 172–176. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-172-176. EDN: JSYJJZ
4. Ершов П. С. Сборник рецептур на хлеб и хлебобулочные изделия / сост. П. С. Ершов. Санкт-Петербург: Изд-во «ПрофиКС», 2002. 192 с.
5. Влияние соевой муки на структурно-механические свойства песочного теста / А. А. Кузнецова, Н. Ю. Чеснокова, Л. В. Левочкина, Ю. И. Голубева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12-7. С. 1174–1177. EDN: VJFTQT
6. Кунашева Ж. М., Кодзокова М. Х. Применение овсяной муки в технологиях производства ржанопшеничного хлеба // Новые технологии. 2022. Т. 18. № 4. С. 102–108. DOI: 10.47370/2072-0920-2022-18-102-108. EDN: TFWCQN
7. Практикум по технологии отрасли (технология хлебобулочных изделий): учебное пособие / Е. И. Пономарева, С. И. Лукина, Н. Н. Алехина [и др.]. Санкт-Петербург: Лань, 2016.-316 с.: ил. ISBN 978-5-8114-1774-2
8. Зерновые бобовые культуры / И. Н. Романова, С. Н. Глушаков, А. А. Башмаков [и др.]. Смоленск: ФГБОУ ВО «Смоленская государственная сельскохозяйственная академия», 2018. 116 с. EDN: YFKCZN
9. Бергеулов М. Ш. Рационализация питания человека путём расширения ассортимента хлебобулочных изделий // Хлебопечение России. 2002. № 2. 24-25 с.
10. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. И. М. Скурихина и В. А. Тутельяна. Москва: ДеЛи принт, 2002. 236 с. ISBN 5-94343-028-8
11. Чижикова О. Г., Коршенко Л. О. Технология производства хлеба и хлебобулочных изделий: учебник для вузов. 3-е изд. испр. и доп. Москва: Юрайт, 2025 251 с. ISBN 978-5-534-14562-5

References

1. Berezina N.A., Kunitsyna T.O., Khmeleva E.V. Bakery product with high food and biological value soybean okara. *Prodovol'stvennaya bezopasnost' kak faktor povysheniya kachestva zhizni (29 sentyabrya 2021 g): materialy Nacional'noj (Vserossijskoj) nauch.-prakt. konf.* [Food Security as a Factor in Improving Quality of Life (September 29, 2021): Proceedings of the National (All-Russian) Scientific and Practical Conference]. Orel: Izd-vo FGBOU VO Orlovskij GAU, 2021. Pp. 81–85. (In Russ.). EDN: ASZMGD
2. Khokhlov R. Development of the bakery market. *Konditerskoe i hlebopekarnoe proizvodstvo*. 2020; (1-2):10–14. (In Russ.). EDN: CJASZI
3. Vikhrova E.A. The influence of soy flour on bakery product. *The Bulletin of KrasGAU*. 2020;(12):172–176. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-172-176. EDN: JSYJJZ
4. Ershov P.S. *Sbornik receptur na hleb i hlebobulochnye izdeliya. Sost P.S. Ershov*. [Collection of recipes for bread and bakery products. compiled by P.S. Ershov]. Saint Petersburg: Izd-vo «ProfiKS», 2002. 192 p. (In Russ.)
5. Kuznetsova A.A., Chesnokova N.Yu., Levochkina L.V., Golubeva Yu.I. Influence of soy flour on structural and mechanical. *International journal of applied and fundamental research*. 2015;(12-7):1174–1177. (In Russ.). EDN: VJFTQT
6. Kunasheva Zh.M., Kodzokova M.H. Application of oat flour in rye-wheat bread production technologies. *New technologies*. 2022;18(4):102–108. (In Russ.). DOI: 10.47370/2072-0920-2022-18-102-108. EDN: TFWCQN
7. Ponomareva E.I., Lukina S.I., Alekhina N.N. [et al.]. *Praktikum po tekhnologii otrasli (tekhnologiya hlebobulochnyh izdelij): uchebnoe posobie* [Workshop on industry technology (bakery technology): textbook]. Saint Petersburg: Izd-vo «Lan», 2016. 316 p. ISBN: 978-5-8114-1774-2. (In Russ.)
8. Romanov, I.N., Glushakov S.N., Bashmakov A.A. [et al.]. Grain legumes. Smolensk: FGBOU VO «Smolenskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya», 2018 116 p. (In Russ.). EDN: YFKCZN
9. Bergeulov M.Sh. Rationalization of human nutrition by expanding the range of bakery products. *Baking in Russia*. 2002;(2):24-25. (In Russ.)
10. *Himicheskij sostav rossijskih pishchevyh produktov: Spravochnik/ Pod red. I. M. Skurikhina i V. A. Tutelyana* [Chemical composition of Russian food products: Handbook. Edited by I.M. Skurikhin and V.A. Tutelyan. Moscow: DeLi Print, 2002. 236 p. ISBN 5-94343-028-8. (In Russ.)
11. Chizhikova O.G., Korshenko L.O. *Tekhnologiya proizvodstva hleba i hlebobulochnyh izdelij: uchebnik dlya vuzov. 3-e izd. ispr. i dop.* [Technology of production of bread and bakery products: textbook for universities. 3rd ed. corrected and supplemented]. Moscow: Izd-vo Yurajt, 2025, 251 p. ISBN 978-5-534-14562-5. (In Russ.)

Сведения об авторах

Мухамедов Талгат Амангалиевич – магистр сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры продовольственной безопасности и биотехнологии, некоммерческое акционерное общество «Костанайский региональный университет имени Ахмета Байтурсынова», SPIN-код: 5875-6655

Кунашева Жанна Мухамедовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии продуктов общественного питания и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2096-6802

Кодзокова Марина Хабаловна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии продуктов общественного питания и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 5332-0920

Information about the authors

Talgat A. Mukhamedov – Master of Agricultural Sciences, Senior Lecturer at the Department of Food Safety and Biotechnology, Kostanay Regional University named after Akhmet Baitursynov, SPIN-code: 5875-6655

Zhanna M. Kunasheva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology and Chemistry, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2096-6802

Marina Kh. Kodzokova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology and Chemistry, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 5332-0920

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 14.11.2025;
одобрена после рецензирования 02.12.2025;
принята к публикации 09.12.2025.*

*The article was submitted 14.11.2025;
approved after reviewing 02.12.2025;
accepted for publication 09.12.2025.*

ЭКОНОМИКА

ECONOMY

Региональная и отраслевая экономика

Regional and Sectoral Economy

Обзорная статья
УДК 338.43:332.1
DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-158-170

**Состояние, проблемы и перспективы искусственного интеллекта
в сельском хозяйстве**

Мадина Шараповна Газаева^{✉1}, Арина Зуберовна Буздова²,
Эльвира Руслановна Кокова³

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

^{✉1}mtramova@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0002-8868-4309>

²zuberovna@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-0752-4667>

³elkokova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0885-0686>

Аннотация. Сельское хозяйство переживает системный кризис, для преодоления которого необходим переход к новому состоянию. Очевидно, что традиционное манипулирование землей, трудом и капиталом уже не дает ожидаемого результата. Если не провести радикальных изменений по всему спектру сельского хозяйства от производства до маркетинга, отрасль безнадежно отстанет. В результате этого в национальных хозяйствах с большой долей традиционного сельского хозяйства образуется масштабный неконкурентный сектор. Определенное видение перспективных преобразований в сельском хозяйстве и вывод ее в передовые отрасли национального хозяйства связан с внедрением и развитием искусственного интеллекта. Мобильные устройства, компьютеры, дроны и спутники, робототехника, парк сельскохозяйственной техники, программное обеспечение представляют собой новые сельскохозяйственные технологии. Применение искусственного интеллекта и аналитики большой информации представляется ярким примером внедрения в сельском хозяйстве инновационных технологий. Существующая практика (как зарубежная, так и отечественная) использования искусственного интеллекта в сельском хозяйстве указывает на обнадеживающие результаты. В то же время эта самая практика демонстрирует образование проблем как технико-технологического, так и организационно-экономического и институционального характера, без решения которых невозможно дальнейшее развитие интеллектуального сельского хозяйства. Этим вопросам посвящено настоящее исследование.

Ключевые слова: сельское хозяйство, искусственный интеллект, проблемы, дисперсная, интегрированная модели

Для цитирования: Газаева М. Ш., Буздова А. З., Кокова Э. Р. Состояние, проблемы и перспективы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 4(50). С. 158–170. DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-158-170

Review article

The state, problems and prospects of artificial intelligence in agriculture

Madina Sh. Gazaeva^{✉1}, Arina Z. Buzdova², Elvira R. Kokova³

Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

^{✉1}mtramova@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0002-8868-4309>

²zuberovna@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-0752-4667>

³elkokova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0885-0686>

Abstract. Agriculture is experiencing a systemic crisis, which requires a transition to a new state to overcome. It is obvious that traditional manipulation of land, labor and capital no longer produces the expected results. If radical changes are not made across the entire spectrum of agriculture from production to marketing, the industry will hopelessly lag behind. As a result, a large-scale non-competitive sector will form in national farms with a large share of traditional agriculture. A certain vision of promising transformations in agriculture and its entry into the advanced sectors of the national economy is associated with the introduction and development of artificial intelligence. Mobile devices, computers, drones and satellites, robotics, agricultural machinery, software are new agricultural technologies. The use of artificial intelligence and big data analytics seems to be a striking example of the introduction of innovative technologies in agriculture. The existing practice (both foreign and domestic) of using artificial intelligence in agriculture indicates encouraging results. At the same time, this very practice demonstrates the formation of problems of both technical and technological, as well as organizational, economic and institutional nature, without the solution of which further development of intelligent agriculture is impossible. These issues are the subject of this study.

