ВЕСТНИК ВЯТСКОГО ГАТУ

№ 4 (26)

Оценка биохимического статуса телят после химиотерапии эймериоза

Уровень липопротеидов и холестерола в сыворотке крови свиноматок при гепатопатиях

Обзор конструкций и перспективы развития технических средств с фрезерными бороздовскрывателями для прямого посева семян трав в дернину

Влияние породных особенностей лошадей и системы кормления на молочную продуктивность и экономическую эффективность производства кумыса

ISSN 2686-7729

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ВЕСТНИК ВЯТСКОГО ГАТУ

ISSN 2686-7729

2025

ВЕСТНИК ВЯТСКОГО ГАТУ

ISSN 2686-7729

Периодичность выпуска журнала – 4 номера в год

Язык издания – русский, английский

Версия издания: электронное сетевое

Научный журнал «Вестник Вятского ГАТУ» в версии сетевого издания основан в 2018 году, первые выпуски были изданы в 2019 г. Журнал зарегистрирован как средство массовой информации (регистрационный номер серия Эл №ФС77-73936 от 12.10.2018), включен в библиографическую базу данных Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и размещается на официальном сайте издания https://v-vgsha.info/

Учредитель журнала: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный агротехнологический университет» (ИНН 4346012790), Кировская область, г. Киров, Российская Федерация.

Юридический адрес учредителя: 610017, Кировская область, г. Киров, Октябрьский проспект, 133

В журнале «Вестник Вятского ГАТУ» публикуются научные статьи, научные обзоры, научные рецензии, отражающие результаты фундаментальных и прикладных исследований по следующей тематике, соответствующей научным специальностям, по которым присуждаются ученые степени:

4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки)

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

4.2. Зоотехния и ветеринария

4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ветеринарные науки)

4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность (ветеринарные науки)

4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные 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. Агроинженерия и пищевые технологии

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

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА:

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных

- Ермолина Светлана Александровна – доктор ветеринарных наук, доцент (г. Киров)
- Красочко Ирина Александровна – доктор ветеринарных наук, профессор (г. Витебск, Республика Беларусь)
- Созинов Василий Аркадьевич – доктор ветеринарных наук, доцент (г. Киров)

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

- Воробьева Светлана Леонидовна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (г. Ижевск)
- Головин Александр Витальевич – доктор биологических наук, профессор (г. Подольск)
- Косолапов Владимир Михайлович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН (г. Лобня)
- Салеева Ирина Павловна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, член-корреспондент РАН (г. Санкт-Петербург)
- Сычёва Лариса Валентиновна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (г. Пермь)
- Харламов Анатолий Васильевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный работник сельского хозяйства РФ (г. Оренбург).

4.2.5 Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

- Абдельманова Александра Сергеевна – доктор биологических наук (г. Подольск)
- Ахметов Тахир Мунавирович – доктор биологических наук, профессор (г. Казань)
- Беляев Александр Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН, заслуженный работник сельского хозяйства РФ (г. Волгоград)
- Герасименко Вадим Владимирович – доктор биологических наук, профессор (г. Самара)
- Измайлович Инесса Брониславовна – доктор сельскохозяйственных наук, доцент (г. Горки, Республика Беларусь)
- Карликова Галина Геннадьевна – доктор сельскохозяйственных наук (г. Подольск)
- Кузякина Людмила Ивановна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (г. Киров)
- Петухов Валерий Лаврентьевич – доктор биологических наук, профессор (г. Новосибирск)
- Шайдуллин Радик Рафаилович – доктор сельскохозяйственных наук, доцент (г. Казань)

Агроинженерия

4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

- Алатырев Сергей Сергеевич – доктор технических наук, профессор, заслуженный работник образования Чувашской Республики, почетный работник АПК РФ (г. Чебоксары)
- Курбанов Рустам Файзулхакович – доктор технических наук, профессор (г. Киров)
- Мохнаткин Виктор Германович – доктор технических наук, профессор, заслуженный изобретатель РФ, заслуженный работник высшей школы РФ, почетный работник АПК РФ, заслуженный работник АПК Кировской области (г. Киров)
- Романюк Вацлав – доктор технических наук, профессор (г. Варшава, Польша)
- Савиных Петр Алексеевич – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, почетный работник науки и высоких технологий РФ (г. Киров)

СОДЕРЖАНИЕ

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

Уважаемые коллеги!

Представляем вашему вниманию очередной номер журнала «Вестник Вятского ГАТУ». В этот выпуск традиционно вошли научные статьи по актуальным вопросам растениеводства и селекции растений, лечения и разведения высокопродуктивных животных, технического обеспечения сельскохозяйственного производства. Надеюсь, что вас заинтересуют представленные на станицах этого выпуска результаты исследований по выращиванию люпина на различные цели и томатов в условиях защищенного грунта Кировской области, влиянию видов кормов и системы кормления на продуктивные показатели в сфере молочного животноводства, а также описание новых технических конструкций для обработки почвы и производства комбикормов.

Обращаю внимание, что мы заинтересованы в формировании устойчивой читательской аудитории, расширении географии наших авторов и, конечно, приглашаем к сотрудничеству всех заинтересованных лиц. Кроме того, мы будем признательны за отклики по поводу материалов, опубликованных в данном номере, и с благодарностью примем любые конструктивные предложения по совершенствованию нашего журнала.

Этот номер выходит в свет в преддверии Нового 2026 года. В связи с этим примите самые искренние и теплые поздравления с грядущими праздниками и пожелания крепкого здоровья, благополучия, творческих свершений и новых достижений. Также хочу пожелать вам, дорогие друзья, перемен к лучшему, вдохновения и созидательной инициативы, упорства и настойчивости в стремлении к высоким научным результатам!

Выражаю всем нашим авторам, членам редакционной коллегии и коллективу редакции огромную благодарность за проделанную за этот год работу и деятельное участие в развитии нашего издания. Надеюсь на плодотворное сотрудничество в наступающем 2026 году!

Главный редактор, врио ректора
Вятского государственного
агротехнологического университета ***Николай Владимирович ШАБАЛИН***

УДК 633.36

СИДЕРАЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОРТОВ УЗКОЛИСТНОГО ЛЮПИНА СЕЛЕКЦИИ ЛЕНИНГРАДСКОГО НИИСХ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Емелев С. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
E-mail: emeleffsergej@yandex.ru
Лыбенко Е. С., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
E-mail: elenalybenko@rambler.ru
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Вятский государственный агротехнологический университет»,
г. Киров, Россия

Аннотация

В условиях дерново-подзолистых почв Нечернозёмной зоны России актуальным является переход к регенеративному земледелию, в котором важная роль отводится сидеральным культурам. В полевом опыте (2024 г.) в центральной зоне Кировской области на дерново-подзолистой почве изучали сорта узколистного люпина (Аккорд, Фламинго, Олигарх, Фёдоровский, Меценат) по их пригодности в качестве сидератов. Оценивались урожайность зелёной массы, содержание и сбор азота и клетчатки. Установлено, что все сорта люпина достоверно превосходят контроль по продуктивности (на 12,1-16,9 т/га) и сбору азота (в 2,0-2,5 раза). Максимальные значения по урожайности зеленой массы (32,4 т/га) и сбору азота (0,88 т/га) отмечены у сорта Аккорд, а по сбору клетчатки (2,22 т/га) – у сорта Фламинго. Высокое содержание клетчатки указывает на структурообразующий потенциал и замедленное высвобождение азота. Результаты подтверждают перспективность использования люпина в регенеративных системах земледелия.

Ключевые слова: узколистный люпин, сидераты, урожайность зеленой массы, регенеративное земледелие, содержание азота, клетчатка, дерново-подзолистые почвы

SIDERATE POTENTIAL OF NARROW-LEAVED LUPINE VARIETIES BREEDED BY LENINGRAD RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE IN THE CONDITIONS OF KIROV REGION CENTRAL ZONE

Emelev S. A. candidate of agricultural sciences, associate professor
E-mail: emeleffsergej@yandex.ru

Lybenko E. S., candidate of agricultural sciences, associate professor
E-mail: elenalybenko@rambler.ru
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Vyatka State Agrotechnological University», Kirov, Russia

Annotation

In the conditions of sod-podzolic soils of the non-chernozem zone of Russia, the transition to regenerative agriculture is urgent, in which siderates play an important role. In the field experiment in 2024, on the sod-podzolic soil in the central zone of Kirov region, varieties of narrow-leaved lupine (Accord, Flamingo, Oligarch, Fedorovsky, Metsenat) were studied according to the possibility of their use as siderates. The yield of the green mass, the content and collection of nitrogen and fiber were evaluated. It was found out that all varieties of lupine significantly exceed the control ones in productivity (by 12.1-16.9 t/ha) and nitrogen collection (by 2.0-2.5 times). The maximum values of the green mass yield (32.4 t/ha) and nitrogen collection (0.88 t/ha) were noted in the variety Accord, and the maximum fiber collection (2.22 t/ha) was in the variety Flamingo. The high fiber content indicates the structure-forming potential and a delayed release of nitrogen. The results confirm the promising use of lupin in regenerative farming systems.

Keywords: narrow-leaved lupine, siderates, green mass yield, regenerative agriculture, nitrogen content, fiber, sod-podzolic soils

В настоящее время чрезвычайно актуальными являются проблема деградации почв [1] и необходимость перехода к восстановительному земледелию [2]. Интенсификация использования агроландшафтов сопровождается недостаточным возмещением вынесенных с урожаем питательных веществ. Одновременно происходит нарушение структурно-агрегатного состояния почвы. Все эти условия приводят к постепенному снижению ее плодородия [3].

В условиях Нечерноземной зоны России, значительная часть которой представлена малоплодородными дерново-подзолистыми почвами, сохранение и повышение их плодородия является особенно важным. Одним из направлений регенеративного земледелия считается восстановление и стабилизация агроэкосистем путем восполнения органического вещества в почве.

Одним из ключевых элементов такой стратегии является применение сидератов, или зеленых удобрений [4]. Среди сидеральных культур особое место занимают бобовые, которые способны к симбиотической фиксации атмосферного азота, что позволяет существенно снизить потребность в минеральных азотных удобрениях [5]. В растительных остатках бобовых отмечается благоприятное соотношение углерода к азоту (C : N), которое способствует их быстрому разложению и эффективному обогащению почвы доступным для растений азотом [6]. Эти культуры также ценны как элемент севооборота. Они помогают прервать циклы развития болезней и вредителей, характерных для зерновых культур. Таким образом бобовые культуры являются важным звеном в системе устойчивого земледелия и способствуют улучшению плодородия почв.

Узколистный люпин (*Lupinus angustifolius* L.) представляет собой перспективную бобовую культуру для использования в качестве сидерата в условиях северных регионов. Он обладает высокой экологической пластичностью, что позволяет успешно возделывать его на различных типах почв (в том числе кислых и супесчаных) [7]. Ключевым преимуществом люпина является его способность фиксировать значительные количества атмосферного азота (до 160-180 кг/га) [8]. Он полностью покрывает его собственные потребности и создает положительный баланс азота в почве [9].

Стержневая корневая система, проникающая в почву до глубины 1,5-2,2 м, не только обеспечивает доступ к воде и питательным веществам из нижних горизонтов, но и оказывает на нее механическое воздействие, улучшая агрофизические свойства. Развитие корневой

системы способствует накоплению гумуса, формирует положительный баланс органического вещества в почве [10].

Эффективность действия люпина узколистного в качестве сидерата во многом зависит от генотипа растения. Он обусловливает темпы роста, продуктивность биомассы, соотношение надземной массы и корней. Сорта, созданные Ленинградским НИИСХ «Белогорка» – филиал ФГБНУ ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха, ориентированы на выращивание в условиях северных регионов. Они обладают рядом адаптивных качеств, делающих их особенно ценными для использования в качестве сидератов. Всесторонняя оценка потенциала различных сортов узколистного люпина как сидеральных культур является актуальной задачей.

В связи с этим целью настоящего исследования является изучение сидеральных качеств сортов узколистного люпина селекции Ленинградского НИИСХ.

Задачи исследования:

1. Оценить продуктивность зеленой массы различных сортов узколистного люпина селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка» – филиал ФГБНУ ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха в условиях центральной зоны Кировской области.
2. Определить содержание общего азота и рассчитать сбор азота на гектар в биомассе изучаемых сортов.
3. Проанализировать содержание клетчатки в растительных остатках сортов узколистного люпина.

Материал и методика. С целью достижения поставленных задач в 2024 году на базе Агротехнопарка был заложен полевой опыт. Проведение его осуществлялось в соответствии с требованиями, предъявляемыми к государственным сортоиспытаниям [11, 12]. Подготовка почвы весной включала ранневесеннее боронование, последующую культивацию и операцию комбинированной обработки почвы. Посев семян различных сортов узколистного люпина был проведен во второй декаде мая с использованием селекционной сеялки на стандартную глубину 4-5 см. Норма высева составила 1,3 млн всхожих семян на гектар. При этом проводилась корректировка данного показателя с учетом лабораторной всхожести семенного материала. Предшествующей культурой являлся яровой ячмень, возделываемый на зерно. Под предпосевную культивацию были внесены минеральные удобрения в дозах 30 кг д.в. на гектар азота, фосфора и калия ($N_{30}P_{30}K_{30}$). Семена высевались рядовым способом с шириной междурядий 15 см. В рамках подготовки семян к посеву было проведено протравливание. Уборка растений на зеленую массу была произведена в фазу сизых бобов. Анализ биохимических характеристик полученной зеленой массы был осуществлен в аккредитованной испытательной лаборатории ООО НПП «МЕДБИОТЕХ», расположенной в городе Киров.

В рамках исследования проводилось изучение сортов узколистного люпина, созданных Ленинградским НИИСХ: Аккорд, Фламинго, Олигарх, Федоровский и Меценат. Для оценки эффективности этих сортов по показателям количества и качества производимой зеленой массы был проведен сравнительный анализ с контрольной культурой – горохом посевным сорта Указ.

Результаты исследования. В ходе проведенных исследований в 2024 году была оценена продуктивность зеленой массы пяти перспективных сортов люпина узколистного в сравнении с горохом посевным сорта Указ (рисунок 1).