Keywords: agriculture, artificial intelligence, problems, dispersed, integrated models

For citation: Gazaeva M.Sh., Buzdova A.Z., Kokova E.R. The state, problems and prospects of artificial intelligence in agriculture. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;4(50): 158–170. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2025-4-50-158-170

Введение. Сельское хозяйство является древнейшей отраслью человечества. Как таковое оно испытало на себе всю совокупность природных и гуманистических изменений, которые имели место в истории человечества. Поэтому как ни одна другая отрасль она вобрала в себя все изменения природного, климатического, погодного, ландшафтного, а также социального, технического, технологического, организационного и проч. характера. Соответственно, сельское хозяйство первой апробировала на себе всякого рода изменения и новации; разрабатывала механизмы и методы адаптации к этим изменениям [1]. Стало быть, в его «памяти» запечатлены все изменения, которые прошла природа, общество и человек за свое историческое развитие, что дает основание считать сельское хозяйство своеобразной кладовой человеческой истории, а также техники, технологии, производственных и иных общественных отношений.

Сказать, что изменения в сельском хозяйстве всегда происходили по необходимости, т. е. являлись ответом на вызовы, по видимому, не совсем корректно. Часто само сельское хозяйство, так сказать, искусственно создавало изменения в себе [2, 3]. Последнее чаще всего связано с технологиями и техникой. Например, использование плуга или гербицидов и пестицидов является тем, что не предполагается природой сельского хозяйства. Можно сказать, что это эксперимент, на который идет сельское хозяйство.

Результат эксперимента оказывается неоднозначным; с одной стороны, это позволило увеличить урожайность сельскохозяйственных культур, но, с другой стороны, создало экологические проблемы, связанные с эрозией почв, снижением плодородия почв, видового разнообразия, изменением (ведущим главным образом к упрощению) ландшафтных признаков среды обитания. Поэтому образовался но-

вый алгоритм в развитии сельского хозяйства – растущее увеличение ресурсов на восстановление воспроизводственной способности среды и базисных факторов сельского хозяйства, т. е. сельское хозяйство все больше ресурсов направляет не на развитие производства (грубо говоря, увеличение урожая), а на восстановление разрушенного традиционного воспроизводственного контура.

В конечном счете уже сегодня во многих странах речь идет об эффективности традиционного сельского хозяйства, т. к. соотношение отдачи и затрат оказывается не в пользу первого. В них традиционное сельское хозяйство подошло к той черте, когда оно уже не может существовать без больших и растущих инвестиций; если остановить последние, то остановится также и традиционное сельское хозяйство. В результате для традиционного сельского хозяйства создалась интересная ситуация: всякое новое техническое или технологическое нововведение, направленное на увеличение урожаев, требует борьбы с последствиями, которые создают эти инновации в различных факторах сельского хозяйства.

Причина такого явления понятна и состоит в отходе от так называемого адаптивного (а оно также и аддитивное, или природоподобное) сельского хозяйства, для которого характерна адаптация к изменениям среды, к агрессивному, т. е. к такому сельскому хозяйству, которое само диктует среде обитания условия его существования¹.

Цель исследования. Искусственный интеллект применяется во многих отраслях народного хозяйства. Так, искусственный интеллект нашел широкое использование в промышленности, медицине, бытовой сфере. В сельском хозяйстве, как одной из ключевых отраслей народного хозяйства, все большее значение приобретает искусственный интеллект [4, 5].

¹Эту метаморфозу характеризует известное выражение, которое приписывают И.Мичурину: «Нам нечего ждать милости от природы... Мы должны взять их у нее». Согласно анализу истории традиционного сельского хозяйства, это не какая-то локальная программа, а целое направление, которое было сформировано, по-видимому, с конца XVIII – начала XIX вв. в Европе и дальше уже было транслировано и на другие континенты и страны. Другое дело, что в такой агрессивной форме она, по-видимому, подавалась только у европейцев и нас, в целом характеризуя колониальную политику и колониальный этап развития общества.

Целью представленного исследования является изучение современного состояния искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, обозначение проблем и перспектив его применения.

Методологическая и методическая основа исследования. Исследования по искусственному интеллекту (ИИ) в том или ином ракурсе и аспекте ведутся давно. Научные публикации в открытой печати активизируются в последней трети прошлого века. За последнее десятилетие эти публикации приняли лавинообразный характер, что указывает, во-первых, на возросший интерес к проблеме (и то, что частота и объем публикаций не снижается, может говорить о том, что интерес к исследованию не угас), во-вторых, на появление разнородного характера публикаций, и как следствие, на наличие сильных вариаций в интерпретации самого ИИ и возможностей его использования (в отношении ИИ мы придерживаемся положений, изложенных в Национальной стратегии развития ИИ в России [6]).

Отследить за всеми публикациями, по-видимому, уже невозможно – настолько велик их объем и широта. Наблюдается активизация так называемого прикладного характера, связанного с применением ИИ в различных сферах общества [7]. Причина использования ИИ в сельском хозяйстве вызвана объективными условиями – резким сокращением одного из базисных ресурсов – труда, и ростом потребностей в сельскохозяйственной продукции. Возможно, поэтому наблюдаются достаточно серьезные результаты в использовании ИИ в сельском хозяйстве, приведшие к тому, что образовалось полноценное альтернативное сельское хозяйство с весьма серьезным потенциалом и перспективой. С другой стороны, эти результаты требуют обобщений, выявления проблем, а также определения перспектив, внедрения и использования ИИ в сельском хозяйстве.

Желание вернуться к прежнему образу жизни наблюдается; чему свидетельство различного рода экологические движения, в которых присутствует экологический протокол или повестка. Но сделать это не так-то просто по причине особенностей самого сельского хозяйства: оно оказывается между природной средой и потребностями людей. В то время

как среда обитания изменяется в сторону снижения воспроизводственных способностей, потребности людей растут как за счет роста их численности, так и за счет роста уровня и качества жизни; вторые обгоняют возможности первой.

Кстати, эта проблема и это противоречие всегда существовали в любом обществе, и решались они в различных обществах почти стереотипно в зависимости от периода развития; на так называемой начальной организации общества, когда оно еще представляет собой этнос, решение ведется в пользу среды обитания; численность сообщества регулируется в зависимости от возможностей среды обитания доставлять средства существования (пищу и другие продукты, обеспечивающие существование людей). В постэтнолическую эпоху, напротив, решение осуществляют за счет среды обитания – используют различные инструменты интенсификации производства средств к существованию, в т. ч. расширение территории за счет колонизации.

В технико-технологической парадигме (а по сути, это есть та же модель агрессивного или, говоря мягко, неаддитивного сельского хозяйства) развития сельского хозяйства время от времени появляются новые направления: использование орудий, связанных с распашкой почв, ирригация (обводнение), мелиорация (осушение, использование органических и первых неорганических удобрений, которые создает сама природа, их сбор и использование на локальных пространствах), севооборот, гибридизация, механизация, химизация, биоинженерия.

Но весь парадокс в том, что следующие нововведения борются с проблемами, которые создают предыдущие, и таким образом снижается общая эффективность сельского хозяйства. К тому же эти нововведения оказываются настолько частыми, что часто не удается определить их перспективы, т. е. каким эффектом (бумерангом) они отзовутся. С технической точки зрения последнее стимулировало разработки в области искусственного интеллекта. Дело в том, что так называемый естественный интеллект (ЕИ) или человек ограничен в своих как аналитических, так и прогностических способностях; он не может одновременно учитывать большое число факторов, отслеживать их взаимосвязь и

взаимодействие. С другой стороны, он не может формировать длительные прогнозы. Есть еще и другие ограничения не только когнитивного, но и технического характера. Все это в совокупности подтолкнуло к использованию ИИ в сельском хозяйстве.

Таким образом, первоначально задача ИИ состояла в том, чтобы, во-первых, учесть, формализовать и квантифицировать как можно больше факторов, которые влияют на результаты сельскохозяйственной деятельности (главным образом урожаи). Хотя не менее значимым выступают также и коммерческие задачи: цены, издержки, трафики и проч.; во-вторых, делать как можно более удаленные устойчивые (точные) прогнозы той же урожайности и др. параметров сельского хозяйства.

ИИ выдавал информацию, а уже ЕИ (человек, люди) принимали решения. Но здесь на этом этапе возникло несколько проблем: а) степень эффективности принятых решений порой не возрастала, но иногда даже падала, т. е. с помощью ИИ стало даже хуже в силу того, что ИИ давал такую информацию, что человек средних способностей оказывался в затруднении, которое решение выбрать; б) часто происходит накопление недостатков уже за счет работы ИИ то ли на уровне отбора и анализа факторов, то ли на уровне моделирования и выработки решений; в) цена серьезных ИИ оказывается неподъемной для большинства малых, средних, а порой и крупных хозяйств. Поэтому на следующем этапе человек передает право выбора решения самому ИИ, т. е. ИИ на основе своих критериев выбирает решение, и человек лишь визирует его как свое (или совместное).

Что касается проблемы накопления недостатков, то она также передается ИИ; ИИ создал проблему, пусть сам элиминирует свои ошибки. Третья проблема – стоимость ИИ – решается двумя путями: а) создается интегрированная ИИ либо по типологии хозяйств, либо по собственности; б) малые ИИ, принадлежащие частным хозяйствам, остаются в собственности (с соответствующими особенностями) хозяйств, но между ними устанавливаются различные формы и виды кооперирования ИИ, т.е. взаимопомощь при относительной самостоятельности (ИИ выступает в качестве основного капитала хозяйства. По-

этому никто не собирается его отдавать, но, напротив, делают все, чтобы он приносил пользу – прибыль).

В обоих случаях мы имеем один и тот же ИИ; за счет интеграции множества слабеньких ИИ не получается получить большой или более мощный ИИ точно так же, как за счет интеграции ПК невозможно получить суперкомпьютер и тем более квантовый компьютер. Причина в том, что все они одного уровня и решают задачи одного класса, тогда как супер ИИ (как и суперкомпьютер или квантовый компьютер) – это уже новый уровень когнитивных способностей, который не может быть получен простой суммой средних ИИ (детский сад остается детским садом, а не университетом независимо от того, увеличилось число детей в нем или нет. Простая сумма не дает нового качества). А между тем именно по пути супер ИИ идет мировая практика в области искусственного интеллекта¹.

Результаты исследования. Обобщение практики использования ИИ в сельском хо-

зяйстве позволяет задаться вопросом: ИИ для сельского хозяйства – это, дополнительная реальность или же имитация существующей реальности? Это концептуальный вопрос, от ответа на который зависит не только отношение к ИИ, но и его развития в т. ч. в сельском хозяйстве. Поэтому нам необходимо определиться относительно этой дилеммы, т. к. в ней находится та самая точка бифуркации в развитии и первого и второго. Практика показывает [8–12], что ИИ в сельском хозяйстве имеет свойство как дополнительной реальности, так и имитация существующего сельского хозяйства.

Как дополнительная реальность она включает такие направления в развитии сельского хозяйства, которые не контролируются человеком, и тем самым они дополняют существующую реальность – ведь глобальные природные процессы климатического и даже погодного характера во многом неконтролируемы человеком. То же самое, например, то же «умное зерно» не контролируется человеком.

Эта технология носит аддитивный характер, т. е. она дополняет природный механизм, коррелирует и комплементирует со средой. Как только «умное зерно» попало в почву, оно само себя регулирует, корреспондируя со средой. Но даже на этапе создания-проектирования «умного зерна», когда в его оболочку закладываются различные программы, оно оказывается далеко не под контролем человека, хотя человек проектирует зерно.

Но он делает это с точки зрения тех знаний, которыми он располагает на данный момент. Однако здесь могут сыграть свою роль два известных эффекта: «неполноты знаний» и «случайного события». Оба явления невозможно запрограммировать человеку. Повидимому, их невозможно полностью запрограммировать также и ИИ в традиционном понимании. Но оно – «умное зерно» – само есть ИИ. Таким образом, «умное зерно» и другие аналогичные продукты составляют элементы дополнительной реальности. И здесь возникает вопрос интегрирования последней в так называемую существующую или традиционную реальность сельского хозяйства. Вопрос этот отнюдь нетривиальный. В настоящее время предлагается несколько вариантов его решения [13].

¹Гонка между странами за супер ИИ началась еще в прошлом веке. В прошлом десятилетии о ней заговорили политики, хотя всем было ясно, что такие разработки ведутся во всех странах и часто под высокой степенью секретности. В России Указом Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» утверждена Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года, внутри которой утвержден федеральный проект «Искусственный интеллект» сроком реализации до конца 2024 г. Предусмотрено бюджетное финансирование в размере 27,4 млрд. руб., а также из внебюджетных источников – 4,1 млрд. руб. Новый Президент США Д.Трамп одной из первых своих директив определил необходимость обеспечения приоритета за США в области искусственного интеллекта. На это сразу откликнулись несколько крупных компаний (причем не только американских; Компании OpenAI, Oracle и японский SoftBank запускают проект Stargate – Звездные врата). «Китай в ответ на масштабный проект Stargate по развитию ИИ в США объявил о разработке собственной программы AI Industry Development Action Plan, направленной на развитие инфраструктуры и сервисов ИИ. На эти цели Пекин намерен направить не менее 1 трлн. Юаней». //Электронный адрес: <https://finance.mail.ru/2025-02-02/zachem-kitaj-investiruet-trillion-yuaney-v-iskusstvennyj-intellekt-64625000/?from=swap&swap=2>. Китай решил идти по американскому пути, сформировав пул китайских технологических компаний Baidu, ByteDance, Alibaba и др. Уже сейчас Китай запустил DeepSeek, который считается конкурентом известным ChatGPT и Gemini. Таким образом, как заметил И. Маск – «началось».

Другой аспект – имитация существующей реальности. Чаще всего и во многих элементах используемый в настоящее время ИИ представляет всего лишь описание существующей реальности. Несмотря на свою формализованность он пока ничем не отличается от существующей реальности.

В этом смысле ИИ выступает не самостоятельной реальностью, а помощником человека; он выполняет команды человека и даже заменяет его, но только в установленных человеком пределах [14, 15]. Да, программа может «напортчить» (примеров в существующей практике хоть отбавляй), но в этом последнем виноват не ИИ, а человек-программист – ляп или умышленный ущерб, который он запрограммировал, реализуется в продукте. Наказывать нужно не ИИ, а того, кто написал программу. Часто ошибки, которые получаются в программах, относят к так называемой дополнительной реальности.

С последним можно согласиться при одном условии, если ошибки и отклонения рассматривать не как субъективный продукт (умысел или продукт усталости, низкого профессионализма), а как объективную реальность. В первом случае решение будет состоять в том, чтобы передавать как можно больше функций ИИ (машине), т. е. путем замещения человека, что, собственно, наблюдается почти повсеместно. Во втором – это уже продукт дополнительной реальности, который заслуживает решения.

Перечисленные, а также смежные с ними вопросы требуют уточнения отдельных аспектов методологии, теории и методики. Часто в последнем видят специфику сугубо прикладного характера, который создают, например, сельскохозяйственные процессы (работы), а также продукция сельского хозяйства. Ближайшее рассмотрение, однако, не подтверждает такого, с нашей точки зрения, ограниченного взгляда на проблему ИИ в сельском хозяйстве.

Напротив, наши исследования, как и исследования других (зарубежных и отечественных) авторов [8–13, 16] указывают на то, что ИИ в сельском хозяйстве имеет свою содержательную специфику, которую выражает сельское хозяйство и как вид деятельности, и как отрасль национального хозяйства, и как субъект специфического агропродовольственного рынка. Образуя своеобразную само-

стоятельную реальность, сельское хозяйство связано как с производством, так и потреблением, а равно и обменом, и обращением. Поэтому ИИ в сельском хозяйстве должен охватывать не только проблемы, связанные с сельскохозяйственными процессами сугубо (очистка почв от камней, песка, кустарников и т. д., вспашка, разбивка, проведение каналов, удобрение, семенами, севооборотом и т. д.).

Это также и вопросы генетики и биотехнологий, т. к. нельзя заниматься выращиванием продукции, не зная, как она скажется на почвах и в целом на окружающей среде. Весь этот комплекс вопросов, не говоря уже о взаимоотношениях субъектов хозяйствования (от частных крестьянских подворий до крупных ТНК разного типа и вида, взаимоотношение с государством и государствами, финансовыми и прочими учреждениями, продовольственная безопасность и т. д.) должны быть охвачены ИИ сельского хозяйства. В результате создается впечатление о так называемом всеобъемлющем характере ИИ в сельском хозяйстве. И это впечатление отнюдь не иллюзия, а реальность.

В связи с изложенным возникает сугубо прикладной вопрос: *где, в каких направлениях и как будет развиваться ИИ в сельском хозяйстве, т. е. каковы прорывные сегменты, сектора в сельском хозяйстве для ИИ?*

По-видимому, на данный вопрос следует ответить: во всех. Но при этом следует опираться на существующую международную и отечественную практику¹.

В настоящее время в наибольшей мере использование ИИ продвинулось в земледелии и растениеводстве, а внутри него – в зерноводстве². По-видимому, такой прогресс неспроста.

¹Применение ИИ в экономике – моделирование поиска и добычи полезных ископаемых, управление бурением, проектирование, слежение за посевами, сортировка сельхозпродукции, предиктивная аналитика в производстве, управление цепочками поставок и прочее, – у нас давно внедрено и весьма эффективно экономит деньги и силы.

²А вот абсолютный мировой рекорд по урожайности с одного конкретного поля (выше мы говорили о средней урожайности по всем полям) принадлежит Британии. Средняя урожайность в этой стране примерно как в Германии и Голландии – 75–85 ц/га (меняется из года в год). Но вот одному конкретному британскому фермеру в 2022-м году удалось добиться урожая в 179,6 ц/га! Этим он побил предыдущий рекорд из Новой Зеландии (174 ц/га). Да, понятно, что для этого

Причина, как нам представляется, объективная. С одной стороны, это проблемы в зернопроизводстве и в целом традиционном земледелии, связанные с ограниченностью площадей. Известно, что мировое сельское хозяйство уже давно подошло к пределу прироста посевных площадей. По крайней мере, в крупных сельскохозяйственных регионах не наблюдается дополнительного прироста земель.

Одна из редких стран, у которой все еще наблюдается прирост посевных площадей и в целом пахотных земель – Россия. В отличие от многих других стран, у России имеется избыток посевных и пахотных земель. Поэтому одним из направлений использования ИИ является повышение эффективности использования одного из базисных ресурсов традиционного сельского хозяйства – посевных площадей. Прежде всего речь идет о мониторинге плодородия и качества почв. По-видимому, это направление наиболее полно подходит для использования ИИ.

С помощью ИИ можно провести, во-первых, оценку гумусного слоя (его глубину, плотность и др. признаки), во-вторых, уровень обеспечения минеральными веществами и т. д., в-третьих, уровень эрозии (с разделением на виды эрозии: ветровая, водная и проч.), в-четвертых, степень увлажненности, солнечной радиоактивности и т. д. Все параметры по почве с разбивками до уровня самостоятельных геобиоценозов систематизируются, формализуются и мониторяются. Причем речь идет о создании множества динамических моделей, в которых в качестве результирующего параметра выступает плодородие почвы (хотя можно закладывать и любой другой параметр), в качестве факторных признаков – орография, география, местоположение, система естественных и искусственных коммуникаций, уровень солнечной радиации, влажность, температурный режим и т. д. Иными словами, ИИ имеет полную карту по геобиоценозам.