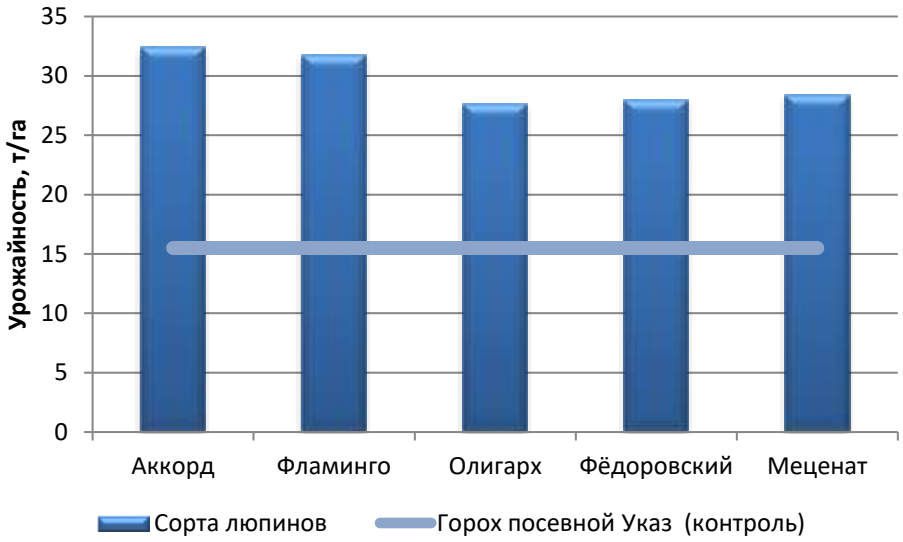


Рисунок 1. Урожайность зеленой массы сортов люпина узколистного, т/га

Средняя урожайность зеленой массы контрольного сорта Указ составила 15,5 т/га. Все испытанные сорта люпина продемонстрировали значительно более высокую продуктивность. Критическое значение $НСР_{05}$ составляет 2,2 т/га. Все отклонения от контроля превышают значение $НСР_{05}$. Наиболее высокий уровень урожайности был зафиксирован у сорта Аккорд (32,4 т/га), что на 16,9 т/га превышает контроль. Вторым по величине урожайности следует сорт Фламинго – 31,7 т/га (+16,2 т/га к контролю). Эти два сорта являются лидерами по продуктивности зеленой массы и демонстрируют потенциал для использования в технологиях биологизированного земледелия.

Олигарх (27,6 т/га), Фёдоровский (27,9 т/га) и Меценат (28,4 т/га) также показали достоверное превосходство над контролем. Их урожайность была на 12,1-12,8 т/га выше, чем у гороха. Различия между этими тремя сортами статистически незначимы, однако все они существенно превосходят контрольный сорт. Таким образом, можно сделать вывод, что все испытанные сорта люпина узколистного обладают значительно более высоким потенциалом по формированию зеленой массы по сравнению с горохом посевным.

Для оценки эффективности использования сортов люпина узколистного в качестве сидератов ключевое значение имеют не только показатели продуктивности, но и способность накапливать и вносить в почву органический азот. На рисунке 2 представлены данные по содержанию азота в зеленой массе и общему сбору азота (т/га) у сортов люпина узколистного.

Контрольный сорт гороха посевного Указ характеризуется содержанием азота в зелёной массе на уровне 2,2 %, что соответствует сбору азота в объёме 0,35 т/га. Этот уровень является типичным для традиционных бобовых культур в условиях Нечернозёмной зоны при возделывании на дерново-подзолистых почвах.

Сорта люпина узколистного демонстрируют более высокие значения. Наибольшее содержание азота зафиксировано у сорта Олигарх (2,8 %), что на 0,6 п.п. превышает контроль. Сопоставимые уровни наблюдаются у сортов Аккорд (2,7 %) и Фёдоровский (2,6%). Более умеренные показатели отмечены у Фламинго и Мецената (по 2,4 %).

Однако при оценке общего количества азота, вносимого в почву с зелёной массой, решающее значение имеет не только его содержание, но и количество биомассы. Именно здесь проявляется комплексное преимущество сортов люпина. Так, лидер по сбору азота (сорт Аккорд) обеспечивает поступление 0,88 т/га азота. Это количество более чем в 2,5 раза превышает вклад гороха. Значительный сбор обусловлен как высоким содержанием азота, так и большой урожайностью зелёной массы.

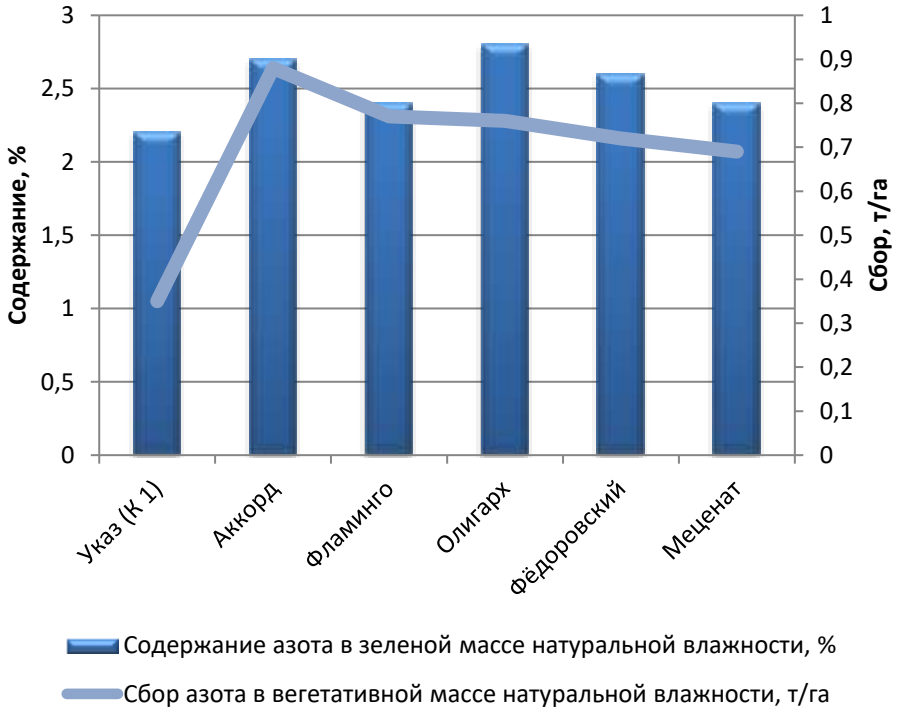


Рисунок 2. Содержание азота (%) в зеленой массе натуральной влажности сортов люпина узколистного и его сбор (т/га)

На втором месте находится Фламинго, у которого сбор азота при выращивании на зеленую массу может достигать 0,77 т/га. Он достигнут за счёт сочетания хорошей продуктивности и удовлетворительного содержания азота в массе. У Олигарха, несмотря на лидирующее содержание азота (2,8 %), общий выход ограничен уровнем зелёной массы. Его результат несколько ниже – 0,76 т/га. Тем не менее этот показатель остаётся значительно выше контроля. Сорта Фёдоровский и Меценат также обеспечивают существенный вклад в обогащение почвы азотом (0,72 и 0,69 т/га соответственно). Такие значения в 2,0-2,1 раза превышают уровень контроля.

Полученные данные подтверждают перспективность внедрения люпина узколистного в системы ротационных и сидеральных севооборотов как важного элемента регенеративного земледелия.

При использовании бобовых культур в качестве сидератов важное значение имеет также химический состав растительной массы, который определяет скорость её разложения в почве и влияние на почвенное плодородие в последствии. Содержание клетчатки является основным показателем, регулирующим темпы минерализации органического вещества (рисунок 3).

Контрольный сорт гороха посевного Указ характеризуется относительно низким содержанием клетчатки (23,6 %), что соответствует сбору 1,04 т/га. Такой уровень свидетельствует о высокой скорости разложения его фитомассы и обеспечивает быстрый доступ к азоту для последующих культур.

Все испытанные сорта люпина узколистного демонстрируют значительно более высокое содержание клетчатки (от 25,6 % у сорта Меценат до 33% у Фламинго). Соответственно увеличивается и сбор клетчатки (от 1,42 т/га у Мецената до 2,22 т/га у Фламинго). Наиболее высокий сбор клетчатки отмечен у Фламинго и Аккорда (2,22 и 1,9 т/га соответственно). Эти значения в 2,1-2,3 раза превышают контроль.

Рисунок 3. Содержание клетчатки в зеленой массе сортов люпина узколистного (%) и ее сбор (т/га)

Высокое содержание клетчатки указывает на то, что зелёная масса этих сортов будет разлагаться медленнее, чем у гороха. Во-первых, это приведет к замедлению минерализации, что обеспечит более долгосрочное и постепенное высвобождение азота. Во-вторых, повышенное количество клетчатки способствует формированию устойчивых гумусовых соединений. Они положительно влияют на структуру почвы, её водно-воздушный режим и биологическую активность. В-третьих, клетчатка служит источником энергии для почвенной микробиоты. Ее наличие создаёт благоприятные условия для развития полезных микроорганизмов.

Сорт Фламинго сочетает высокое содержание клетчатки (33 %) и высокую продуктивность, что делает его особенно ценным для целей длительного улучшения плодородия. Сорт Аккорд также отличается высоким сбором клетчатки (1,9 т/га). Он обеспечивает максимальный возврат азота и значительное количество трудноразлагаемого органического вещества. Сорта Олигарх и Фёдоровский занимают промежуточное положение, хотя уровень сбора клетчатки (1,55 и 1,75 т/га соответственно) указывает на то, что эти сорта вполне способны оказывать заметное структурообразующее действие.

Заключение. Все испытанные сорта узколистного люпина (Аккорд, Фламинго, Олигарх, Фёдоровский и Меценат) превзошли контрольный сорт гороха посевного (Указ) по урожайности зелёной массы. Лидерами оказались сорта Аккорд и Фламинго. Их урожайность превысила контроль более чем на 16 т/га. Это подтверждает высокую продуктивность люпина в условиях дерново-подзолистых почв Нечернозёмной зоны. Кроме того, свидетельствует о его конкурентоспособности как сидерата по сравнению с традиционными бобовыми культурами.

По показателю азотного потенциала люпин продемонстрировал значительное преимущество. Максимальный сбор азота с зелёной массой составил 0,88 т/га (сорт Аккорд). Это более чем в 2,5 раза превышает аналогичный показатель у гороха посевного. У других сортов люпина сбор азота также был в 2,0-2,2 раза выше по сравнению с контролем.

Важным аспектом сидерального действия является химический состав фитомассы, в особенности содержания клетчатки. У всех сортов люпина её содержание и суммарный сбор превосходили контроль в 1,4-2,3 раза. Особенно высокие значения отмечены у сортов Фламинго и Аккорд.

Таким образом, сорта узколистного люпина селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка» – филиал ФГБНУ ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха обладают комплексным

потенциалом в качестве сидератов. Они сочетают высокую урожайность зеленой массы, значительное содержание и сбор азота и благоприятное количество клетчатки. В условиях деградации почв и перехода к регенеративному земледелию эти сорта люпина могут служить эффективным инструментом восстановления плодородия.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Минина Н. Н., Хабибулина Х. Ш. Современные проблемы деградации почв // Интеграция мировой науки и техники: новые концепции и парадигмы : материалы II Международной научно-практической конференции. Ставрополь, 2023. С. 338-341.
2. Виноходова И. Г. Регенеративное сельское хозяйство – новый тренд аграрного сектора // Высокоэффективные научно-технологические разработки в области производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции (в рамках реализации программы "Приоритет – 2030") : сборник научных трудов по материалам IV международной научно-практической конференции. Махачкала, 2025. С. 96-102.
3. Абдусаламова Р. Р., Баламирзоева З. М. Деградация почв и её последствия // Вестник Социально-педагогического института. 2022. № 2 (42). С. 31-36.
4. O'Donoghue T., Minasny B., McBratney A. Regenerative Agriculture and Its Potential to Improve Farmscape Function. DOI: 10.3390/su14105815 // Sustainability. 2022. Vol. 14, № 10. P. 5815.
5. Роль зернобобовых и крупяных культур в развитии устойчивого земледелия / А. Д. Задорин, А. П. Исаев, В. М. Новиков, Селихов // Земледелие. 2012. № 5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-zernobobovyh-i-krupyanyh-kultur-v-razvitii-ustoychivogo-zemledeliya (дата обращения: 20.11.2025).
6. Зеленский Н. А., Зеленская Г. М., Авдеенко А. П. Роль бобовых культур в биологизации земледелия // Успехи современного естествознания. 2005. № 8. С. 52-53.
7. Коннова Л. В., Агеева П. А. Люпин как главный биологический потенциал юго-западного Нечерноземья // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2022. Т. 9. № 1. С. 51-58.
8. Лысенко О. Г. Люпин узколистный (Lupinus angustifolius L.) – сидеральная культура // Научные труды по агрономии. 2019. № 2 (2). С. 45-50.
9. Продуктивность люпина узколистного на дерново-подзолистой супесчаной почве / Т. М. Серая, Е. Г. Мезенцева, Е. Н. Богатырева [и др.] // Почвоведение и агрохимия. 2011. № 1 (46). С. 192-201.
10. Роль люпина в формировании плодородия почвы / П. А. Чекмарев, А. И. Артюхов, Н. П. Юмашев, Л. Л. Яговенко // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 10. С. 17-20.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 2. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / подгот.: М. А. Федин [и др.]. Москва : [б. и.], 1989. 194 с.
12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.

УДК 633.36:631.58

АГРОНОМИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И КОРМОВАЯ ЦЕННОСТЬ УЗКОЛИСТНОГО ЛЮПИНА СОРТА БЕЛОЗЕРНЫЙ 110 ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ОСУШЕННОЙ НИЗИННОЙ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЕ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Смирнова А. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент[1, 2]
Лыбенко Е. С., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент[1]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Вятский государственный агротехнологический университет», г. Киров, Россия
[2]Кировская лугоболотная опытная станция – филиал
Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса»,
г. Киров, Россия
E-mail: bolotoagro50@mail.ru

Аннотация

В условиях существующего дефицита белковых кормов в Нечерноземной зоне РФ перспективным направлением является выращивание адаптированных бобовых культур на осушенных торфяных почвах. В 2023 г. на старопахотной низинной торфяной почве осушенного торфомассива «Гадовский» проведен полевой опыт по возделыванию узколистного люпина (*Lupinus angustifolius* L.) сорта Белозерный 110. Несмотря на аномальные погодные условия (холодный и засушливый июнь, избыточное увлажнение в июле), урожайность зеленой массы составила 204,95 ц/га. Она в 2,6 раза превысила среднероссийский уровень по однолетним травам. Сбор сырого протеина достиг 267 кг/га. При снижении содержания сырого протеина (11,9 % в сухом веществе) и повышении клетчатки (34,5 %) у растений наблюдается характерный «углеводный» тип роста. Затраты энергии на 1 ц сырого протеина (8,8 ГДж) относятся к категории минимальных, что подтверждает высокую конкурентоспособность культуры при возделывании на низинных торфяных почвах.

Ключевые слова: узколистный люпин, осушенная низинная торфяная почва, урожайность зеленой массы, кормовая ценность, сырой протеин, агроэнергетическая эффективность, биологизация земледелия

AGRO-ECONOMIC PRODUCTIVITY AND FODDER VALUE OF THE NARROW-LEAVED LUPINE VARIETY BELOZERNY 110 IN CASE OF GROWING ON DRAINED LOW-LAND PEAT SOIL IN KIROV REGION

Smirnova A. V., candidate of agricultural sciences, associate professor[1,2]
Lybenko E. S., candidate of agricultural sciences, associate professor[1]
[1]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Vyatka State Agrotechnological University», Kirov, Russia
[2]Kirov lugobolotnaya experimental station – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution
«V. R. Williams Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology», Kirov, Russia
E-mail: bolotoagro50@mail.ru

Annotation

In the conditions of the existing protein feed shortage in the non-chernozem zone of the Russian Federation, the cultivation of adapted leguminous crops on drained peat soils is a promising direction. In 2023, a field experiment was conducted on the old-arable lowland peat soil of the drained peat massif "Gadovsky" to cultivate the narrow-leaved lupine (*Lupinus angustifolius* L.) of the variety Belozerny 110. Despite the abnormal weather conditions (cold and dry June, and excessive moisture in July), the yield of green mass was 204.95 centners per hectare. This is 2.6 times higher than the average Russian yield for annual grasses. The yield of crude protein reached 267 kilograms per hectare. With a decrease in the content of crude protein (11.9 % in dry matter) and an increase in fiber (34.5 %), the plants have a characteristic "carbohydrate" growth pattern. The energy consumption per 1 ton of crude protein (8.8 GJ) is among the lowest, which confirms the high competitiveness of this crop when grown on lowland peat soils.

Keywords: narrow-leaved lupine, drained lowland peat soil, green mass yield, fodder value, crude protein, agro-energy efficiency, biologization of agriculture

Введение. Кировская область относится к числу наиболее обеспеченных торфяными ресурсами территорий Волго-Вятского экономического региона. Общая площадь болот и заболоченных земель в регионе составляет около 500 тыс. га, из которых 57 % приходится на низинные торфяники. Такие участки после осушения являются перспективными для сельскохозяйственного освоения. В результате интенсивной торфодобычи в прошлом в Кировской области образовалось свыше 80 тыс. га выработанных торфяников, расположенных преимущественно вблизи сельских населенных пунктов и промышленных центров. Эти земли отличаются малой мощностью остаточного торфяного слоя (15-45 см). Однако при условии правильного агротехнологического сопровождения они обладают высоким потенциалом продуктивного использования [1, 2].

В то же время в условиях Нечерноземной зоны РФ сохраняется потребность в расширении кормовой базы животноводства [3, 4]. Традиционные культуры, возделываемые на минеральных почвах, не всегда обеспечивают достаточный выход продукции с оптимальным содержанием протеина. Особенно это проявляется в годы с неблагоприятными

погодными условиями, тогда как осушенные низинные торфяные почвы при оптимальном подборе адаптированных к ним культур обладают потенциалом для интеграции в систему устойчивого кормопроизводства.

Одной из перспективных культур для освоения подобных агроэкосистем является узколистный люпин (*Lupinus angustifolius* L.). Это растение семейства бобовых сочетает в себе высокое содержание протеина (как в зерне, так и в зеленой массе), способность к симбиотической азотфиксации и устойчивость к кислым почвам [5, 6]. Благодаря такому сочетанию особенностей люпин способен формировать урожай на малоплодородных почвах, а также улучшать их агрохимические характеристики, выступая в роли «зеленого удобрения» [7]. Такой подход соответствует тенденциям биологизированного земледелия.

Сорт Белозерный 110 выведен во Всероссийском научно-исследовательском институте люпина (филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»). Он относится к универсальному типу использования и рекомендован для возделывания в Центральном и Северо-Западном регионах РФ. Вегетативная масса и зерно этого сорта характеризуются низким содержанием алкалоидов (менее 0,07 %), что позволяет использовать его в кормовых целях. Но в научной литературе практически отсутствуют данные о продуктивности и кормовой ценности люпина при выращивании на осушенных низинных торфяных почвах.

В этих условиях изучение возможностей возделывания сорта Белозерный 110 на осушенных низинных торфяных почвах приобретает особую актуальность. Это будет способствовать расширению кормовой базы за счет включения в ее состав культуры люпина узколистного, возделываемого на органических почвах, и позволит увеличить степень биологизации земледелия.

Целью данного исследования являлась комплексная оценка агрономической продуктивности, кормового качества и агроэнергетической эффективности узколистного люпина (*Lupinus angustifolius* L.) сорта Белозерный 110 при возделывании на осушенных низинных торфяных почвах Кировской области в течение одного года.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Проанализировать влияние метеорологических условий 2023 года на динамику фаз развития и формирование урожая зеленой массы узколистного люпина.
2. Определить химический состав и кормовую ценность полученной продукции.
3. Оценить агроэнергетическую эффективность технологии возделывания культуры при выращивании на осушенных низинных торфяных почвах.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2023 году на территории Кировской лугоболотной опытной станции – филиала Федерального научного центра кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса (Оричевский район Кировской области).

Опыт проводили на осушенной низинной торфяной почве торфомассива «Гадовский». Мощность торфяного слоя достигала 1,5 м. По ботаническому составу торф относился к древесному и древесно-осоковому типу. Степень его разложения составляла 45-55 %. В пахотном слое зольность была на уровне 23 %, объемная масса – 0,250 г/см^3, а полная влагоемкость – 340-348 %. Почва имела слабокислую реакцию среды (pHсол = 5,55). Содержание общего азота в сухом веществе почвы – 2,23 %, подвижных форм фосфора – 230 мг/кг, обменного калия – 175 мг/кг.

В качестве объекта полевого опыта модельной культурой для оценки принципиальной возможности освоения осушенных низинных торфяных почв под белковые кормовые культуры в условиях Кировской области был выбран узколистный люпин сорта Белозерный 110.

Предшественником люпина был однолетний райграс. Под предпосевную культивацию в почву вносили минеральные удобрения в виде азофоски (16:16:16) в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$. Посев проводили 25 мая рядовым способом сеялкой. Норма высева составила 1,3 млн всхожих семян на 1 га. Площадь учетной делянки – 400 м^2, повторность – четырехкратная, размещение делянок – систематическое.

Учет урожайности зеленой массы проводили по общепринятым методикам [8, 9, 10]. Химический состав зеленой массы определяли в лаборатории Кировской ЛОС с использованием методов анализа: содержание азота по Кьельдалю, сырого протеина – в пересчете азота, сырой клетчатки – по методу Ганнеберга, сырого жира – по Рушковскому методом обезжиренного остатка, безазотистых экстрактивных веществ – расчетным путем, сырой золы – по методу сухого озоления. Обменную энергию рассчитывали на основе химического состава корма по нормативным коэффициентам переваримости питательных веществ.

Агроэнергетическую эффективность возделывания оценивали на основе расчетов совокупных энергозатрат и затрат труда и средств, связанных с выполнением всех агротехнических приемов – от основной обработки почвы до уборки урожая [10]. Для расчетов использовали нормативы энергосодержания и стоимости сельскохозяйственных ресурсов, принятые в Нечерноземной зоне РФ.

Результаты и обсуждение. Вегетационный период возделывания узколистного люпина сорта Белозерный 110 в 2023 году характеризовался значительными отклонениями от климатической нормы по сочетанию температурного режима и гидротермического баланса. Это оказало существенное влияние на формирование урожая и качество продукции.

Май 2023 года был теплее нормы (средняя температура 12,8 °С при среднем значении 10,7 °С). Сумма эффективных температур за месяц составила 391,3 °С, что на 60 % превысило многолетнюю норму. Посев люпина был проведен в третью декаду мая, поэтому заморозки в начале месяца не оказали на него воздействия. Осадки за месяц составили 53,2 мм, что близко к норме (58,4 мм). Однако их распределение было крайне неравномерным. Основная часть осадков выпала в первой декаде и в последней пятидневке месяца, а вторая декада была сухой.

Июнь 2023 года был заметно прохладнее (12,9 °С) при среднем многолетнем показателе 16,0 °С. Сумма эффективных температур за месяц составила 387,5 °С, что на 30 % ниже нормы. При этом в первой декаде месяца было тепло, но затем началось похолодание, и до середины третьей декады преобладала более прохладная погода. В особенно холодные периоды месяца (10-11 и 18-21 числа) среднесуточная температура воздуха была ниже 10 °С. Осадки за месяц составили всего 34,9 мм, что на 55 % ниже нормы (77,6 мм). Этот период совпал с фазой ветвления у люпина, и данные климатические условия вызвали стрессовые реакции у растений и замедлили процесс развития.

Погодные условия в июле 2023 года были более теплыми (18,0 °С) и находились в пределах среднего многолетнего значения, а сумма эффективных температур оказалась на 20 % выше нормы (559,1 °С). Такие условия способствовали нарастанию зеленой массы. Осадки за месяц составили 196 мм, что на 120 % выше нормы (88,8 мм), что свидетельствует о чрезмерном увлажнении. Особенно обильные дожди прошли в период с 7 по 11 и 29-30 июля, когда суточный максимум их достигал от 17 до 74 мм. К середине месяца люпин достиг фазы цветения. Переувлажнение отразилось на протекании данного этапа развития.

В августе отмечалась жаркая, засушливая погода, среднесуточная температура – 15,7 °С. Однако во второй половине месяца зафиксировано резкое снижение температуры. Ночные температурные минимумы опускались до 6-8 °С, что могло замедлить созревание семян. Сумма эффективных температур (479,7 °С) была на 10 % выше среднего. Осадки за месяц составили всего 19,6 мм. Такие условия позволили узколистному люпину завершить вегетацию, но не способствовали полному наливу семян впоследствии.

В ходе проведенных исследований в 2023 году на осушенных низинных торфяниках Кировской области была оценена урожайность зеленой массы узколистного люпина сорта Белозерный 110. Полученные данные свидетельствуют о высоком потенциале возделывания этого сорта в условиях региона.

Таблица 1. Урожайность зеленой массы натуральной влажности узколистного люпина Белозерный 110 при возделывании на осушенной торфяной почве, ц/га

Год	Повторность				Среднее
	I	II	III	IV	
2023	189,1	207,3	212	211,4	204,95±5,39

Средняя урожайность зеленой массы по четырем повторностям составила 204,95 ц/га при естественной влажности. Этот показатель свидетельствует о стабильной продуктивности. Стандартное отклонение не превышает 10,77 ц/га, а ошибка средней – 5,39 ц/га, что указывает на достоверность полученных результатов. Коэффициент вариации (V = 5,26 %) находится на уровне низкой изменчивости. Это говорит о хорошей воспроизводимости данных и однородности условий опыта.

Согласно литературным данным [11-14] на минеральных почвах урожайность зеленой массы узколистного люпина обычно колеблется в пределах 220-450 ц/га в зависимости от агроэкологических условий и уровня агротехники. Данные по урожайности этой культуры на торфяных почвах, особенно в условиях Северо-Востока России, ограничены.

Согласно статистическим данным среднероссийский уровень урожайности однолетних трав на зеленый корм в 2023 году составляет 78,6 ц/га. Урожайность люпина Белозерный 110 превысила этот показатель более чем в 2,6 раза. Это подтверждает принципиальную возможность использования осушенных торфяных почв для выращивания белковых кормовых культур в условиях Кировской области.

Таблица 2 содержит данные по биохимическому составу зеленой массы узколистного люпина сорта Белозерный 110, полученные при возделывании на осушенной торфяной почве Кировской области. Содержание сырого протеина (СП) в сухом веществе составляет 11,9 %. Установленное значение ниже нижнего предела, характерного для обычно регистрируемых показателей по литературным данным (18-23 %). Однако, даже при таком уровне СП люпин остается ценным источником растительного белка, особенно в сравнении со многими однолетними злаковыми травами, где содержание протеина обычно не превышает 3-4 % в натуральной влажности.

Таблица 2. Биохимические показатели качества зеленой массы люпина сорта Белозерный 110

Повторность	Содержание в 1 кг СВ, %					Содержание в 1 кг сухого вещества обменной энергии, МДж
	СП	СК	СЗ	СЖ	БЭВ	
Среднее	11,9	34,5	6,7	1,1	45,8	7,8
По литературным данным	18-23	16-30	6-8	2-4	34-45	–

Содержание сырой клетчатки (34,5 %) превышает верхнюю границу диапазона, характерного для литературных данных (16-30 %), и находится на повышенном уровне. Уборка люпина на зеленую массу была проведена в фазе зеленых бобов, поэтому высокое содержание СК нельзя объяснить поздней уборкой. Более обоснованной причиной в данном случае, возможно, является специфика условий выращивания на торфяной почве.

Осушенные торфяные почвы имеют высокое общее содержание органического азота, однако и в таких почвах существует недостаток его минеральных форм. Кроме того, отмечается дефицит микроэлементов, необходимых для эффективной симбиотической фиксации атмосферного азота (в первую очередь молибдена и кобальта). В таких условиях эксперимента можно предположить, что симбиоз с азотфиксирующими бактериями не сформировался в полной мере. Это привело к ограничению азотного питания и, как следствие, к снижению синтеза белка в надземной массе.

В то же время торфяные почвы обычно богаты углеродом и способствуют активному росту растений за счет хорошей влагоудерживающей способности и структуры. При достаточном поступлении света и тепла, но ограниченном количестве азота растения склонны к «углеводному» типу роста [17]. В этих условиях у них формируется значительная биомасса, в биохимическом составе которой преобладают структурные углеводы (целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин). Это отражается в повышенном содержании сырой клетчатки. Таким образом, наблюдаемый биохимический профиль (низкий СП и высокий СК) отражает не фенологическую, а агроэкологическую особенность. Вероятно, можно говорить о том, что на торфяных почвах отмечается некоторый дисбаланс питания растений люпина.

Показатели сырой золы (6,7 %) находятся в пределах нормы, что говорит об удовлетворительном минеральном питании. Сырого жира содержится меньше обычно наблюдаемых значений (1,1 %), что свидетельствует о пониженном метаболизме липидов. Высокое содержание безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ = 45,8 %) указывает на значительную долю легкоусвояемых углеводов. Это говорит о том, что растения находились в фазе интенсивного метаболизма. Сочетание высоких значений СК и БЭВ не противоречит друг другу. Зеленая масса люпина одновременно обладает и высокой объемностью (благодаря клетчатке), и энергетической ценностью (благодаря экстрактивным веществам). Для кормления жвачных животных это выгодное сочетание при условии сбалансированного рациона и достаточного уровня переваримого протеина.

Таблица 3 содержит данные по агроэнергетической эффективности возделывания узколистного люпина сорта Белозерный 110 на осушенных торфяных почвах в 2023 году. Культура демонстрирует высокую энергетическую отдачу при относительно умеренных затратах, что делает ее экономически и экологически привлекательной для выращивания на подобных землях.

Сбор обменной энергии (ОЭ) составил 17,5 ГДж/га – это показатель энергии, реально доступной для животных при использовании зеленой массы люпина в кормлении. Значение указывает на высокую энергетическую ценность полученной биомассы, что учитывается при формировании кормовой базы для жвачных животных. При этом сбор сырого протеина (СП) достиг 267 кг/га, что подтверждает высокий белковый потенциал культуры даже при неоптимальном уровне содержания протеина. В среднем по России сбор СП с зеленой массы посевов однолетних трав (урожайность 78,6 ц/га, СП 10-12 %) составляет примерно 150-180 кг/га. Люпин Белозерный 110 дает белка больше на 40-70 % с гектара, чем среднероссийская травяная смесь.

Таблица 3. Агроэнергетическая эффективность возделывания различных сельскохозяйственных культур на торфяной почве 2023 г.