рекорда фермер чуть ли не с каждым колоском возился – поливал, подпитывал и т.д. Еще и убирал, наверное, вручную, чтобы ни одного зернышка не потерять. И все же, рекорд есть рекорд. Почти 18 тонн пшеницы с гектара... Другой локомотив Европы – Голландия (Нидерланды). Страна с традиционно развитым сельским хозяйством. Обычно она входит в тройку стран с высочайшей урожайностью пшеницы – 87–92 ц/га. Сумасшедшая цифра! Почти килограмм пшеницы с квадратного метра.

Для каждого участка (геобиоценоза) проводится моделирование с учетом динамики тех или иных факторов. Это будет модель почв, которую в общей модели ИИ может представлять подсистема «Почва» с множеством динамических уравнений по различным видам почв [17].

Другое направление и другая модель ИИ – состояние семенного фонда. Включает в себя полную оценку семенного материала. Речь идет об оценке качества продукции (семян для зерновых и зернобобовых, трав, плодов и ягод и т. д.). ИИ получает оценку химического состава продукции с каждого участка. Поскольку это также будут динамические модели, т. е. результат (качество продукции) зависит от состояния факторов: солнечной радиации, влажности, температурного режима, водного баланса, состояния почвы, питания и т. д., то в зависимости от изменений в последних проектируется результат с заданными параметрами (уровнем сахара, кислот, белков, углеводов и т. д.). В общей модели ИИ этот аспект могла бы представлять подсистема «Семена» с системой динамических уравнений по каждому виду продукции.

Третье направление – удобрения и в целом питание растений. Важнейшим источником роста объемов и качества продукции является питание. В зависимости от того, как сбалансировано питание растений, ожидается разный результат. При оптимальном сбалансированном питании растений достигаются высокие показатели урожайности культур, качество продукции (зерна, плодов, ягод, трав)¹. Но именно это оставалось одним из слабых звеньев в существующем традиционном сельском хозяйстве (земледелии: зернопроизводстве, плодоводстве и т. д.).

Для получения высоких урожаев и качественной продукции необходимо сбалансированное питание, причем на всех этапах произрастания растений. Прежде эти задачи решались преимущественно интуитивно. Поэтому и получалось когда хорошо, а когда плохо, где удовлетворительно, а где неудовлетворительно. Причина такого положения заключалась

¹В России средняя урожайность на данный момент составляет 27 центнеров с гектара. Впрочем, есть страны, опережающие даже Голландию. Это Новая Зеландия и Ирландия. Там урожайность колеблется около цифры 100 ц/га.

не в чьих-то злонамерениях, а в возможностях ЕИ. Человек не может держать в своей голове большое количество параметров одновременно, и причем длительное время.

Кроме того, требуется разработка рационального питания не только для различных видов почв, но также и для различных видов растений, а также для различных стадий с учетом всей предыстории. ИИ не только способен разработать для каждой почвы и для каждой культуры свою карту и модель питания, но также мониторить состояние данного параметра. Причем речь идет не только об вопросах химии и биохимии, но и коммерции, т. к. требуется оптимизировать затраты на приобретение тех или иных минеральных и органических удобрений, при условии отсутствия одних – замену тождественным.

Эти вопросы под силу ИИ. В общем ИИ может быть выделена подсистема «Питание растений», в которой будут систематизированы данные, а также разработаны динамические уравнения и представлены конкретные проекты таких моделей.

Четвертое направление – генетика и биотехнологии, выражает состояние генофонда растений, т. е. это полная оценка генофонда имеющихся на территории растительных и почвенных ресурсов. Другое направление связано с биотехнологиями, с работами над геномами растений и почвы. ИИ не только систематизирует информации о генах растений и почв, но также и различные модели растений и почвы за счет изменений в генах. Соответственно, имеются и разного рода риски, к которым приводит манипулирование генами и использование биоматериалов. Для этих целей можно выделить в общем ИИ специальную подсистему «Генетика и биотехнологии».

Пятое направление связано с оценкой различных заболеваний почвы и растений. Речь идет о сборе, анализе и моделировании данных в области болезней почвы и растений, их влиянии на урожайность культур. Соответственно, ИИ содержит весь перечень болезней почвы и растений на территории с разделением на геобиоценозы. Как и в предыдущих направлениях, в ИИ должна быть сформирована своя подсистема «Болезни почвы и растений» с автономной системой мониторинга данного параметра территории, моделированием изменений и их влиянии на результаты.

Шестое направление – климатическая и погодная модели ИИ. Речь идет о систематизации климатических и погодных параметров для ландшафта и геобиоценозов (конечно, когда речь идет о климате и климатических параметров, используются большие массивы территорий. Но когда речь идет о погодных параметрах, размер территорий уменьшается. Модель локализуется). В целом эти модели пассивные, т.к. ИИ может лишь снимать существующие климатические и погодные параметры, но не может на них воздействовать, т. е. изменять их.

Поэтому эти параметры входят во все модели в качестве своеобразных констант. Но и здесь есть возможности для ИИ. Речь идет о разработке как можно более точных ареалов и географии для различных климатических и погодных параметров. А с другой стороны, следует учитывать происходящие в последние десятилетия резкие изменения данных параметров. Как и для предыдущих параметров в общей модели ИИ, этот аспект может представлять самостоятельная подсистема «Климат и погода» со своими динамическими уравнениями.

Аналогичные направления имеются также и в области животноводства. В частности, следует выделить следующие подсистемы: «Численность и структура поголовья скота и птицы» (можно в целом, а можно с разбивкой по видам), «Генетика», «Кормопроизводство», «Болезни животных и птиц», «Средства и способы борьбы с болезнями», «Состояние содержания животных и птицы или материально-техническая и технологическая база» и т. д.

Каждая подсистема имеет автономный характер, т. е. функционирует на своей информационной базе, тенденциях, принципах, стоящих задачах и т. д. Но при этом все они интегрированы в единый ИИ.

Отдельное направление составляют логистика, хранение, реализация и потребление продукции сельского хозяйства. По-видимому, это направление также следует дифференцировать на поднаправления, в которых следует сформировать подсистемы. Но можно здесь развивать специальные разделы в каждом из продуктов. Причина в том, что различные сельскохозяйственные продукты имеют свою специфику с точки зрения хранения, переработки, транспортировки, перевозки, реализа-

ции, потребления и т. д. Поэтому для каждого из них рационально иметь также и свою систему логистики, хранения, ретейла и проч. Причем практика показывает, что ИИ в этой области имеет большие преимущества перед ЕИ, т. к. он, во-первых, лучше работает с большими массивами данных, во-вторых, оперативно осуществляет выбор рациональных источников, в-третьих, оптимизирует все процессы. Поэтому кажется естественным передать эти функции ИИ.

Важнейшим источником развития сельского хозяйства выступает состояние материально-технической и технологической базы. В современном состоянии МТБ сельского хозяйства, по-видимому, даже больше, чем в любой другой области наблюдается сильное влияние так называемого человеческого фактора или ЕИ. В этом и отсталость технической и технологической вооруженности сельского хозяйства, низкий уровень обновляемости, высокий уровень изношенности, использование нерациональных средств и источников. Поэтому кажется естественным передача данной области сельского хозяйства ИИ с тем, чтобы он не только собирал всю информацию о состоянии и структуре МТБ, но также определял основные траектории ее развития (технической модернизации).

Что здесь важно для ИИ? Конечно, получение полной инвентаризации основных средств, которые имеются в сельском хозяйстве на всей территории, т. е. нужно знать чем, в каком качестве и т. д. мы обладаем. Во-вторых, анализ основных тенденций в существующей МТБ, а также варианты с манипулированием качества и структуры МТБ. В-третьих, формирование оптимальной структуры технических средств и технологий, т. е., например, сколько тракторов, сеялок, культиваторов, комбайнов и т. д. необходимо на тот или иной участок.

Кроме того, ИИ будет делать прогноз в технике и технологиях и стимулировать обновление МТБ сельского хозяйства. Известно, что в настоящее время в сельском хозяйстве доля полностью изношенной техники весьма высока и даже превышает аналогичный индикатор в других отраслях. Последнее, на наш взгляд, выступает одним из факторов низкой эффективности сельского хозяйства, низкой производительности труда в нем. Че-

ловеческий фактор не способствует решению проблемы, т. к. имеют место эмоции, а также так называемые «человеческие отношения».

Напротив, ИИ, у которого нет эмоций и переживаний, позволяет решить эту задачу. ИИ проводит не только анализ состояния МТБ и ее влияние на результаты, но и разрабатывает рекомендации по совершенствованию структуры и качества техники и технологии. Кроме того, он определяет источники финансирования технической и технологической модернизации [18].

Конечно, отдельные направления использования ИИ – логистика и коммуникации. Известно, что недостаточно произвести товар и даже хороший товар, его необходимо реализовать, и только после реализации можно оценивать затраты [19]. Главной проблемой национального сельского хозяйства даже в таких секторах, в которых страна является лидером – зерно, масло растительное, птица и др., выступает реализация. Внешние рынки заняты конкурентами, которые давно выстроили с потребителями свои цепочки, свою логистику. Попасть в эти цепочки сложно, если вообще возможно, т.к. зарубежные конкуренты не хотят и не будут делиться своими логистическими связями и рынками. Поэтому приходится либо создавать новые трафики, либо формировать новые коммуникации. ИИ в состоянии сформировать новую архитектуру логистики любых товаров. Поэтому этот аспект как нельзя лучше подходит под ИИ, и его необходимо формировать с помощью цифровых технологий [20, 21].