Варианты	Сбор ОЭ, ГДж/га	Сбор СП, кг/га	Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Эффективность антропогенных затрат		
				АК, %	на 1 ГДж ОЭ, ГДж	на 1ц СП, ГДж
Люпин	17,5	267,0	23,5	74,5	1,3	8,8

Затраты совокупной энергии на производство продукции, включающие энергию, затраченную на семена, минеральные удобрения, топливо, работу техники, трудовые ресурсы и другие компоненты технологии возделывания, составили 23,5 ГДж/га. Общие энергозатраты соответствовали приемлемому уровню. Агроэнергетический коэффициент (АК) составил 74,5 %, то есть 0,745. Такое значение, согласно распространенной классификации, попадает в категорию «энергетически неэффективно». Это означает, что на каждые 100 ГДж затраченной антропогенной энергии растения накапливают лишь 74,5 ГДж обменной энергии, то есть 25,5 % вложенной энергии теряется безвозвратно. Ситуация отражает объективный

результат модельного опыта, проведенного в первый год посева узколистного люпина. Она является типичной при проведении научных исследований данного этапа.

Затраты на 1 ц СП, которые являются одним из ключевых критериев оценки эффективности производства белковой продукции в агроэнергетическом балансе, при возделывании люпина сорта Белозерный 110 составили 8,8 ГДж. Согласно общепринятой шкале [18] данный факт свидетельствует о том, что культура формирует белок с минимальными энергетическими издержками. Такой результат является значимым при выращивании люпина узколистного в условиях осушенных торфяных почв при ослабленной симбиотической фиксация азота.

Выводы

1. Урожайность зеленой массы узколистного люпина сорта Белозерный 110 составила 204,95 ц/га – в 2,6 раза выше среднероссийского показателя по однолетним травам (78,6 ц/га в 2023 г.), что свидетельствует о высоком потенциале продуктивности данной культуры на осушенных низинных торфяных почвах Кировской области. Низкий коэффициент вариации данных по повторностям (V = 5,26 %) подтверждает устойчивость результата.

2. Формирование урожая существенно зависело от метеорологических условий. Холодный и засушливый июнь (Tср. = 12,9 °C, осадки 55 % от нормы) вызвал стресс в фазу ветвления, тогда как избыточное увлажнение в июле (+120 % от нормы) осложнило цветение, а августовская засуха ограничила налив семян. Это свидетельствует о необходимости адаптивного регулирования сроков посева и агротехнологий под региональные климатические риски.

3. Кормовая ценность полученной зеленой массы характеризуется нестандартным биохимическим профилем. Несмотря на пониженное содержание сырого протеина (11,9 % в СВ), сбор сырого протеина с гектара достиг 267 кг, что на 40-70 % выше, чем у среднероссийских травяных смесей. Высокое содержание сырой клетчатки (34,5 %) и безазотистых экстрактивных веществ (45,8 %) свидетельствует об «углеводном» типе роста. Он был обусловлен дисбалансом азотного питания на фоне богатого органическим веществом субстрата и, вероятно, недостаточной эффективностью симбиотической азотфиксации. Данный факт указывает на необходимость внесения микроэлементов (Mo, Co) для оптимизации симбиоза.

4. Агроэнергетический анализ показал, что на 1 га посевов затрачено 23,5 ГДж энергии, при этом получено 17,5 ГДж обменной энергии и 267 кг сырого протеина. Коэффициент энергетической эффективности составил 74,5 %, в связи с чем данная технология может быть отнесена к категории «энергетически неэффективных». Такая оценка характерна для первого года возделывания новой культуры в условиях научного опыта. При этом затраты на производство 1 ц сырого протеина составили 8,8 ГДж, что свидетельствует о высокой экономической целесообразности использования узколистного люпина в качестве белкового компонента кормовой базы.

Таким образом, узколистный люпин сорта Белозерный 110, возделываемый на торфяных почвах, может рассматриваться как важный элемент биологизации земледелия и расширения кормовой базы в условиях Нечерноземной зоны. Тем не менее требуется коррекция агрохимического режима (особенно внесения микроэлементов) и адаптация технологий к гидротермическим особенностям торфяных почв.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ковшова В. Н. Эффективные технологии использования выработанных торфяных почв Кировской области в кормопроизводстве // Вестник Вятской ГСХА. 2021. № 2 (8). С. 45-52. URL:https://v-vgsha.info/wp-content/uploads/journal/2021/2/N2_2021_kovshova_ispTorfpochv.pdf (дата обращения: 11.11.2025).

2. Уланов А. Н. Использование торфяных ресурсов Кировской области // Рациональное использование торфяных месторождений : материалы международной научно-практической конференции. Киров, 2008. С. 42-48.
3. Кормопроизводство нечерноземной зоны: состояние и перспективы развития / А. С. Шпаков, А. А. Кутузова, Д. М. Тебердиев, В. Т. Воловик. DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2020-4-6-20 // Адаптивное кормопроизводство. 2020. № 4. С. 6-20. EDN YTEQWN.
4. Кутузова А. А. Научное обеспечение лугового кормопроизводства России. DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2022-3-14-24 // Адаптивное кормопроизводство. 2022. № 3. С. 14-24. EDN ZHDIHN.
5. Трофимов И. Т., Ступина Л. А. Отношение сельскохозяйственных культур к почвенной кислотности и повышения их продуктивности // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2006. №. 2. С. 20-24.
6. Агеева П. А., Почутина Н. А., Матюхина М. В. Люпин узколистный – источник ценных питательных веществ для использования в кормопроизводстве // Кормопроизводство. 2020. № 10. С. 29-33. EDN NBXRDL.
7. Лысенко О. Г. Люпин узколистный (*Lupinus angustifolius* L.) – сидеральная культура // Научные труды по агрономии. 2019. № 2 (2). С. 45-50. EDN MEDBZA.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. Москва, 1989. 197 с.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
10. Методическое пособие по агроэнергетической и экономической оценке технологий и систем кормопроизводства. Москва : Россельхозакадемия, 1995. 175 с.
11. Милехина Н. В., Мишукова В. В. Сравнительная оценка сортов люпина узколистного по основным признакам, обеспечивающим урожайность зеленой массы // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК : материалы XVI международной научной конференции. Брянск, 2019. С. 504-511.
12. Накопление тяжелых металлов и радионуклидов в зеленой массе люпина узколистного при использовании средств химизации / Г. П. Малявко, Н. М. Белоус, В. Ф. Шаповалов, П. Ю. Лищенко // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 11. С. 21-23. EDN RKNBYT.
13. Резвякова С. В., Гурин А. Г. Влияние стартовых доз азотных удобрений на урожайность люпина узколистного на серой лесной почве // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 1 (17). С. 108-113.
14. Харкевич Л. П., Шаповалов В. Ф., Анишина Ю. А. Урожай и качество зеленой массы люпина в зависимости от применяемых систем удобрения // Плодородие. 2011. № 1. С. 7-8.
15. Матюхина М. В., Агеева П. А., Почутина Н. А. Оценка селекционного материала люпина узколистного по признакам тонкокожурности и биохимическим показателям // СССК. 2021. № 1-2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-selektsionnogo-materiala-lyupina-uzkolistnogo-po-priznakam-tonkokozhurnosti-i-biohimicheskim-pokazatelyam (дата обращения: 01.11.2025).
16. Panasiewicz K. Chemical composition of lupin (*Lupinus* spp.) as influenced by variety and tillage system // Agriculture. 2022. V. 12, № 2. URL : https://www.mdpi.com/2077-0472/12/2/263 (дата обращения: 06.11.25).
17. Агрохимия биогенных элементов : учебное пособие / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, И. А. Лебедовский, М. А. Осипов. Краснодар : КубГАУ, 2020. 223 с.
18. Справочник по кормопроизводству // ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (ранее ФГБНУ «ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса») : сайт. URL : https://www.vniikormov.ru/spravochnik-po-kormoproizvodstvy/spravochnik-po-kormoproizvodstvy-01.php (дата обращения: 06.11.25).

УДК 635.64:631.52 ; 635.64.044

ОЦЕНКА ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ КРУПНОПЛОДНОЙ ГРУППЫ ТОМАТА (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Шиляева Е. А., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник[1]
Руфина И. В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник[1]
Черемисинов М. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент[2]
Лыбенко Е. С., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент[2]
Такшеева П. А., студентка 4 курса[2]
[1]Лаборатория селекции и семеноводства овощных культур для условий Северо-Восточной зоны России ФГБНУ ВНИИО филиал ФНЦО, г. Киров, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный агротехнологический университет», г. Киров, Россия
E-mail: cheremisinov.mv@yandex.ru

Аннотация

В условиях короткого вегетационного периода и низкой инсоляции Кировской области (Нечерноземная зона РФ) выращивание томата в защищенном грунте требует отбора генотипов, которые сочетают скороспелость, урожайность и высокое качество плодов. В 2024 г. в необогреваемых поликарбонатных теплицах проведена сравнительная оценка четырех перспективных индетерминантных гетерозисных гибридов F_1 крупноплодной группы (VS 44-23 F_1, ГН 54/19 F_1, ГН 6/21 F_1, ГН 45/20 F_1). В качестве контроля выступил гибрид F_1 Коралловый риф. Установлено, что гибрид ГН 54/19 F_1 (1 группа скороспелости, 94 дня) достоверно превосходит контроль по общей урожайности (10,9 кг/м^2), обладает крупными плодами (156 г) и демонстрирует высокое качество по органолептической оценке (4,7 балла). Этот образец является наиболее адаптированным к местным условиям. Гибрид VS 44-23 F_1 выделяется максимальной массой плода (183 г) и содержанием сахаров (4,5 Brix %). Однако он демонстрирует снижение урожайности на 35 %. Его выращивание целесообразно для премиум-сегмента при дополнительной интенсификации технологий. Результаты позволяют рекомендовать ГН 54/19 F_1 для широкого внедрения в промышленное тепличное производство региона.

Ключевые слова: томат, гибриды F1, защищенный грунт, скороспелость, урожайность, содержание сахаров, Кировская область, Нечерноземная зона

ASSESSMENT OF ECONOMICALLY VALUABLE FEATURES OF THE LARGE-FRUIT TOMATO GROUP (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) IN THE CONDITIONS OF PROTECTED SOIL OF KIROV REGION

Shilyaeva E. A., candidate of agricultural sciences, senior research officer[1]
Rufina I. V., candidate of agricultural sciences, senior research officer[1]
Cheremisinov M. V., candidate of agricultural sciences, associate professor[2]
Lybenko E. S., candidate of agricultural sciences, associate professor[2]
Taksheeva P. A., fourth-year student[2]
[1]Laboratory of Vegetable Crop Breeding and Seed Production for the Conditions of the Northeastern Zone of Russia, branch of FSCO, Kirov, Russia
[2]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vyatka State Agrotechnological University», Kirov, Russia
E-mail: cheremisinov.mv@yandex.ru

Annotation

In the conditions of a short growing season and low insolation in Kirov region (non-chernozem zone of the Russian Federation), tomato cultivation in protected soil requires the selection of genotypes that combine early ripeness, yield and high fruit quality. In 2024, the comparative assessment of four promising indeterminate heterotic F_1 hybrids of the large-fruit group (VS 44-23 F_1, GN 54/19 F_1, GN 6/21 F_1, GN 45/20 F_1) was carried out. These hybrids were grown in unheated polycarbonate greenhouses. The hybrid F_1 Coral Reef acted as a control one. It was found out that the hybrid GN 54/19 F_1 (group 1 of the early ripeness, 94 days) significantly exceeds the control one in total yield (10.9 kg/m^2), has large fruits (156 g) and demonstrates high quality according to organoleptic evaluation (4.7 points). This sample is the most adapted to local conditions. The VS 44-23 F_1 hybrid is distinguished by its maximum fruit weight (183 g) and sugar content (4.5 Brix %). However, it shows the 35 % decrease in the yield. Its cultivation is advisable for the premium segment with additional technology intensification. The results allow us to recommend GN 54/19 F_1 for widespread introduction into industrial greenhouse production in the region.

Keywords: tomato, F1 hybrids, protected soil, early ripeness, yield, sugar content, Kirov region, non-chernozem zone

Введение. В условиях умеренно-континентального климата Кировской области выращивание томата в открытом грунте остается рискованным. Для нашей области характерен короткий безморозный период, неустойчивая весенняя погода и частые понижения температуры в июне-июле [1]. Такое сочетание особенностей не позволяет получить стабильный урожай товарной продукции, особенно у позднеспелых и крупноплодных форм. Поэтому защищенный грунт становится не просто альтернативой, а основой для обеспечения региона качественным томатом в течение всего года [2, 3].

Переход на промышленные технологии ставит перед производителями новые задачи. В современных условиях очень важно, чтобы получаемая продукция была конкурентоспособной с точки зрения себестоимости, логистики и прежде всего качества [4, 5,

6]. Рынок все чаще запрашивает крупноплодные плоды (массой 150-250 г и более), характеризующиеся плотностью, ровной окраской, хорошей лежкостью и насыщенным вкусом. Такие томаты пользуются спросом на рынке свежей продукции. Они находят свое применение в сегменте премиальных фасованных овощей для розничной торговли, а также у предприятий общественного питания и производителей свежих овощных полуфабрикатов (HORECA и food-service). В то же время именно крупноплодные генотипы наиболее чувствительны к условиям выращивания. При недостатке света или неравномерном увлажнении у них легко возникает неоднородность плодов, растрескивание, снижается содержание сухих веществ [7].

Селекционный прогресс в этой ситуации опирается, главным образом, на гетерозисные гибриды первого поколения (F_1) [8, 9, 10]. Они сочетают высокую продуктивность и генетическую однородность. Кроме того, такие сорта устойчивы к основным болезням и обладают способностью стабильно проявлять заданные признаки даже при колебаниях внешней среды [11].

Однако селекционный потенциал гибридов реализуется в полной мере лишь при условии их адаптации к конкретным агроклиматическим и технологическим условиям. Многие зарубежные и даже отечественные гибриды, демонстрирующие высокие результаты в южных или центральных регионах России, в условиях Нечерноземной зоны существенно снижают продуктивность и качество плодов.

В условиях защищенного грунта выбор гибрида определяет не только потенциал урожайности, но и стабильность проявления качественных характеристик продукции. Однако эффективность гетерозисных гибридов F_1 в значительной мере зависит от конкретных условий выращивания. Вследствие этого гибриды, проявляющие высокую продуктивность в других регионах или в иных типах сооружений, могут давать разные результаты при выращивании в условиях Кировской области.

Поэтому для обоснованного отбора перспективных форм необходима не только оценка по урожайности, но и анализ хозяйственно ценных признаков. Сочетание этих параметров определяет товарную ценность продукции, ее соответствие требованиям современного рынка.

Цель исследования – провести комплексную сортовую оценку перспективных индетерминантных гетерозисных гибридов томата F_1 крупноплодной группы в условиях необогреваемых поликарбонатных теплиц Кировской области.

Задачи исследования:

1. Оценить гибриды по фенологическим параметрам (группа скороспелости, продолжительность вегетационного периода).
2. Провести сравнительный анализ по морфометрическим (масса плода), биохимическим (содержание сухих веществ, сахаров в °Brix) и органолептическим (дегустационная оценка) признакам.
3. Определить урожайность (раннюю и общую) и выявить генотипы, обеспечивающие максимальную отдачу в условиях короткого лета и низкой инсоляции.
4. На основе многомерной оценки выделить наиболее перспективные гибриды для дальнейшего испытания и внедрения в производство.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2024 г. в селекционно-семеноводческом центре, лаборатории селекции и семеноводства овощных культур для условий северо-восточной зоны России (г. Киров). Объектом служили индетерминантные гетерозисные гибриды F_1 крупноплодной группы томата (*Solanum lycopersicum* L.), отобранные на этапе селекционного испытания:

Коралловый риф F_1 – гибрид, принятый в качестве контроля;
VS 44-23 F_1;
ГН 54/19 F_1;
ГН 6/21 F_1;
ГН 45/20 F_1.

Опыт был заложен по однофакторной схеме (фактор – генотип) в условиях необогреваемых поликарбонатных теплиц. Для обеспечения репрезентативности и статистической достоверности использовали рандомизированное размещение вариантов в трех повторностях. Площадь учетной делянки составила 6 м^2 (12 растений), охранная зона вокруг – 1,5 м. Общая площадь опыта – 90 м^2.

Рассаду выращивали в обогреваемой зимней теплице. Семена высевали 11 марта в рассадные ящики. Пикировку в индивидуальные пластиковые горшочки объемом 0,8 л (9 × 9 см) проводили 26 марта в фазе 1-2 настоящих листьев. В качестве субстрата использовали торфяную смесь, обогащенную NPK-удобрениями в соотношении, соответствующем требованиям к начальному развитию томата (200-250 мг N, 150-200 мг P_2O_5 и 250-300 мг K_2O на 1 кг субстрата). pH субстрата поддерживали в диапазоне 6,2-6,5.

Высадку в защищенный грунт осуществляли 14 июня, в фазе первой цветочной кисти (5-6 настоящих листьев, высота растений – 25-30 см). Посадку проводили по схеме 90 + 50 × 40 см, что соответствует загущению 2,8 раст./м^2. Перед посадкой лунки поливали теплой водой (≈1 л на растение) и вносили комплексное минеральное удобрение ($N_{20}P_{20}K_{20}$ – 15 г на лунку). Подвязку к вертикальной опоре выполняли свободной петлей через 3-4 дня после посадки (после завершения фазы укоренения) [11, 12, 13].

В течение вегетации применяли типовой для интенсивной технологии уход:

– пасынкование – еженедельно (вручную, с оставлением пасынков длиной не более 3-5 см);

– удаление листьев – по мере созревания плодов в нижних кистях (удаляли по 1-2 листа в неделю);

– полив – капельный (нормы и частота регулировались по влажности субстрата – 70-80 % полевой влагоемкости);

– подкормки – 1 раз в 10-14 дней, с учетом фенофаз.

Растения формировали в 1-2 стебля, оставляя при этом 5-6 плодовых кистей. На всех вариантах 1 августа провели прищипку точек роста, оставив один лист над верхней кистью с плодами размером с грецкий орех (≈2,5-3,0 см в диаметре). Это обеспечивало завершение формирования урожая до конца оборота.

Оборот завершили 21 сентября. Учет урожая проводили раздельно по сборам: первый сбор – 21 августа (ранняя урожайность), второй сбор – 20 сентября (основная + поздняя фракция).

Результаты исследования. В ходе исследований проведена комплексная оценка пяти гетерозисных гибридов F_1 крупноплодной группы томата по ряду ключевых показателей, определяющих их потенциал для промышленного выращивания в условиях защищенного грунта Кировской области (таблица 1).

Все изучаемые гибриды относятся к индетерминантному типу роста, что позволяет эффективно использовать вертикальное пространство теплицы и формировать высокую продуктивность на единицу площади.

Таблица 1. Характеристика гибридов томата по хозяйственно ценным признакам

Вариант	Тип растения	Группа скороспелости	Масса плода, г	Содержание сахара, Brix %	Дегустационная оценка, балл
Коралловый риф F_1 (к)	индет.	3	170	3,4	4,9
VS 44-23 F1	индет.	3	183	4,5	4,8
ГН 54/19 F1	индет.	1	156	3,6	4,7
ГН 6/21 F1	индет.	3	165	4,4	4,4
ГН 45/20F1	индет.	2	117	5,0	4,6

По уровню скороспелости все изученные гибриды были распределены на три группы:

- 1 группа (90-95 суток). К ней отнесен гибрид ГН 54/19 F_1 (94 суток);
- 2 группа (96-100 суток). В нее попал гибрид ГН 45/20 F_1 (98 суток);
- 3 группа (>100 суток). Она включает гибрид F_1 Коралловый риф, гибриды VS 44-23 F_1 и ГН 6/21 F_1 (102-105 суток).

Такое распределение характеризуется существенным разбросом по продолжительности вегетационного периода, который составляет более 10 суток между крайними границами групп. Это имеет принципиальное значение в условиях короткого лета Кировской области. В частности, гибрид ГН 54/19 F_1, относящийся к 1 группе, способен завершить формирование урожая на 8-11 дней раньше, чем гибриды 3 группы. Это свидетельствует о его адаптационных преимуществах в годы с прохладным и затяжным летом.

Масса плода – один из главных критериев при оценке крупноплодных форм. По этому показателю лидирует гибрид VS 44-23 F_1 с массой плода 183 г, что на 7,6 % превышает контрольный вариант (Коралловый риф F_1 – 170 г). На втором месте находятся гибрид ГН 6/21 F_1 (165 г) и ГН 54/19 F_1 (156 г). Они уступают контролю, но остаются в пределах крупноплодной группы (≥150 г). Наименьшую массу плода продемонстрировал ГН 45/20 F_1 (117 г), что соответствует среднеплодной категории. Этот факт следует учитывать при целевом использовании гибрида. Возможно, он более пригоден для получения большего количества плодов меньшего размера, чем для производства товара премиум-класса.

Особого внимания заслуживает содержание сахаров, выражаемое в градусах Брикса (°Brix). Именно этот показатель напрямую влияет на вкусовые качества плодов и их конкурентоспособность на рынке. Здесь наиболее значимые результаты показали гибриды ГН 45/20 F_1 (5,0 Brix %) и VS 44-23 F_1 (4,5 Brix %). Уровень сахара в этих гибридах значительно превышает контрольный вариант (3,4 Brix %) на 47 и 32 % соответственно. Данные генотипы характеризуются высоким потенциалом для производства томатов с насыщенным вкусом в условиях, где световой режим может ограничивать накопление сахаров. Гибрид ГН 6/21 F_1 также демонстрирует хороший уровень – 4,4 Brix %. Гибрид ГН 54/19 F_1 и контрольный вариант Коралловый риф F_1 находятся на уровне 3,6 и 3,4 Brix %, который соответствует среднему значению для промышленных сортов и гибридов.

Дегустационная оценка – это субъективный, но важный показатель, который отражает восприятие плодов потребителем. Максимальную оценку (4,9 балла) получил контрольный вариант Коралловый риф F_1. На втором месте находится VS 44-23 F_1 (4,8 балла), что подтверждает его высокое качество не только по физическим, но и по органолептическим параметрам. Интересно, что, несмотря на малую массу плода, гибрид ГН 45/20 F_1 получил высокую оценку (4,6 балла), которая была обусловлена высоким содержанием сахаров и плотностью мякоти. У гибрида ГН 6/21 F_1 по результатам дегустационной оценки 4,4 балла. Его плоды обладают менее выраженной сладостью и текстурой плода.

Таблица 2. Урожайность гибридов томата в поликарбонатной теплице

Вариант	Ранняя урожайность, кг/м^2	± к контролю	Общая урожайность, кг/м^2	± к контролю
Коралловый риф F_1 (к)	3,7	-	10,6	-
VS 44-23 F_1	3,7	0,0	6,9	-3,7
ГН 54/19 F_1	4,0	+0,3	10,9	+0,3
ГН 6/21 F_1	4,1	+0,4	7,9	-2,7
ГН 45/20F_1	2,7	-1,0	5,8	-4,8
$НСР_{05}$		0,4		0,4

Урожайность является основным критерием при оценке эффективности гибрида в промышленном производстве (таблица 2). Контрольный вариант Коралловый риф F_1

продемонстрировал раннюю урожайность 3,7 кг/м^2 и общую урожайность 10,6 кг/м^2. По результатам первого сбора лидируют гибриды ГН 6/21 F_1 (4,1 кг/м^2) и ГН 54/19 F_1 (4,0 кг/м^2). Их значения на 0,4 и на 0,3 кг/м^2 соответственно выше контроля.

Гибрид VS 44-23 F_1 по ранней урожайности оказался на уровне контроля (3,7 кг/м^2), что говорит о схожей скорости развития в первой половине вегетации. Гибрид ГН 45/20 F_1, напротив, демонстрирует значительно более низкую раннюю урожайность (2,7 кг/м^2, что на 1,0 кг/м^2 ниже контроля). Такое снижение связано с меньшей массой плода и с более медленным развитием растения в начальный период.

Наиболее высокая общая урожайность (10,9 кг/м^2) отмечена у гибрида ГН 54/19 F_1 (на 0,3 кг/м^2 выше контроля). Этот гибрид – единственный из всех испытуемых, который превзошел контроль по суммарной продуктивности.

Контрольный вариант Коралловый риф F_1 сохранил стабильно высокий уровень продуктивности (10,6 кг/м^2). Остальные гибриды продемонстрировали его снижение относительно контроля: ГН 6/21 F_1 на 2,7 кг/м^2), VS 44-23 F_1 на 3,7 кг/м^2, ГН 45/20 F_1 на 4,8 кг/м^2. При этом снижение урожайности у гибридов VS 44-23 F_1 и ГН 45/20 F_1 выражено достаточно сильно – более чем на 3 кг/м^2 (соответствует потере около 30 % от уровня контроля). Такие потери могут быть экономически неприемлемы для промышленного производства, особенно если не компенсируются другими преимуществами.

Результаты, представленные в таблицах 1 и 2, свидетельствуют о том, что ни один из изученных гибридов не демонстрирует абсолютного превосходства по всем оцениваемым параметрам. Соответственно существует необходимость применения интегрального подхода к их оценке. В условиях ограниченного вегетационного периода и низкой инсоляции, характерных для Кировской области, приоритетными критериями отбора выступают высокая общая урожайность, ранняя отдача урожая, а также способность сохранять качество плодов в таких условиях.

Гибрид ГН 54/19 F_1 выделяется как наиболее сбалансированный: он относится к первой группе скороспелости (94 дня). Он может обеспечить завершение формирования урожая на 8-11 суток раньше гибридов 3 группы. Его общая урожайность (10,9 кг/м^2) достоверно превышает контрольный гибрид Коралловый риф F_1, плоды относятся к группе крупноплодных. Дегустационная оценка (4,7 балла) подтверждает хорошее потребительское качество. Сочетание этих признаков позволяет рассматривать ГН 54/19 F_1 как перспективный генотип для стабильного промышленного производства в условиях необогреваемого защищенного грунта региона.

Гибрид VS 44-23 F_1 продемонстрировал снижение общей урожайности на 35 % относительно контроля. Однако плоды этого варианта отличаются максимальной массой (183 г), высоким содержанием сахаров (4,5 Brix %) и высоким уровнем дегустационной оценки (4,8 балла). Его применение целесообразно при наличии дополнительных мероприятий по поддержанию светового и температурного режима.

Гибрид ГН 45/20 F_1 обладает рекордным содержанием сахаров (5,0 Brix %) и высокой дегустационной оценкой (4,6 балла). Но его плоды некрупные (117 г). По этой причине он демонстрирует низкую общую продуктивность (5,8 кг/м^2). Это делает его малопригодным для производства крупноплодного томата, но потенциально интересным для выращивания в качестве сорта салатного направления или в качестве донора признаков качества в селекционных программах.

Заключение. Проведенное исследование позволило осуществить комплексную оценку перспективных индетерминантных гетерозисных гибридов томата F_1 крупноплодной группы в условиях необогреваемых поликарбонатных теплиц Кировской области. В соответствии с поставленной целью и решенными задачами можно сделать следующие выводы.

1. Фенологическая адаптация является ключевым фактором продуктивности в условиях ограниченного вегетационного периода. Гибрид ГН 54/19 F_1 относится к первой группе

скороспелости (94 дня) и завершает формирование урожая на 8-11 суток раньше позднеспелых аналогов.

2. По совокупности морфологических и качественных признаков гибрид VS 44-23 F_1 продемонстрировал наивысшие значения массы плода (183 г), содержания сахаров (4,5°Brix) и дегустационной оценки (4,8 балла). Это свидетельствует о его высоком потенциале в качестве премиум-ассортимента. Однако его низкая общая урожайность (6,9 кг/м^2) указывает на необходимость применения дополнительных мероприятий по регулированию микроклимата.
3. Урожайность и стабильность в наибольшей степени свойственна для гибрида ГН 54/19 F_1. Он превосходит контрольный гибрид Коралловый риф F_1 по общей урожайности (10,9 кг/м^2). Для этого варианта характерно сочетание ранней отдачи урожая и сохранение товарных признаков (масса плода 156 г, дегустационная оценка 4,7 балла). Это подтверждает его высокий адаптационный потенциал в условиях умеренно-континентального климата.
4. Многокритериальная оценка показала, что ни один из гибридов не является универсальным лидером. Гибрид ГН 45/20 F_1 обладает рекордным содержанием сахаров (5,0 Brix %), но ограничен по массе плода (117 г) и продуктивности (5,8 кг/м^2). Он потенциально может использоваться в селекции как донор качества или в производстве салатного томата. Гибрид ГН 6/21 F_1 отличается хорошей ранней отдачей, но демонстрирует снижение общей урожайности на 25 %.