Заключение. О том, что ИИ активно проникает во все сферы общества и экономики, заменяя прежние технологии и привычные представления о социальных, управленческих, экономических и прочих процессах, видно в повседневной реальности. Эти особенности характерны также и для сельского хозяйства. Но в этой связи возникает ряд вопросов.

Во-первых, до какого предела ИИ будет замещать ЕИ: только предлагать варианты решений или же и/или самостоятельно принимать решения?

Во-вторых, какими будут взаимоотношения между человеком (и его ЕИ) и ИИ: подчинения (кто кому?), сотрудничества, разделения труда (на каких принципах?) и т. п.? Что про-

изойдет с традиционными факторами сельского хозяйства – земля, труд, капитал (они будут, как и прежде, играть решающую роль, или же их роль будет сугубо номинальная)?

В-третьих, что будет с собственностью на землю, капитал, естественные коммуникации? Будет ли ИИ соучастником этих отношений и будет ли претендовать на свою долю в собственности? Какими будут отношения собственности? Важность данных вопросов заключается также и в том, что сегодня ИИ в сельском хозяйстве рассматривается преимущественно с технологической точки зрения, т. е. в качестве «капитала». Однако, если судить по некоторым разработкам в области ИИ, нейронных сетях и т. д., проблема носит не только технический характер, но также и институциональный и даже этический (впрочем, в последнем, возможно, присутствует

элемент необоснованных воображений, слабо корреспондирующих с законами логики).

В-четвертых, в чьей собственности будет ИИ: государства, корпораций, международных неправительственных организаций и т. д.? Последнее важно не только с точки зрения так называемых «этических» моментов (в чьих руках будет «красная кнопка» или «ключ», которыми будет управлять ИИ), но также и с точки зрения получения прибыли, ее распределения и т. д. Перечисленные вопросы представляют лишь толику тех проблем, с которыми уже сталкивается традиционное сельское хозяйство и ИИ, решение которых требуется уже сейчас, будь то протокол о намерениях или же хартия о взаимопонимании, т. к. в последующем они будут только нарастать. Уповать на то, что их разрешит ИИ, по-видимому, наивно и рискованно.

Список литературы

1. Становление новой модели организации сельского хозяйства на территории Северного Кавказа / Б. Бизенгин, Э. Баккуев, М. Энеева, Е. Сарбашева // Общество и экономика. 2025. № 6. С. 76–95.
2. Рахаев Х. М., Энеева М. Н., Шахмурзова А. В. Состояние и перспективы современной архитектуры росто-развития агропродуктового комплекса КБР // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 166–177. DOI: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-166-177. EDN: FJKRLR
3. Влияние изменений базисных факторов на экономическую эффективность сельского хозяйства России / Е. М. Кот, Т. Х. Тогузаев, М. Ш. Газаева [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25. № 2. С. 303–318. DOI: 10.32417/1997-4868-2025-25-02-303-318. EDN: FGGORA
4. Сухоруков С. В. Яковлев Р. Б. Технологии искусственного интеллекта для сельского хозяйства в регионе // Вестник Академии знаний. 2024. № 3(62). С. 439–444. EDN: PGCXRW
5. Жангоразова Ж. С., Куготова Д. А. Применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве: обзор // Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия: сб. науч. тр. по материалам III Международной научно-практической конференции, посвященной памяти первого Президента Кабардино-Балкарской Республики В. М. Кокова, Нальчик, 18–20 октября 2023 года. Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В. М. Кокова, 2023. С. 236–241.
6. Указ Президента РФ от 10.10.2019 N 490 (ред. от 15.02.2024) «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года») [Электронный ресурс]. URL: <https://legalacts.ru/doc/ukaz-prezidenta-rf-ot-10102019-n-490-o-razvitiia/> (дата обращения: 03.04.2025 г.)
7. Управление агроэкономическим развитием регионов и глобальные ритмы научно-технологической динамики / Ж. С. Жангоразова, Д. М. Багова, Ф. С. Зумакулова [и др.]. Нальчик: Принт Центр, 2022. 192 с.
8. Бизенгин Б. М., Кушхова Б. А. Формирование пятого технологического уклада в сельском хозяйстве КБР: особенности, основные элементы и тенденции // Аграрный Вестник Урала. 2019. № 8(187). С. 55–64. DOI: 10.32417/article_5d908e61b1e927.20488827. EDN: EMKCGT
9. Оптимизация соотношения между базисными факторами «земля-труд-капитал» для дальнейшего развития сельского хозяйства России / Х. М. Рахаев, Э. С. Баккуев, М. Н. Энеева, З. М. Иванова // АПК: Экономика, управление. 2024. № 5. С. 46–60. DOI: 10.33305/245-46. EDN: GTYUOB
10. Рахаев Х. М. Дугужева Н. М. Интегрирование ИИ в систему регионального развития: состояние и проблемы // Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия: материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти первого

Президента Кабардино-Балкарской Республики В. М. Кокова, Нальчик, 18 октября 2024 года. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2024. С. 279–284.

11. Асманов П. Р. Сабанчиев А. Х. Объективные основы и стратегические особенности информатизации и интеллектуализации региональных экономических систем: практика использования ИИ в управлении региональным развитием // Региональные проблемы преобразования экономики. 2024. № 10. С. 57–66. DOI: 10.26726/rpre2024v10ofas. EDN: BUGQFY

12. Бруссард М. Искусственный интеллект. Пределы возможного. Москва: Альпина нон-фикшн, 2020. 362 с. ISBN 978-5-00139-080-0

13. Бутл Р. Искусственный интеллект и экономика: работа, богатство и благополучие в эпоху мыслящих машин. Москва: Альпина ПРО, 2023. 421. ISBN 978-5-206-00065-8

14. Буздова А. З. Буздов З. З. Современные информационные технологии в управлении развитием регионов // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса горных и предгорных территорий: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 105-летию Горского ГАУ, Владикавказ, 26–27 октября 2023 года. Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2023. С. 24–26. EDN: RSCIPF

15. Буздова А. З. Способы применения современных информационных технологий в управлении развитием страны и регионов // Известия Международной академии аграрного образования. 2023. № 68. С. 88–92. EDN: JAXEOP

16. Строев В. В. Свистунов В. М. Эффективность внедрения искусственного интеллекта для развития регионов России // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2024. № 7-1. С. 146–156. DOI: 10.17513/vaael.3575. EDN: JLLPMU

17. Воронин Б. А., Митин А. Н., Пичугин О. А. Управление процессами цифровизации сельского хозяйства России // Аграрный Вестник Урала. 2019. №4 (183). С. 86–95. DOI: 10.32417/article_5cfa04a236d520.12761241. EDN: OTJXFT

18. Серегин С. Н. Научно-техническая политика: целевые установки по повышению конкурентоспособности АПК России // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2017. № 2. С. 12–15. EDN: YGDNDP

19. Направления повышения конкурентоспособности региона в условиях цифровой экономики / Э. Г. Шурдумова, А. Б. Нагоев, М. А. Волов, З. Н. Жанказиева // Финансовая экономика. 2020. № 2. С. 494–498. EDN: PHDEPD

20. Построение новой модели экспортоориентированной экономики / Г. М. Аубакирова, М. Н. Энеева, М. Ш. Газаева, Т. Х. Созаева // Экономические отношения. 2020. Т. 10. № 3. С. 811–826. DOI: 10.18334/eo.10.3.110741. EDN: FEHJOT

21. Боковой А. В., Свиридова С. В. Цифровая трансформация бизнеса в условиях адаптационного развития региона // Актуальные аспекты развития науки и общества в эпоху цифровой трансформации (шифр – МКАА): сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции, Москва, 06 ноября 2024 года. Москва: Центр развития образования и науки, 2024. С. 194–199. EDN: HLNEHF

References

1. Bizengin B., Bakkuev E., Eneeva M., Sarbasheva E. The formation of a new model of agricultural organization in the North Caucasus. *Society and economy*. 2025;(6):76–95. (In Russ.)

2. Rakhaev Kh.M., Eneeva M.N., Shakhmurzova A.V. The state and prospects of modern architecture of the growth development of the agricultural complex of the KBR. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2023;4(42):166–177. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-166-177. EDN: FJKRLR

3. Kot E.M., Toguzayev T.Kh., Gazaeva M.Sh. The impact of changes in basic factors on the economic efficiency of Russian agriculture [et al.]. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025;25(2):303–318. (In Russ.). DOI: 10.32417/1997-4868-2025-25-02-303-318. EDN: FGGORA

4. Sukhorukov S.V. Yakovlev R.B. Artificial intelligence technologies for agriculture in the region. *Vestnik Akademii znaniy*. 2024;3(62):439–444. (In Russ.). EDN: PGCXRW

5. Zhangorazova Zh.S., Kugotova D.A. Application of artificial intelligence in agriculture: an overview. *Nauka, obrazovanie i biznes: novyj vzglyad ili strategiya integracionnogo vzaimodejstviya: sb. nauch. tr. po materialam III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati pervogo Prezidenta Kabardino-Balkarskoj Respubliki V. M. Kokova, Nal'chik, 18–20 oktyabrya 2023 goda* [Science, education and business: a new view or strategy of integration interaction: collection of scientific papers based on the materials of the III International scientific and practical conference dedicated to the memory of the first

President of the Kabardino-Balkarian Republic V.M. Kokov, Nalchik, October 18–20, 2023]. Nalchik: *Kabardino-Balkarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. V.M. Kokova*, 2023. Pp. 236–241. (In Russ.).