Таким образом, наиболее перспективным гибридом для широкого внедрения в промышленное тепличное производство Кировской области является ГН 54/19 F_1. Отличается сбалансированным сочетанием скороспелости, урожайности и качества.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Современные изменения климатических условий и ресурсов Кировской области / Ю. П. Переведенцев, М. З. Шаймарданов, М. О. Френкель [и др.]. Казань : Казан. Гос. ун-т, 2010. 242 с.
2. Енгалычев Д. И., Меньших А. М., Енгалычева Н. А. Применение капельного орошения и минеральных удобрений при выращивании томата в условиях Нечерноземной зоны // Орошаемое земледелие. 2017. № 4. С. 15-16. EDN NSHIDZ.
3. Солдатенко А. В., Пышная О. Н. Роль селекции овощных культур и современных исследований в продовольственной стабильности // Овощи России. 2018. № 5. С. 5-8.
4. Дубовицкий А. А., Климентова Э. А., Неуймин Д. С. Совершенствование рынка овощей защищенного грунта на основе повышения эффективности их производства // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 1 (9). С. 86-92.
5. Неуймин Д. С. Актуальные вопросы развития рынка овощей защищенного грунта // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2015. № 4 (8). С. 107-114.
6. Зыков С. А. Актуальные вопросы развития рынка овощей защищенного грунта // АгроФорум. 2019. № 3. С. 58-61.
7. Руфина И. В., Макарова Е. Л. Гибриды овощных культур, пригодные для выращивания в поликарбонатной теплице второй световой зоны // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве : материалы V Международной научно-практической конференции. Киров, 2019. С. 117-119. EDN ZBGWWL.
8. Селекция томата. Проблемы, направления, результаты / Т. А. Терешонкова, Н. Ф. Тенькова, А. А. Егорова [и др.] // Картофель и овощи. 2022. № 8. С. 36-40.
9. Карпухин М. Ю., Юрина А. В., Чусовитина К. А. Селекция, семеноводство и особенности выращивания индетерминантных гетерозисных гибридов томата (Solanum lycopersicum)

в условиях тепличной малообъемной гидропоники : научно-практические рекомендации : рекомендовано Научно-техническим советом Уральского государственного аграрного университета (протокол № 01/20 от 29.01.2020). Екатеринбург : Уральский государственный аграрный университет, 2020. 44 с. ISBN 978-5-87203-435-3. EDN SGPNAK.
10. Нурматов Н. Ж., Жумаев Э. А. Использование гетерозиса в селекции томата на скороспелость // Овощи России. 2018. № 4. С. 36-38.
11. Пивоваров В. Ф., Гуркина Л. К. Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур – флагман российской селекции овощных культур // Овощи России. 2008. № 1-2 (1-2). С. 11-19. EDN OYCKCH.
12. Методические указания по селекции сортов и гибридов томата и перца для открытого и защищенного грунта. Москва : ВАСХНИЛ, ВНИИССОК, 1983. 126 с.
13. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / В. Ф. Белик [и др.] ; под ред. В. Ф. Белика. Москва : Агропромиздат, 1992. 318 с.
14. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. Москва : ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 2011. 648 с.

УДК 636.2:619.616.99

ОЦЕНКА БИОХИМИЧЕСКОГО СТАТУСА ТЕЛЯТ ПОСЛЕ ХИМИОТЕРАПИИ ЭЙМЕРИОЗА

Елсукова В. А.
Скорнякова О. О., кандидат ветеринарных наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Вятский государственный агротехнический университет», г. Киров, Россия
E-mail: olymur@yandex.ru

Аннотация

В статье приведены результаты научно-хозяйственного опыта по оценке влияния препаратов Эйметерм суспензия 5 % и Тилозин 200 на биохимические показатели крови телят при спонтанной эймериозной инвазии. По результатам копроскопии у телят в возрасте 2-2,5 месяца обнаружены ооцисты эймерий вида *Eimeria bovis, Eimeria ellipsoidalis* и *Eimeria zuernii*. Экстенсивность инвазии телят эймериями вида *E. bovis* составила 100 %. Результаты исследований показали 100 %-ю лечебную эффективность изучаемых препаратов. При биохимическом анализе сыворотки крови телят после применения препаратов Эйметерм 5 % и Тилозин 200 показатель глобулина в опытных группах вырос на 5,5 и 4,1 %. Показатели АЛТ и АСТ в опытных группах выросли в 2 и 1,5 раза соответственно и значительно превысили значения контрольной группы. При анализе углеводного и общего минерального обмена отрицательной динамики не выявлено. Изучаемые препараты не оказали отрицательного действия на динамику основных показателей белкового, углеводного и минерального обмена, но оказали влияние на рост активности печёночных ферментов.

Ключевые слова: телята, эймериоз, Эйметерм суспензия 5 %, Тилозин 200, биохимические показатели крови

ASSESSING THE CALVES` BIOCHEMICAL STATUS AFTER CHEMOTHERAPY FOR EIMERIOSIS

Yelsukova V. A.
Skornyakova O. O., candidate of veterinary sciences, associate professor
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Vyatka State Agrotechnological University», Kirov, Russia
E-mail: olymur@yandex.ru

Annotation

This article presents the experiment results on the effect of the drugs Eimeterm suspension 5 % and Tylosin 200 on the biochemical parameters of the blood of calves with spontaneous eimeria invasion. According to the results of coproscopy, oocysts of *Eimeria bovis, Eimeria ellipsoidalis* and *Eimeria zuernii* were found in the calves aged 2-2.5 months. The calves` invasion extensity by *E. bovis* eimeria species was 100 %. The research results showed 100 % therapeutic efficiency of the studied drugs. In the biochemical analysis of the calves` blood serum, after using Eimeterm 5 % and Tylosin 200, the globulin level in the experimental groups increased by 5.5 and 4.1 %,

respectively. ALT and AST levels in the experimental groups increased by 2 and 1.5 times, respectively, and significantly exceeded the values in the control group. No negative changes were observed in the analysis of carbohydrate and general mineral metabolism. The studied drugs did not have a negative effect on the dynamics of the main indicators of protein, carbohydrate, and mineral metabolism, but they did affect the increase in the liver enzymes activity.

Keywords: calves, eimeriosis, Eimeterm suspension 5 %, Tylosin 200, biochemical parameters of blood

Введение. Кировская область занимает лидирующие позиции по производству молока сельскохозяйственными организациями среди регионов Приволжского федерального округа. От уровня здоровья выращиваемого племенного молодняка зависит дальнейшая продуктивность всего стада [1]. Эймериоз крупного рогатого скота имеет широкое распространение в хозяйствах и наносит высокий экономический ущерб. Наибольшее значение и распространение имеют виды *Eimeria bovis*, *E. zuernii* и *E. ellipsoidalis*, паразитирующие в эпителиальных клетках тонкого и толстого отделов кишечника. Смертность при эймериозе может достигать до 50 % и более [5, 6]. Основная мера борьбы с данной инвазией – это применение современных химических препаратов (кокцидиостатиков, антибиотиков), губительно действующих на различные виды эймерий и оказывающих побочное действие на организм животного [4, 7]. Актуальным является поиск новых безопасных методов борьбы с эймериозом, в частности комплексное применение кокцидиостатиков с хвойными кормовыми добавками с целью снижения медикаментозной нагрузки на организм животных [2, 3].

Целью данной работы стала оценка действия кокцидиостатического препарата Эйметерм суспензия 5 % и антибактериального препарата Тилозин 200 на основные биохимические показатели крови телят при лечении эймериозной инвазии.

Материалы и методы. Научный опыт проведен на базе ЗАО Племзавод «Октябрьский» Кумёнского района Кировской области с 28 ноября 2024 года по 13 января 2025 года на телятах черно-пёстрой голштинизированной породы в возрасте 2-2,5 месяца. По результатам ооцистоскопии фекалий были сформированы две опытные и одна контрольная группы-аналогов по 7 телят в каждой, спонтанно инвазированные эймериозом.

Первой опытной группе телят задавали антикокцидийный препарат Эйметерм в форме 5 % суспензии (ДВ толтразурил), однократно, перорально, в дозе 0,3 мл на 1 кг живой массы. Второй опытной группе вводили антибактериальный препарат Тилозин 200 в форме 20 % раствора для инъекций (ДВ Тилозин), внутримышечно, в дозе 0,5 мл на 10 кг живой массы в течение 5 дней. Контрольной группе телят препараты не задавали.

Оценку эффективности изучаемых препаратов проводили по результатам двукратной копроскопии до и через 14 дней после дачи препаратов флотационным методом Фюллеборна согласно ГОСТ 25383-82. Биохимические показатели сыворотки крови анализировали двукратным исследованием до и через 14 дней после дачи препаратов с использованием биохимического экспресс-анализатора Pointcare V3.

Результаты исследований. По результатам ооцистоскопии фекалий телят первой опытной группы были обнаружены ооцисты эймерий двух видов *E. bovis* и *E. ellipsoidalis*. Экстенсивазированность телят видом *E. bovis* составила 100 %, видом *E. ellipsoidalis* – 42,9 %. Интенсивность инвазии *E. bovis* была 1286,6±110,6, а *E. ellipsoidalis* – 620,7±79,1 ооцист в 1 г фекалий. После применения препарата Эйметерм суспензия 5 % при повторной копроскопии результат на эймериоз был отрицательным. Следовательно, эффективность препарата против эймерий вида *E. bovis* и *E. ellipsoidalis* составила 100 %. При микроскопии фекалий телят второй опытной группы были обнаружены ооцисты эймерий видов *E. bovis* и *E. zuernii* с экстенсивностью инвазии 100 и 14,3 %, а интенсинвазированностью 1340,9±127,4 и 38,0±0 ооцист в 1 г фекалий соответственно.

При повторной копроскопии после обработки препаратом Тилозин 200 эффективность препарата составила 100 %.

В контрольной группе у всех телят были обнаружены ооцисты эймерий вида *E. bovis* с зараженностью, равной 1216,0±180,9 ооцист в 1 г фекалий в среднем. Через 14 дней уровень инвазии вырос на 4,5 % и составил 1270,3±184,7 ооцист в 1 г фекалий.

При анализе показателей белкового обмена веществ в опытных группах не установлено отрицательной динамики (таблица 1). Следует отметить, что уровень глобулиновой фракции белка после обработки толтразурилом вырос на 5,5 %, а после применения тилозина – на 4,1 %. Уровень глобулиновой фракции в контрольной группе вырос на 17,7 %, но остался ниже референсных значений.

Таблица 1. Биохимические показатели крови телят (n = 7), M±m

Показатели (референтный интервал)	Группа животных (препарат)					
	контрольная группа		опытная группа 1 (тотразурил)		опытная группа 2 (тилозин)	
	до	Через 14 дней	до	через 14 дней	до	через 14 дней
Белок общий, г/л (55-75)	60,09 ±2,27	65,07 ±4,54	62,56 ±3,86	65,10 ±2,0	64,81 ±4,30	66,56 ±2,58
Альбумин, г/л (25,8-39,7)	36,56 ±1,45	37,20 ±2,81	35,10 ±0,79	36,21 ±0,91	35,43 ±1,27	36,05 ±1,10
Глобулин, г/л (29,2-35,3)	23,67 ±1,69	27,87 ±3,35	27,46 ±3,89	28,89 ±1,43	29,39 ±5,34	30,59 ±2,94
А/Г (0,6-1,3)	1,55 ±0,13	1,34 ±0,16	1,28 ±0,20	1,26 ±0,05	1,26 ±0,23	1,21 ±0,13
Мочевина, ммоль/л (3,1-9,2)	4,83 ±1,97	2,97 ±0,42	2,96 ±0,53	3,66 ±0,76	3,11 ±0,35	3,51 ±0,47
Креатинин, мкмоль/л (55-162)	75,83 ±9,54	71,14 ±10,22	70,14 ±6,57	59,29 ±8,04	73,43 ±3,91	66,14 ±7,56
Общий билирубин, мкмоль/л (1,7-6,0)	3,73 ±0,45	4,36 ±0,39	3,60 ±0,62	3,44 ±1,01	3,21 ±0,83	3,74 ±0,68
АЛТ, Ед/л (8,2-57,3)	9,21 ±1,39	6,29 ±1,35	9,71 ±2,43	20,43 ±7,79*	10,00 ±1,73	14,57 ±0,79*
АСТ, Ед/л (8,6-48,5)	51,77 ±7,48	53,39 ±5,22	54,73 ±9,74	96,49 ±8,68*	56,26 ±8,38	86,34 ±8,03*
Щелочная фосфатаза, Ед/л (0-258)	275,71 ±37,30	295,71 ±31,85	246,57 ±22,74	257,86 ±21,16	195,43 ±28,25	241,57 ±21,32
Амилаза, Ед/л (41-107)	15,43 ±2,51	17,29 ±3,20	14,43 ±1,90	16,43 ±2,70	14,86 ±1,95	14,71 ±1,60
Глюкоза, ммоль/л (3,4-6,0)	4,70 ±0,63	4,52 ±0,37	5,2 ±0,5	4,60 ±0,56	5,01 ±0,35	4,69 ±0,61
Ca, ммоль/л (2,5-3,8)	3,06 ±0,16	2,82 ±0,21	2,66 ±0,09	2,75 ±0,06	2,59 ±0,10	2,71 ±0,12
P, ммоль/л (1,4-2,9)	3,21 ±0,17	3,44 ±0,31	3,38 ±0,21	3,43 ±0,15	3,22 ±0,29	3.38 ±0,21
K, ммоль/л (4,0-5,8)	5,44 ±0,40	5,59 ±0,41	5,70 ±0,44	5,91 ±0,80	5,40 ±0,45	5,65 ±0,48
Na, ммоль/л (134-147)	147,57 ±3,10	149,29 ±6,21	142,57 ±3,60	145,43 ±1,99	146,71 ±6,52	146,29 ±4,89
Fe, мкмоль/л (10-28)	13,47 ±3,79	10,90 ±2,69	17,50 ±2,65	14,66 ±4,11	18,19 ±2,90	17,61 ±3,28

Что касается динамики печёночных ферментов, то уровень АЛТ в обеих опытных группах вырос в 2 и 1,5 раза соответственно, но данные показатели не выходят за границы референсных значений. По окончании опыта показатель АЛТ в первой и второй опытных группах превышал значения контрольной группы в 3 и 2 раза соответственно. Показатель АСТ в первой и второй опытных группах до применения препаратов превышал референсные значения на 12,8 и 16 %. После применения препаратов в первой и второй опытной группе уровень АСТ вырос в 2 и 1,5 раза соответственно по сравнению с фоновыми показателями, и в 1,8 и 1, 6 раз в сравнении с контрольной группой. Уровень АЛТ в контрольной группе в течение опыта колебался в пределах нижней границы референсных значений.

При анализе углеводного и минерального обмена отрицательной динамики во всех трёх группах не выявлено.

В динамике уровня железа в первой опытной группе отмечено снижение его концентрации на 11,8 % по сравнению с фоном, во второй опытной группе – снижение на 1,3 %, но в пределах референсных значений. Уровень железа телят контрольной группы, которая не подвергалась лечению, снизился на 19 % и приблизился к нижней границе нормы.

Заключение. На основании полученных данных можно сделать вывод, что применение кокцидиостатического препарата Эйметерм 5 % и антибактериального препарата Тилозин 200 создаёт определённую нагрузку на печень, что проявилось ростом активности печёночных ферментов, превышающих значения контрольной группы.

Терапия не оказала отрицательного влияния на белковый обмен веществ, напротив, в опытных группах отмечена положительная динамика в виде повышения уровня глобулиновой фракции.

Углеводный и общий минеральный обмен не претерпел значительных изменений под влиянием терапии.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Давыдова Ю. В. Анализ основных тенденций и прогнозирование развития мясного животноводства в Кировской области // Московский экономический журнал. 2019. № 5. С. 246-251.
2. Леухина В. А., Скорнякова О. О. Биохимический статус крови телят при эймериозе и после применения хвойно-салициловой кормовой добавки Скорнякова // Современные научно-практические достижения в ветеринарии : сборник статей XXIII Международной научно-практической конференции, 19-20 апреля 2024 года. Киров, 2024. Вып. 15. С. 159-165.
3. Леухина В. А., Скорнякова О. О., Короткий В. П. Изменения морфо-биохимических показателей крови после применения хвойно-фитогенных кормовых добавок при эймериозной инвазии // Актуальные проблемы лечения и профилактики болезней молодняка : материалы Международной научно-практической конференции, 02-04 ноября 2023 года. Витебск, 2023. С. 215-220.
4. Леухина В. А. Опыт применения хвойно-фитогенных кормовых добавок при лечении и профилактике эймериоза телят. DOI: 10.31016/1998-8435-2024-18-1-74-79 // Российский паразитологический журнал. 2024. Т. 18, вып. 1. С. 74-80.
5. Скорнякова О. О., Белозеров С. Н. Основы терапии и профилактики паразитарных болезней животных (по Кировской области). Киров : Вятская ГСХА, 2016. 112 с.
6. Скорнякова О. О. Тиломаг и китофарм отлично работают против эймериоза крупного рогатого скота // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2020. Т. 243 (III). С. 249-250.
7. Evaluation of the effectiveness of coniferous-phytogenic feed additives in case of eimeriosis infestation in calves / V. Korotkiy, O. Skornyakova, V. Leukhina [et all.] // Adv. Life Sci. 2024. № 11 (2). P. 380-385.

УДК 59

КРИСТАЛЛОСКОПИЧЕСКИЕ И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ОЦЕНКЕ САНОГЕНЕТИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ФИТОКОМПОЗИЦИЙ ПРИ СПОНТАННЫХ НЕМАТОДОЗАХ ЛАБОРАТОРНЫХ ГРЫЗУНОВ

Жданова О. Б., доктор биологических наук, доцент[1]
Часовских О. В. кандидат биологических наук, доцент[1]
Мартусевич А. К., доктор биологических наук, профессор[2]
Ивашкина Н. С., аспирант[1]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный агротехнологический университет», г. Киров, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л. Я. Флорентьева», г. Нижний Новгород, Россия
E-mail: beoli@mail.ru

Аннотация

В статье представлен краткий обзор литературных источников, содержащих исследования лишайников и других, используемых в качестве лекарственных, натуральных компонентов. Приведены результаты исследования нематодной инвазии лабораторных мышей и крыс в виварии г. Кирова за 2022-2025 гг. Представлены результаты гельминтологических, кристаллоскопических и гематологических исследований двух композиций на основе механически обработанного лишайника рода *Cladonia* (ягель) и механически обработанного лишайника рода *Cladonia* (ягель), *Tanacetum vulgare* (пижма обыкновенная), *Aspen cortice* (осины кора), *Artemisia cina* (полынь цитварная) в соотношении 3:1:1:1.

Ключевые слова: лабораторные животные, нематодозы, лишайник, фитопрепараты, гематологические показатели, биокристалломика

CRYSTALLOSCOPIC AND HEMATOLOGICAL METHODS IN EVALUATING THE PHYTOCOMPOSITIONS SANOGENETIC EFFECTS IN SPONTANEOUS NEMATODES OF LABORATORY RODENTS

Zhdanova O. B., doctor of biological sciences, associate professor[1]
Chasovskikh O. V. candidate of biological sciences, associate professor[1]
Martusevich A. K., doctor of biological sciences, professor[2]
Ivashkina N. S., post-graduate student[1]
[1]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Vyatka State Agrotechnological University», Kirov, Russia
[2]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Nizhny Novgorod State Florentyev Agrotechnological University», Nizhny Novgorod, Russia
E-mail: beoli@mail.ru

Annotation

The article provides a brief overview of the literature sources containing studies of lichens and other natural ingredients that have been used as medicinal natural ingredients. The results of studying nematode invasion of laboratory mice and rats in Kirov vivariums for 2022-2025 are presented. The authors also present the results of helminthological, crystalloscopic and hematological studies of two compositions on the basis of mechanically treated lichen of the genus *Cladonia* (yagel) and mechanically treated lichen of the genus *Cladonia* (yagel), *Tanacetum vulgare* (common tansy), *Aspen cortice* (aspen bark), *Artemisia cina* (wormwood) in a ratio of 3:1:1:1.

Keywords: laboratory animals, nematodes, lichen, phytocompositions, hematological parameters, biocrystallomics

Введение. В последние годы XXI века наблюдается повышенный интерес к грызунам не только как лабораторным животным, но и как к домашним любимцам. В соответствии с потребностью общества в удовлетворении эстетических потребностей был применен опыт ученых-селекционеров, что привело к выведению различных пород декоративных мышей и крыс. Также в стороне не осталась и научная отрасль: для нужд науки были выведены чистые линии лабораторных грызунов с известным кариотипом. Однако интерес общества к мышам и крысам как к домашним питомцам не отражает образованность владельцев в вопросах содержания, ухода и проведения обязательных в ветеринарном отношении мероприятий. Это может быть связано как с отсутствием необходимой нормативно-правовой базы, отражающей необходимый перечень ветеринарно-санитарных мероприятий (рекомендации, наставления и методики), так и с низкой культурой содержания лабораторных и комнатных животных [1].

Немаловажную роль в изучении данного вопроса играет и повышение резистентности возбудителя паразитарных заболеваний на разных этапах его развития к химическим соединениям, обладающим антигельминтной активностью. Данный вопрос беспокоит ученых с 60-х годов XX столетия. Исследования того времени показывали снижение эффективности

антигельминтных препаратов. Проводимые в течение 30 лет исследования привели к закреплению запрета на свободный оборот антигельминтиков на территории большинства европейских стран, а также стран Южной и Северной Америки [2].

На современном этапе развития химических соединений, обладающих антигельминтной активностью, наиболее известны такие действующие вещества, как бензимидазол и его производные (альбендазол, мебендазол и другие). На данный момент известно, что устойчивость к препаратам данного ряда находится в гене, кодирующем структуру такого белка как р-тубулин [6, 18, 19]. Для группы макроциклических лактонов характерна мутация в генах, несущих информацию о коннексинах, которые входят в состав щелевых контактов. Мутация изменяет структуру белка, что, в свою очередь, приводит к невозможности развития паралича [6]. Для антагонистов н-холинорецепторов – имидазотиазола и тетрагидропиримидина (левамизол, пирантел и другие) – также характерна картина изменения последовательности нуклеотидов в генах, кодирующих субъединицы никотинчувствительных холинорецепторов [2, 12-18].

Таким образом, изыскание новой стратегии использования химических соединений, применяемых в качестве антигельминтных, с последовательной разработкой новых антигельминтных композиций на основе растительного сырья может дать толчок к развитию натуропатических составов с противопаразитарными свойствами. Создание композиций из двух и более веществ с антигельминтным профилем действия с добавлением в схему лечения иммуностимулирующих веществ даёт возможность не только добиться поставленной цели, но и позволит нам регулировать иммунный ответ животного на возбудителя паразитарного заболевания.

Одним из перспективных направлений развития натуропатических препаратов с противопаразитарными свойствами могут послужить научные изыскания в отношении вытяжек и экстрактов из таких лекарственных растений, как *Tanacetum vulgare* (пижма обыкновенная), *Aspen cortice* (осины кора), *Artemisia cina* (полынь цитварная), и механически обработанных лишайников. Последние интересны своими соединениями вторичного обмена. Для выживания в суровых условиях арктического и антарктического региона, а также других сложных климатических зонах, лишайники синтезируют алифатические, циклоалифатические, гетероциклические и терпеновые соединения, составляющие до 30 % сухого вещества таллома. В состав лишайников также входят такие важные для исследования соединения, как биологически активные вещества (лихениналанин, лизин, тирозин, триптофан, пектины), ферменты (амилаза, каталаза, лихеназа, инвертаза) и витамины. Вызывают некоторый интерес и атранорин, фумарпротоцетрариевая, гирофоровая, леканоровая, салациновая и усниновая кислоты [8-10].

Народная медицина широко использовала лишайники для лечения и профилактики заболеваний дыхательной и пищеварительной системы. На данный момент исследования антибактериальных свойств этих сложных организмов ведутся на территории Союзного государства, в ряде северных стран Европейского союза, а также в Индии, Японии и Китае. Скрининговые исследования в этой сфере дают информацию о том, что только 70-100 видов лишайников имеют выраженные антимикробные свойства, хотя более чем у половины всех исследованных видов такие свойства отмечались. В настоящее время исследования действующих веществ, выделенных из лишайников, ведутся на растительных моделях, крайне редко они используются в качестве антимикробных соединений для лечения животных. Исследования противопаразитарных и иммуностимулирующих свойств в ветеринарии практически не изучались [8, 13-16].

В 40-х годах XX века (1947 г.) в научных кругах Германии была представлена смесь эверниевой и усниновой кислот – «Эвозин». Через 5 лет (1952 г.) немецкие ученые испытали следующее поколение данного препарата – «Эвозин-2» – атранорин, физодовая, капеатовая и усниновая кислоты. В этот же период (1948-1954 гг.) испанские ученые испытали комбинированный препарат на основе лишайников – уснимицин – смесь усниновой кислоты

и стрептомицина. К 1954 году ученые Японии представили свой препарат на основе лишайников – «Уснин». В конце 40-х годов XX века на территории СССР, в Ленинграде, был получен такой препарат, как «Бинан», – натриевая соль усниновой кислоты. Все эти композиции использовались для лечения местных кожных заболеваний, мастита, актиномикоза и других гнойных и полиэтиологичных болезней. Данные препараты также очень хорошо показали себя против грамположительных бактерий и грибков [8, 10].

В условиях импортозамещения синтетических химических соединений фармакологических компаний в авангард исследований выходят натуральные составы из отечественного сырья. Одним из перспективных направлений развития выступают фитопрепараты, в том числе и на основе лишайников. В общей сложности на территории Кировской области зарегистрировано порядка 200 видов лишайников. Некоторые из видов занесены в Красную книгу Российской Федерации и находятся под охраной – их сбор и использование строго регулируются [1, 8].

Методика. Исследования проводились на базе вивариев при высших учебных заведениях г. Кирова с сентября 2022 по ноябрь 2025 года. Объектом исследования служили лабораторные животные (белые мыши и крысы). Животные содержались в условиях, соответствующих ГОСТ 33215-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур» на стандартном рационе. До, во время и после окончания исследований были произведены отборы проб фекалий для гельминтологического исследования по методу Фюллеборна, взяты перианальные соскобы по методу Грэхема на липкую ленту и предметное стекло. Во время исследования проводили эвтаназию лабораторных животных для частичного гельминтологического исследования по Скрябину. Половозрелых особей гельминтов извлекали и помещали в физиологический раствор с последующей фиксацией в 50 %-м растворе глицерина. Подсчет количества гельминтов производили на отрезке кишечника длиной 5 см. В качестве математического и статистического подхода использовался расчет экстенсивности инвазии (ЭИ) и интенсивности инвазии (ИИ) [3, 4, 10, 20, 21].

После подтверждения диагноза сифациоз (*Siphacia obvelata*) (количество яиц составило 12±4 в поле зрения) перианальным соскобом по методу Грэхема из инвазированных животных были сформированы 3 группы (всего 18 голов). В течение 7 календарных дней опытные животные получали со стандартным рационом порошок кладонии (1 г/кг). На 4, 7 и 10 день исследовали перианальные соскобы по методу Грэхема. Гематологические исследования проводили с использованием гематологического анализатора центра биомоделирования Кировского ГМУ (г. Киров) и Вятского ГАТУ (кафедра морфологии, микробиологии, химии и морфологии). Кристаллогенную активность сыворотки крови мышей изучали методом классической кристаллоскопии по ранее описанной технологии [4, 5]. Результат дегидратации фиксировали на цифровую фотокамеру, затем оценивали с качественных и количественных позиций (с использованием стандартного алгоритма, включающего балльные критерии) [3-5].

Результаты обрабатывали методами вариационной статистики с использованием программы Statistica 6.0.

Результаты. При исследовании фекалий мышей и крыс по методу Фюллеборна были обнаружены яйца *Aspiculuris tetraptera* – эллипсоидной формы, оболочка двуслойная, тонкая, гладкая, зернистое содержимое. Также обнаруживались яйца рода *Siphacia* – ассиметричная форма, оболочка двуслойная, тонкая, гладкая, зернистое содержимое. При исследовании перианальных соскобов по методу Грэхема у всех исследуемых лабораторных животных были обнаружены яйца рода *Siphacia*. Часть животных была инвазирована обоими видами гельминтов. Экстенсивность инвазии нематодами лабораторных мышей была выше (70 %), чем лабораторных крыс – 60 % (таблица 1).

Таблица 1. Экстенсивность инвазии при заражении нематодами рода *Siphacia* в зависимости от сезона исследований (n = 20)

Сезон	Группы грызунов	
	мыши (n = 10)	крысы (n = 10)
Осенне-зимний	69,2±10,6	48,2±13,2
Весенне-летний	55,2±12,6	37,1±16,5

Таким образом, можно сделать вывод, что большая часть лабораторных животных (белые мыши и крысы) заражены нематодами *Aspiculuris tetraptera* и *Siphacia obvelata*. Между представителями рода *Siphacia* – *S. obvelata* и *S. muris* – наблюдаются ярко выраженные конкурентные отношения, наиболее часто встречаются нематоды *S. obvelata* в ассоциации с *A. tetraptera*, реже – с представителями отряда Цестоды.

Для определения противопаразитарной активности растительных компонентов (механообработанный лишайник рода *Cladonia* (ягель) и *Tanacetum vulgare* (пижма обыкновенная)) было сформировано 3 группы животных (n = 18) с подтверждённой инвазией гельминтами *Siphacia*. 1 группа (n = 6) служила контролем (положительный диагноз), 2 группа (n = 6) получала со стандартным рационом механически обработанный лишайник рода *Cladonia* (ягель) в дозе 1 мг/кг, 3 группа (n = 6) получала композицию из механически обработанного лишайника рода *Cladonia* (ягель), *Tanacetum vulgare* (пижма обыкновенная), *Aspen cortice* (осины кора), *Artemisia cina* (полынь цитварная) в соотношении 3:1:1:1 в дозе 1 мг/кг [3].

Мыши 2 группы, получавшие механически обработанный лишайник рода *Cladonia* (ягель), имели на 4-й день проведения опыта интенсивность инвазии (ИИ) на уровне 3±2 яйца в поле зрения, т. е. снижение ЭИ на 75 %. На 7-й день исследования только у одной мыши из данной группы был зарегистрирован сифациоз – 1 яйцо в 5 полях зрения. На 10-й день исследования все мыши данной опытной группы были свободны от инвазии. Также они были более активны и имели выраженный пищевой рефлекс по сравнению с контрольной группой инвазированных лабораторных животных, что подтверждается исследованиями и других авторов [3, 11-13].

Мыши 3 группы, получавшие композицию из механически обработанного лишайника рода *Cladonia* (ягель), *Tanacetum vulgare* (пижма обыкновенная), *Aspen cortice* (осины кора), *Artemisia cina* (полынь цитварная), уже на 4-й день исследования были полностью свободны от инвазии в отношении *Aspiculuris tetraptera* и рода *Siphacia*. На 7-й и 10-й день признаков инвазии обнаружено не было.