6. Decree of the President of the Russian Federation of 10.10.2019 N 490 (as amended on 15.02.2024) "On the Development of Artificial Intelligence in the Russian Federation" (together with the "National Strategy for the Development of Artificial Intelligence for the Period up to 2030") [Electronic resource]. URL: <https://legalacts.ru/doc/ukaz-prezidenta-rf-ot-10102019-n-490-o-razviti/> (date of access: 03.04.2025). (In Russ.)

7. Zhangorazova, Zh.S. Bagova D.M., Zumakulova F.S. [et al.]. *Upravlenie agroekonomicheskim razvitiem regionov i global'nye ritmy nauchno-tekhnologicheskoy dinamiki* [Management of agro-economic development of regions and global rhythms of scientific and technological dynamics]. Nalchik: Print Centr, 2022. 192 p.

8. Bizengin B.M. Kushkhova B.A. The formation of the fifth technological mode in agriculture KBR: features, highlights and trends. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019;8(187):55–64. (In Russ.). DOI: 10.32417/article_5d908e61b1e927.20488827. EDN: EMKCGT

9. Rakhaev Kh.M. Bakkuev E.S., Eneeva M.N., Ivanova Z.M. Optimization of the ratio between the basic factors "land-labor-capital" for the further development of agriculture in Russia. *AIC: economy, management*. 2024;(5):46–60. (In Russ.). DOI: 10.33305/245-46. EDN: GTYIOB

10. Rakhaev Kh.M., Duguzheva N.M. Integrating AI into the regional development system: state and problems. *Nauka, obrazovanie i biznes: novyj vzglyad ili strategiya integracionnogo vzaimodejstviya: materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati pervogo Prezidenta Kabardino-Balkarskoj Respubliki V. M. Kokova, Nal'chik, 18 oktyabrya 2024 goda* [Science, education and business: a new view or a strategy for integration interaction: materials of the IV International scientific and practical conference dedicated to the memory of the first President of the Kabardino-Balkarian Republic V.M. Kokov, Nalchik, October 18, 2024]. Nalchik: Kabardino-Balkarskij GAU, 2024. Pp. 279–284. (In Russ.)

11. Asmanov P.R. Sabanchiev A.Kh. Objective foundations and strategic features of informatization and intellectualization of regional economic systems: the practice of using AI in managing regional development. *Regional problems of transforming the economy*. 2024;(10): 57–66. (In Russ.). DOI: 10.26726/rppe2024v10ofas. EDN: BUGQFY

12. Broussard M. *Iskusstvennyj intellekt. Predely vozmozhnogo* [Artificial Intelligence. Limits of the Possible]. Moscow: Al'pina non-fikshn, 2020. 362 p. ISBN 978-5-00139-080-0. (In Russ.)

13. Bootle R. *Iskusstvennyj intellekt i ekonomika: rabota, bogatstvo i blagopoluchie v epohu myslyashchih mashin* [Artificial Intelligence and the Economy: Work, Wealth, and Well-Being in the Age of Thinking Machines]. Moscow: Al'pina PRO, 2023. 421. ISBN 978-5-206-00065-8. (In Russ.)

14. Buzdova A.Z. Buzdov Z.Z. Modern information technologies in regional development management. *Nauchnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa gornyh i predgornyh territorij: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 105-letiyu Gorskogo GAU* [Scientific support for sustainable development of the agro-industrial complex of mountainous and foothill territories: materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 105th anniversary of the Gorsky State Agrarian University], Vladikavkaz, October 26-27, 2023. Vladikavkaz: Gorskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2023. Pp. 24–26. (In Russ.). EDN: RSCIPF

15. Buzdova A.Z. Methods of application of modern information technologies in the management of the development of the country and regions. *Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2023;(68):88–92. (In Russ.). EDN: JAXEOP

16. Stroev V.V., Svistunov V.M. Effectiveness of implementing artificial intelligence for the development of regions of Russia. *Journal of Altai academy of economics and law*. 2024;(7-1):146–156. (In Russ.). DOI: 10.17513/vaael.3575. EDN: JJLPMU

17. Voronin B.A., Mitin A.N., Pichugin O.A. Managing the processes of digitalization of agriculture in Russia. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019;4(183):86–95. (In Russ.). DOI: 10.32417/article_5cfa04a236d520.12761241. EDN: OTJXFT

18. Seregin S.N. Science and technology policy: goals to improve the competitiveness of Russian AIC. *Economics of agricultural and processing enterprises*. 2017;(2):12–15. (In Russ.). EDN: YGDNDP

19. Shurdumova E.G., Nagoev A.B., Volov M.A., Zhankazieva Z.N. Directions for increasing the competitiveness of the region in the digital economy. *Financial economy*. 2020;(2):494–498. (In Russ.). EDN: PHDEPD

20. Aubakirova G.M., Eneeva M.N., Gazaeva M.Sh., Sozaeva T.Kh. Building a new export-oriented economy model. *Journal of International Economic Affairs*. 2020;10(3):811–826. (In Russ.). DOI: 10.18334/eo.10.3.110741. EDN: FEHJOT

21. Bokovoy A.V., Sviridova S.V. Digital transformation of business in the context of adaptive development of the region. *Aktual'nye aspekty razvitiya nauki i obshchestva v epohu cifrovoj transformacii*

(shifr -МКАА): sbornik materialov XVIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Moskva, 06 noyabrya 2024 goda [Actual aspects of the development of science and society in the era of digital transformation (code – МКАА): collection of materials of the XVIII International scientific and practical conference, Moscow, November 06, 2024]. Moscow: Centr razvitiya obrazovaniya i nauki, 2024. Pp. 194–199. (In Russ.). EDN: HLNEHF

Сведения об авторах

Газаева Мадина Шароповна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры управления, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2030-4444

Буздова Арина Зуберовна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры управления, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 6428-6654

Кокова Эльвира Руслановна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры управления, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 5772-6640

Information about the authors

Madina Sh. Gazaeva – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2030-44442

Arina Z. Buzdova – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 6428-6654

Elvira R. Kokova – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 5772-6640

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 27.06.2025;
одобрена после рецензирования 10.09.2025;
принята к публикации 10.10.2025.*

*The article was submitted 27.06.2025;
approved after reviewing 10.09.2025;
accepted for publication 10.10.2025.*



Вячеславу Барасбиевичу Дзуганову – доктору технических наук, начальнику редакционно-издательского отдела, профессору кафедры «Агроинженерия» Кабардино-Балкарского ГАУ исполнилось 70 лет.

В. Б. Дзуганов в 1978 году окончил Кабардино-Балкарский государственный университет, факультет механизации сельского хозяйства по специальности «Механизация сельского хозяйства».

В 1987 году В. Б. Дзуганов окончил аспирантуру в Челябинском институте механизации и электрификации сельского хозяйства и успешно защитил там же диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Разработка и обоснование основных параметров гранулятора комбикормов, работающего по принципу виброокатывания» (специальность 05.20.01 – Механизация сельскохозяйственного производства).

В Кабардино-Балкарском ГАУ работает с 1989 года.

В 2012 году защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук в Московском государственном агроинженерном университете имени В. П. Горячкина на тему «Ресурсосберегающее производственно-технологическое обеспечение механизированных процессов в растениеводстве (на материалах Кабардино-Балкарской Республики)» (специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства).

В период с 1994 по 2025 годы он работал на разных должностях: директором института повышения квалификации специалистов и переподготовки кадров АПК, проректором по переподготовке кадров, после реорганизации – ди-

ректором института дополнительного профессионального образования, проректором по дополнительному образованию и информатизации, начальником научно-исследовательского сектора, начальником редакционно-издательского управления.

С марта 2025 года В.Б. Дзуганов занимает должность начальника редакционно-издательского отдела университета.

Он одновременно является внутренним совместителем – профессором кафедры «Агроинженерия». В настоящее время преподает дисциплины:

- «Механизация и автоматизация технологических процессов растениеводства и животноводства»;
- «Основы проектирования сельскохозяйственных машин»;
- «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса».

Ведет научно-исследовательскую работу по теме «Разработка и реализация концепции создания многоуровневой системы производственно-технологического обеспечения механизированных процессов в растениеводстве на основе применения ресурсосберегающих технологий и высокопроизводительных технических средств, оптимизации распределения работ между исполнителями: сельхозтоваропроизводителями и структурами производственно-технологического сервиса и формирования ими рациональных составов машинно-технологических комплексов».

В. Б. Дзугановым опубликовано около 140 научно-исследовательских и учебно-методических работ, в том числе: 9 монографий под наименованиями: «Рынок сельскохозяйственной техники» (2001 г.), «Техническое обеспечение

агропромышленного комплекса на современном этапе: проблемы, пути решения» (2007 г.), «Стратегия повышения эффективности использования и обслуживания технических средств производства в аграрном секторе региона» (в соавторстве, 2010 г.), «Агропромышленный комплекс КБР: настоящее и будущее» (в соавторстве, 2010 г.), «Организация эффективного машиноиспользования в АПК на основе ресурсосберегающих агротехнологий» (2017 г.), «Научно-методические рекомендации по разработке мероприятий, обеспечивающих повышение плодородия почв в условиях склоновых эродированных черноземных почв юга России» (в соавторстве, 2017 г.), «Инновационные технологические и технические решения по повышению плодородия почв в условиях склоновых эродированных черноземных почв юга России» (в соавторстве, 2017 г.), «Многофункциональная система орошения и защиты низкорослых садов интенсивного типа и их лесозащитных полос» (в соавторстве, 2018 г.), «Технологические и технические решения по вовлечению в оборот земель сельскохозяйственного назначения Кабардино-Балкарской Республики» (в соавторстве, 2023 г.); 83 научные статьи (37 из них – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, 2 статьи – в изданиях, входящих в международную базу данных Scopus, 4 статьи – в реферативную базу данных AGRIS); 35 учебных и учебно-методических пособий.

В 2010 году под руководством и при непосредственном участии В. Б. Дзуганова по гранту выполнена научно-исследовательская работа в рамках проекта №10-06-33603 а/Ю Российского гуманитарного научного фонда (РГНФ) по теме: «Анализ и прогноз обеспеченности регионального АПК средствами производства и разработка стратегии их использования, обслуживания и обновления».

В 2017 и 2018 годах в составе авторского коллектива В. Б. Дзугановым выполнены научно-исследовательские работы по заказу Министерства сельского хозяйства Российской Федерации за счет средств федерального бюджета на темы:

– «Проведение исследований и разработка мероприятий, обеспечивающих повышение плодородия почв в условиях склоновых эродированных черноземных почв Юга России»;

– «Разработка многофункциональной системы орошения и защиты низкорослых садов интенсивного типа и их лесозащитных полос».

Научные разработки, выполненные в составе авторских коллективов, демонстрировались

на Всероссийской агропромышленной выставке «Золотая осень» в 2017 и 2018 годах и удостоены 2 золотых и 1 бронзовой медалей.

В. Б. Дзуганов является членом диссертационного совета 35.2.015.02 по научной специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудования для агропромышленного комплекса (технические науки).

Он принимает активное участие в научно-практических конференциях различного уровня, которые проводятся в Российской Федерации и за рубежом, с докладами по результатам проведенных научно-исследовательских работ. За период с 1985 по 2024 годы принял участие в более 40 конференциях.

В. Б. Дзуганов с 2019 года по настоящее время является председателем экспертной комиссии университета по техническим наукам; членом редакционной коллегии и ответственным редактором научно-практического журнала «Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова», входящего в перечень ВАК и «Белый список».

За многолетнюю плодотворную работу по подготовке высококвалифицированных кадров, значительный вклад в систему высшего аграрного образования, добросовестный труд В. Б. Дзуганов награжден Почетными грамотами: Правительства Кабардино-Балкарской Республики (2001 г.), Министерства сельского хозяйства и продовольствия Кабардино-Балкарской Республики (2001 г.), Министерства сельского хозяйства Кабардино-Балкарской Республики (2015 г.), Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (2025 г.).

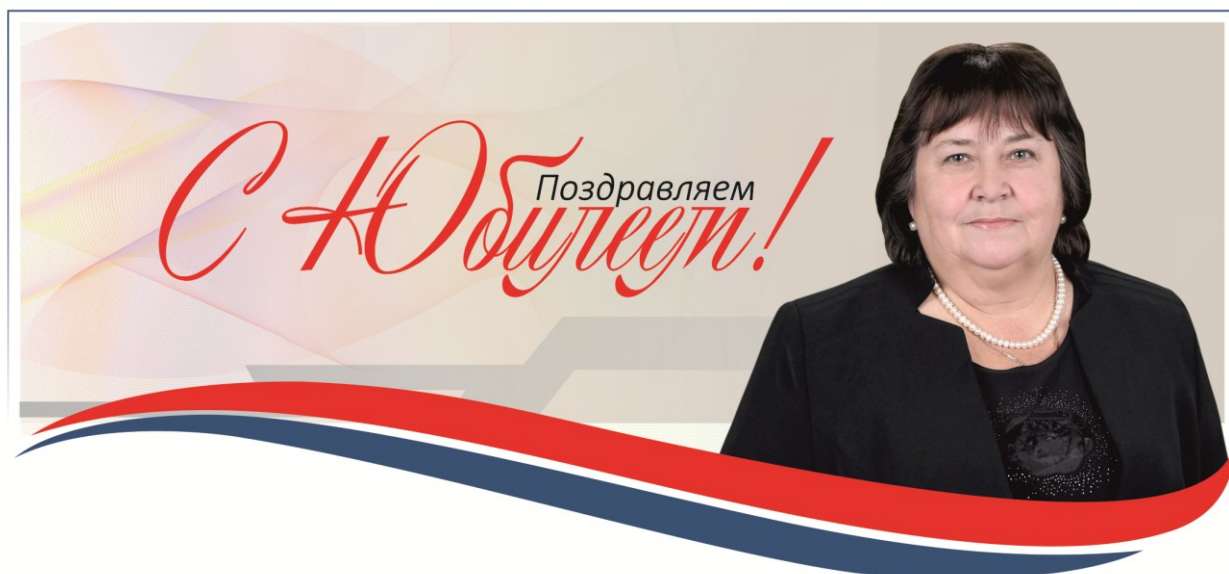
Имеет благодарности: Президента Кабардино-Балкарской Республики (2007 г.), ректора Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В. М. Кокова (2016 г.), Кабардино-Балкарского регионального отделения Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» (2019 г.), Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (2022 г.).

Уважаемый Вячеслав Барасбиевич!

Примите самые теплые поздравления по поводу Вашего юбилея!

Высокие профессиональные качества, ответственный подход к делу, а также уважительное, чуткое отношение к коллегам, присущие Вам, вызывают глубокое уважение.

Желаем Вам крепкого здоровья, сил и энергии для продолжения профессиональной деятельности, а также благополучия, тепла и уюта в семье!



Наталья Викторовна Сокол после окончания в 1973 году общеобразовательной средней школы № 44 в ст. Елизаветинской г. Краснодара поступила в Краснодарский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт (КПИ) на факультет хлебопродуктов по специальности «Технология хлебопекарного, макаронного и кондитерского производства». После окончания вуза с 1979 по 1981 годы трудилась на предприятиях хлебопекарной промышленности г. Краснодара в должности инженера-технолога. С 1981 по 1999 годы работала в Краснодарском научно-исследовательском институте (КНИИСХ) им. П. П. Лукьяненко в «Лаборатории технологической оценки качества зерна» в должности старшего научного сотрудника. В 1990 году защитила кандидатскую диссертацию на тему «Оптимальные системы оценки селекционного материала на качество зерна». В 1994 году была переведена на должность главного технолога перерабатывающего комплекса Краснодарского научно-исследовательского института сельского хозяйства имени П. П. Лукьяненко.

В 1999 году Н. В. Сокол была зачислена доцентом кафедры «Технологии хранения и переработки растениеводческой продукции» Кубанского ГАУ. В 2007 году поступила в докторантуру Кубанского ГАУ, после окончания которой в 2011 году успешно защитила докторскую диссертацию на тему «Теоретическое обоснование и разработка технологии хлеба функционального назначения» и получила диплом доктора технических наук по

специальности 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодово-овощной продукции и виноградарства». В 2014 году решением Министерства образования Российской Федерации Наталье Викторовне Сокол было присвоено ученое звание профессора (05.11.2014) по специальности 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодово-овощной продукции и виноградарства».

Н. В. Сокол – член редакционной коллегии научно-практического журнала «Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В. М. Кокова», член диссертационного совета 35.2.019.03 по техническим наукам на базе Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина.

Под руководством профессора Н. В. Сокол подготовлено и защищено 7 кандидатских и 10 магистерских диссертаций по продуктам питания из растительного сырья.

Сфера научных интересов Н. В. Сокол – проблемы качества зерна, его комплексная переработка с получением продуктов питания функционального назначения.

Список научных трудов Натальи Викторовны насчитывает 340 работ, в том числе 15 монографий, 16 патентов РФ (в соавторстве), 16 учебных пособий и 3 учебника (в соавторстве).

За успешную работу в системе высшего профессионального образования профессор

Н. В. Сокол удостоена почетных грамот Министерства высшего образования РФ, Министерства сельского хозяйства РФ, имеет благодарности администрации Краснодарского края и ЗСК Краснодарского края.

За большой вклад в развитие технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, в формирование и становление новых направлений в работе отрасли и востребованность результатов исследований государственными и хозяйственными структу-

рами Наталье Викторовне Сокол в 2022 году присвоено звание «Почетный работник агропромышленного комплекса России».

По результатам работы за 2023 год Н. В. Сокол присвоено почетное звание «Профессор года» Кубанского ГАУ.

Уважаемая Наталья Викторовна!

Искренне поздравляем Вас с юбилеем!

Желаем Вам крепкого здоровья, неиссякаемой энергии, успехов на профессиональном поприще. Всех земных благ Вам!



9 октября 2025 г. исполнилось 60 лет **Тимуру Газретовичу Тарчокову** – профессору кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, декану факультета ветеринарной медицины и биотехнологии Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова.

Т. Т. Тарчоков – уроженец с. Псыгансу Урванского района КБР. В 1983 г., окончив с золотой медалью среднюю общеобразовательную школу № 3 в родном селе, поступил на зооинженерное отделение зооветеринарного факультета Кабардино-Балкарского агро-мелиоративного института (КБАМИ). В период 1983–1985 гг. проходил военную службу в рядах ПВ КГБ СССР.

Окончил Кабардино-Балкарский аграрный институт с отличием в 1990 г. по специальности «Зоотехния» и на основе распределения был принят на работу в должности инженера кафедры общей зоотехнии КБАМИ, где под руководством заведующего кафедрой, профессора М. А. Жабалиева принимал участие в выполнении хозяйственных и договорных работ по созданию нового типа молочного скота в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики. Проведенные исследования стали основой диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук, защита которой проходила 20 октября 1994 г. в диссертационном совете, созданном на базе Ставропольского ГАУ по специальности 06.02.01 Разведение, селекция, генетика и воспроизводство сельскохозяйственных животных. Защита диссертации на

соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук проходила 28 марта 2000 года в Донском ГАУ. За период работы в вузе занимал должности ассистента, старшего преподавателя, доцента и профессора кафедры. В период 2000–2012 гг. и 2014–2018 гг. занимал должность заведующего кафедрой. Неоднократно избирался на должность декана ФВМиБ.

Им опубликовано более 280 научных работ, в т. ч. 5 монографий, 5 патентов на изобретения, 3 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ, издано более 40 учебно-методических разработок, 5 учебных пособий с грифом федерального учебно-методического объединения для студентов вузов и СПО МСХ РФ.

Т. Т. Тарчоков – член редакционной коллегии научно-практических журналов «Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова» и «Вестник Нижегородского государственного агротехнологического университета». Является членом диссертационных советов по защите докторских и кандидатских диссертаций при Кабардино-Балкарском ГАУ им. В. М. Кокова и Горском ГАУ, учебно-методического совета ФУМО учебных заведений РФ по образованию в области ветеринарии и зоотехнии, экспертного жюри во всероссийских конкурсах на лучшую научную работу среди студентов, магистрантов и аспирантов в ЮФО и СКФО. Под руководством профессора Т. Т. Тарчокова успешно защищено 14 кандидатских диссертаций по

научным специальностям «Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных» и «Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства». В настоящее время осуществляет руководство научной работой пяти аспирантов и двух соискателей по выполнению диссертационных исследований.

Будучи заведующим кафедрой и деканом факультета, он внес значительный вклад в формирование кадров. По его ходатайству были открыты филиалы кафедр при ФВМиБ на базе ОАО «Селекционно-племенной центр» и ФГБУ «Кабардино-Балкарский референтный центр Россельхознадзора», ОАО «Агро-Союз», ООО «Баксан-бройлер», оснащенные современным оборудованием, достаточным количеством наглядных и методических пособий, а также принимал непосредственное участие в становлении учебно-производственного комплекса университета.

В 2011 году награжден отраслевой наградой Министерства образования Российской Федерации «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации», в 2007 г. – Почетной грамотой

МСХ Кабардино-Балкарской Республики. В 2015 г. получил благодарственное письмо ФУМО учебных заведений РФ по образованию в области ветеринарии и зоотехнии, в 2016 г. – почетное звание «Заслуженный деятель науки Кабардино-Балкарской Республики», в 2021 г. – Благодарность МСХ РФ.

С 2018 г. по настоящее время – аккредитованный эксперт в области проведения государственной аккредитации образовательных учреждений и научных организаций. С 2022 г. является членом экспертного совета «Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования РФ» по зоотехническим и ветеринарным наукам.

Уважаемый Тимур Тазретович!

Примите искренние поздравления с Вашим юбилеем. Вы долгие годы посвящаете себя научной, общественной и педагогической деятельности. Своим трудолюбием, ответственностью и активной жизненной позицией Вы заслужили непререкаемый авторитет у коллег и студентов. Желаем Вам крепкого здоровья, продуктивных идей, благополучия и успехов в дальнейшей работе.

**ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ И УСЛОВИЯ ПУБЛИКАЦИИ
В НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОМ ЖУРНАЛЕ
«ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА им. В. М. КОКОВА»**

1. К публикации принимаются статьи по проблемам развития сельского хозяйства, представляющие научно-практический интерес для специалистов АПК.
2. В редакцию одновременно предоставляются материалы статьи с сопроводительным письмом.
3. Статьи проходят проверку на заимствования по программе «Антиплагиат» и обязательное рецензирование.
4. Рукопись статьи предоставляется в печатной (1 экземпляр) и электронной (в редакторе Microsoft Word) версиях (для сторонних авторов – в электронной). Объем статьи – 10-12 страниц формата А4, для статей обзорного и проблемного характера – не более 25 страниц, гарнитура Times New Roman, кегль 14, поля 2 см, абзацный отступ 1,25 см, межстрочный интервал 1,5 (для аннотации и ключевых слов – кегль 12, межстрочный интервал 1,0).
5. Таблицы и формулы должны быть представлены в формате Word; рисунки, чертежи, фотографии, графики – в электронном виде формате JPG или TIF (разрешение не менее 300 dpi), а также в тексте статьи в печатном варианте. Линии графиков и рисунков в файле должны быть сгруппированы. Все графические материалы, рисунки и фотографии должны быть пронумерованы, подписаны, переведены на английский язык и иметь ссылку в тексте.
6. Порядок оформления статьи:
 - тип статьи (научная, обзорная, редакционная, краткое сообщение и т.п.) в левом верхнем углу;
 - индекс УДК в левом верхнем углу;
 - DOI (при наличии);
 - название статьи (прописными буквами) на русском и английском языках;
 - имя, отчество, фамилия автора(ов), наименование организации (учреждения) без обозначения организационно-правовой формы юридического лица и ее адрес на русском и английском языках, адрес электронной почты, ORCID (при наличии);
 - аннотация (150-250 слов) на русском и английском языках;
 - ключевые слова (5-10 слов или словосочетаний) на русском и английском языках;
 - сведения об авторе(ах): инициалы, фамилия, ученая степень, должность, подразделение, наименование организации (учреждения) на русском и английском языках;
 - текст статьи на русском языке.
7. Требования к структуре статьи:
 - введение;
 - цель исследования;
 - материалы, методы и объекты исследования;
 - результаты исследования;
 - выводы;
 - список литературы (на русском языке и его транслитерация латиницей – References, «Vancouver style»).
8. Литература (не менее 8 и не более 25 источников, для обзорной статьи – не более 50) оформляется по ГОСТ Р 7.0.5-2008 в соответствии с последовательностью ссылок в тексте (порядке цитирования). Ссылки на литературные источники приводятся порядковой цифрой в квадратных скобках (например, [1]). Литература дается на тех языках, на которых она издана.
9. Статья, не оформленная в соответствии с данными требованиями и ГОСТ Р 7.0.7-2021, возвращается автору на доработку. Датой сдачи статьи считается день получения редакцией варианта, соответствующего требованиям журнала.

Адрес редакции: **360030, г. Нальчик, проспект Ленина, 1в, e-mail: kbgau.rio@mail.ru**
Контактный телефон: **+7(8662) 40-59-39**

**REQUIREMENTS FOR ARTICLES AND CONDITIONS OF PUBLICATION
IN SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL
«IZVESTIYA OF THE KABARDINO-BALKARIAN STATE
AGRARIAN UNIVERSITY NAMED AFTER V.M. KOKOV»**

1. Articles on the problems of agricultural development that are of scientific and practical interest to agro-industrial complex specialists are accepted for publication.
2. At the same time, the materials of the article with a cover letter are submitted to the editorial office.
3. Articles are checked for borrowings under the program «Anti-plagiarism» and mandatory peer review.
4. The manuscript of the article is provided in printed (1 copy) and electronic (in Microsoft Word) versions (for third-party authors – in electronic). The volume of the article is 10-12 pages of A4 format, for articles of a review and problematic nature – no more than 25 pages, typeface Times New Roman, size 14, margins 2 cm, indentation 1,25 cm, line spacing 1,5 (for annotations and keywords – font size 12, line spacing 1,0).
5. Tables and formulas must be submitted in Word format; drawings, drawings, photographs, graphics – in electronic form in JPG or TIF format (resolution not less than 300 dpi), as well as in the text of the article in printed form. The lines of graphs and drawings in the file must be grouped. All graphic materials, drawings and photographs must be numbered, signed, translated into English and have a link in the text.
6. The order of registration of the article:
 - type of article (scientific, review, editorial, short communication, etc.) in the upper left corner;
 - UDC index in the upper left corner;
 - DOI (if available);
 - the title of the article (in capital letters) in Russian and English;
 - name, patronymic, surname of the author(s), name of the organization (institution) without indicating the legal form of the legal entity and its address in Russian and English, e-mail address, ORCID (if any);
 - abstract (150-250 words) in Russian and English;
 - keywords (5-10 words or phrases) in Russian and English;
 - information about the author(s): initials, surname, academic degree, position, subdivision, name of organization (institution) in Russian and English;
 - text of the article in Russian.
7. Requirements for the structure of the article:
 - introduction;
 - purpose of the study;
 - materials, methods and objects of research;
 - results of the study;
 - conclusions;
 - list of used literature (in Russian and its transliteration in Latin – References, Vancouver style).
8. Literature (at least 8 and no more than 25 sources, for a review article – no more than 50) is drawn up in accordance with GOST R 7.0.5-2008 in accordance with the sequence of references in the text (citation order). References to literary sources are given by an ordinal number in square brackets (for example, [1]). Literature is given in the languages in which it is published.
9. An article that is not designed in accordance with these requirements and GOST R 7.0.7-2021 is returned to the author for revision. The date of submission of the article is the day the editors receive the version that meets the requirements of the journal.

Editorial address: **360030, Nalchik, 1v Lenin Avenue, e-mail: kbgau.rio@mail.ru**
Contact phone: **+7(8662) 40-59-39**

Редактор – *Ханиева Т. П.*
Технический редактор – *Казаков В. Ю.*
Перевод – *Гоова Ф. И.*
Вёрстка – *Рулёва И. В.*

ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. В. М. КОКОВА



Подписано в печать 19.12.2025 г. Дата выхода в свет 26.12.2025 г.
Гарнитура Таймс. Печать трафаретная. Формат 60×84 ¹/₈.
Бумага офсетная. Усл.п.л. 20,6. Тираж 300.
Цена свободная.

Адрес издателя: 360030, Россия, КБР, г. Нальчик, пр. Ленина, 1 в.
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. Тел. +7(8662) 40-67-13
E-mail: kbgsha@rambler.ru

Адрес редакции: 360030, КБР, г. Нальчик, пр. Ленина, 1 в.
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. Тел. +7(8662) 40-59-39
E-mail: kbgau.rio@mail.ru

Адрес типографии: 360030, КБР, г. Нальчик, пр. Ленина, 1 в.
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. Тел. +7(8662) 40-95-84
E-mail: kbgau.tipografiya@mail.ru