Таблица 2. Гематологические показатели лабораторных мышей до и после проведения опыта (n = 18)

Параметр	Референсные значения	Контрольная группа		Опытная группа (*Cladonia*)		Опытная группа (композиция)	
		до	после	до	после	до	после
Лейкоциты, $x10^{12}$/л	5,82-17,07	8,3±1,2	8,5±1,2	8,5±1,4	8,2±1,3	7,9±1,5	5,4±1
Лимфоциты, %	19,5-34,0	34,3±7,4	35,5±2,3	34,3±8,3	30,3±7,1	32,5±8,1	20,2±1
Моноциты, %	3-9	10,27±1,1	9,9±1,2	10,5±1,1	12,7±1,3	9,5±1,1	3,8±1,1
Гранулоциты, %	46-70	63,3±8,3	62,4±7,3	60,5±4,3	56,3±7,1	58±8,3	44,5±4,1

В тесте «Открытое поле» у мышей обеих опытных групп были отмечены более частые вертикальные стойки и быстрая нормализация поведения и более адекватные раздражителю реакции после проведения всех манипуляций (стресс-ситуации) по сравнению с лабораторными животными контрольной группы.

Несмотря на незначительные различия показателей эффективности дегельминтизации, у обеих опытных групп мышей отмечалась нормализация гематологических показателей (таблица 2, 3).

Отмечено, что под влиянием антигенов нематод существенно изменяется морфологический состав красной крови (уменьшается количество эритроцитов и уровень гемоглобина): после дачи фитопрепаратов наблюдали не только увеличение количества эритроцитов и гемоглобина, но и содержание гемоглобина в эритроците и средний объем эритроцита, что, по всей видимости, обусловлено как отсутствием конкуренции паразита за питательные вещества с хозяином, так и действием биологически активных веществ лишайника и композиции на гемопоэз у белых мышей опытной группы (таблица 3).

Таблица 3. Гематологические показатели лабораторных животных (мыши) до и после проведения опыта (n = 18)

Показатели красной крови	Референсные значения	Контрольная группа		Опытная группа (*Cladonia*)		Опытная группа (композиция)	
		до	после	до	после	до	после
Эритроциты, $x10^{12}$/ л	3,56-11,07	3,85±0,7	3,9±0,3	3,85±0,3	8,85±1,3	4,2±0,3	7,57±0,9
Средний объем эритроцита, фл	54,9-65,8	47,2	46,7	47,2	50,5	48,5	54,5
Содержание гемоглобина в эритроците, пг	24,9-32,4	18,9	21,6	18,9	32,2	18,4	32,2
Гемоглобин, г/л	146,7-179,2	92	98	92	141	95	147,5

Таким образом, препарат, содержащий механически обработанный лишайник рода *Cladonia* (ягель), и композиция из механически обработанного лишайника рода *Cladonia* (ягель), *Tanacetum vulgare* (пижма обыкновенная), *Aspen cortice* (осины кора), *Artemisia cina* (полынь цитварная) в соотношении 3:1:1:1 обладают выраженным антигельминтным действием в отношении рода *Siphacia*. Также применение данных составов положительно влияет на гематологические показатели крови мышей опытных групп.

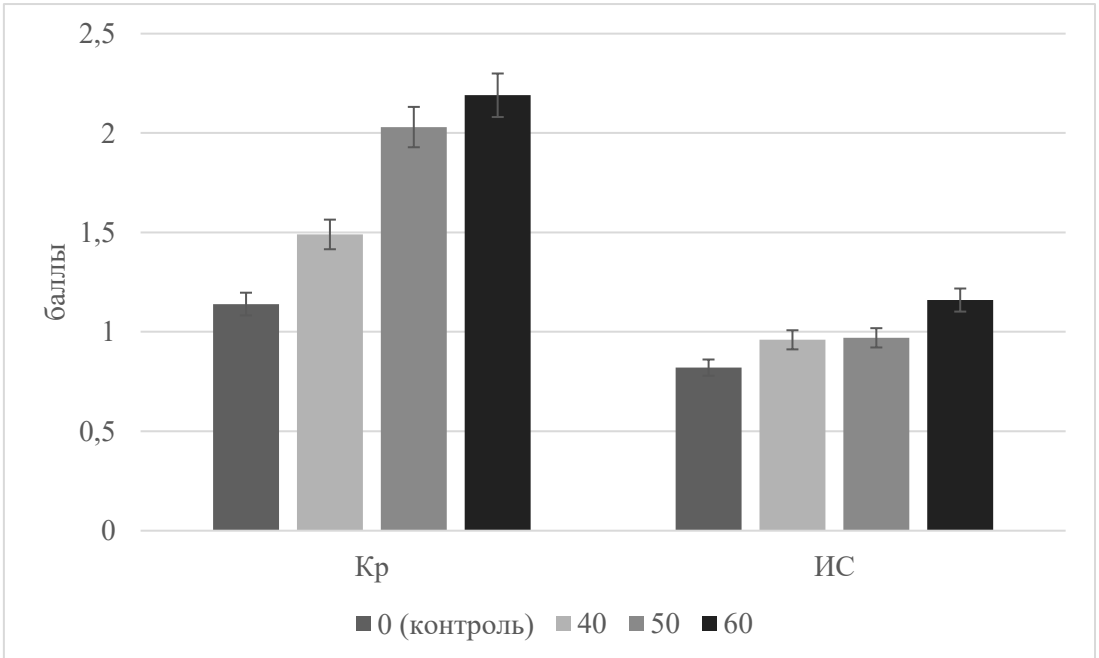


Рисунок 1. Особенности визуаметрических показателей кристаллограмм сыворотки крови мышей в зависимости от интенсивности инвазии

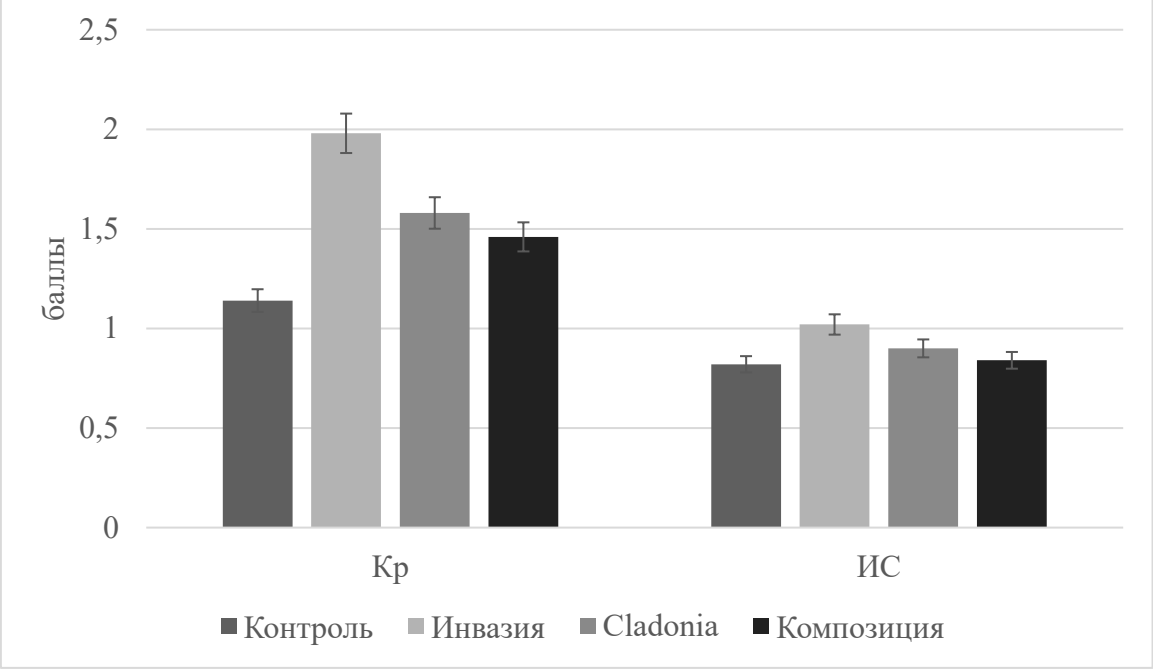


Рисунок 2. Динамика кристаллогенных свойств сыворотки крови мышей при использовании фитопрепаратов в моно- и комбинированном варианте

Дополнительно изучены кристаллогенные свойства сыворотки крови мышей в зависимости от интенсивности инвазии (ИИ). Установлено, что кристаллогенные свойства сыворотки крови мышей существенно зависят от ИИ, однако данная зависимость нелинейна. В частности, динамика индекса структурности и кристаллизуемости образцов (рисунок 1), являющихся количественной мерой активности собственного кристаллообразования биосреды и характеризующих сложность структуропостроения и плотность кристаллических элементов в микропрепарате соответственно, указывает на умеренное увеличение кристаллогенного потенциала биосубстрата при высокой ИИ.

Оценка характера дегидратационной структуризации сыворотки крови мышей свидетельствовала о позитивных сдвигах данного параметра, причем после дачи фитопрепаратов как в моно-, так и комплексном варианте установлена тенденция к нормализации по кристаллизуемости и по индексу структурности ($p < 0,05$ для обоих показателей относительно исходного уровня) (рисунок 2).

Выводы. Растительные препараты-нематоциды имеют явное преимущество перед химиотерапевтическими не только вследствие их относительной безопасности для окружающей среды и отсутствия защитных механизмов по отношению к ним у гельминтов, но и наличия выраженного эффекта активации гемопоэза. Однако широкому внедрению в практику дегельминтизаций и профилактики нематодозов у грызунов должны предшествовать комплексные исследования на эмбриотоксичность, гепатотоксичность, острую и хроническую токсичность моно- и комплексных фитопрепаратов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ашихмин С. П., Мартусевич А. К., Жданова О. Б. Азид натрия: некоторые физико-химические свойства и потенциальное место в дезинфектологии // Здоровье населения и среда обитания. 2012. № 4. С. 43-45.
2. Емельянова Н. Б., Курносова О. П. Влияние сифациоза на биохимические и клинические показатели крови лабораторных крыс // Российский паразитологический журнал. 2022. Т. 16, № 3. С. 296-302.

3. Климова Е. С., Бабинцева Т. В. Паразитофауна лабораторных грызунов // Ученые записки казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2019. Т. 240, № 4. С. 105-108.
4. Мартусевич А. К., Жданова О. Б. Информативность исследования кристаллообразования при зоонозах на модели животных // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. 2006. № 1. С. 30-38.
5. Мартусевич А. К., Жданова О. Б., Янченко В. А. Патогенетическое значение изучения кристаллообразования биологических жидкостей при альвеококкозе // Анналы хирургической гепатологии. 2006. Т. 11, № 3. С. 50-51.
6. Распространение Alaria alata в Кировской области и некоторые особенности ее сокристаллизации с растворами дезинфектантов / О. В. Масленникова, О. Б. Жданова, А. К. Мартусевич [и др.] // Российский паразитологический журнал. 2010. № 3. С. 73-76.
7. Масленникова О. В., Ерофеева В. В., Пухлянко В. П. Сифациоз грызунов и его эколого-эпидемиологическое значение // Фундаментальные исследования. 2014. № 9-7. С. 1542.
8. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / Р. У. Хабриев [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Медицина, 2005. 832 с.
9. Токарь В. В., Мусаев М. Б., Новик Т. С. Оценка острой токсичности двух противопаразитарных комбинированных препаратов из группы авермектинов и пиретроидов // Российский паразитологический журнал. 2025. Т. 19, № 1. С. 76-82.
10. Черепанов А. А. Дифференциальная диагностика гельминтозов по морфологической структуре яиц и личинок возбудителей. Москва : Колос, 2001. 76 с.
11. Understanding Microbial Multi-Species Symbioses / I. A. Aschenbrenner, T. Cernava, G. Berg, M. Grube // Front Microbiol. 2016. Vol. 7. P. 180.
12. Bennet A., Guyatt H. Reducing intestinal nematode infection: efficacy of Albendazole and Mebenazole // Parasitology Today. 2000. Vol. 16, № 2. P. 71-74.
13. Bialek R., Knobloch J. Parasitic infections in preganancy and congenital parasiroses. II. Helminth infections // Z Geburtshilfe Neonatol. 1999. Vol. 203, № 3. P. 128-133.
14. Effect of mebendazole therapy during pregnancy on birth outcome / N. R. de Silva [et al.] // Lancet. 1999. Vol. 353. P. 1145-1149.
15. Frank-Kamenetskaya O., Vlasov D. Crystallization induced by fungi and bacteria // Acta Crystallogr B Struct Sci Cryst Eng Mater. 2025. Vol. 81, Pt. 1. P. 1-10.
16. A Review of Anti-Cancer and Related Properties of Lichen-Extracts and Metabolites / A. H. Tripathi, N. Negi, R. Gahtori [et al.] // Anticancer Agents Med Chem. 2022. Vol. 22, № 1. P. 115-142.
17. Santico R. Effects of chronic parasitosis on women's health // Int. J. Gynaecol. Obstet. 1997. Vol. 58, № 1. P. 129-136.
18. Progress in the prevention and control of schistosomiasis and soiltransmitted helminthiasis / L. Savioli [et al.] // Parasitol. Int. 2004. Vol. 53. P. 103-113.
19. Peterson E. Parasite and pregnancy // Abstract of XIth International Congress of Parasitology, Glasgow, Scotland. 2006. 6-11 Aug. P. 345.
20. Evaluation of the protective activity of different immunostimulatory drugs at the experimental trichinosis on white miceInternational / O. V. Rudneva, L. A. Napisanova, O. B. Zhdanova, V. K. Berezhko // Journal of High Dilution Research. 2018. Т. 17, № 2. С. 17-18.
21. Evaluation of the effectiveness of different immunostimulatory medicine at the experimental trichinosis and leishmaniosis on white mice / O. B. Zhdanova, O. V. Rudneva, Yu. K. Akulinina, L. A. Napisanova // International Journal of High Dilution Research. 2019. Т. 18, № 2. С. 12.

УДК 636.4:619:616.4

УРОВЕНЬ ЛИПОПРОТЕИДОВ И ХОЛЕСТЕРОЛА В СЫВОРОТКЕ КРОВИ СВИНОМАТОК ПРИ ГЕПАТОПАТИЯХ

Петровский С. В., кандидат ветеринарных наук, доцент
Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь
e-mail: vsavm_sergey@tut.by

Аннотация

На основании результатов послеубойного осмотра и гистологических исследований тканей печени были сформированы четыре группы свиноматок. В состав первой группы были включены условно здоровые животные, в состав второй, третьей и четвёртой соответственно животные с признаками острого и хронического гепатоза, цирроза печени. При биохимическом исследовании крови свиноматок третьей и четвёртой групп установлено статистически значимое снижение уровней общего холестерола, холестерола ЛПНП, а также относительного содержания ЛПНП и ЛПОНП. Установленные изменения указывают на снижение синтетической функции печени у свиноматок при переходе патологических процессов в печени в хроническое течение.

Ключевые слова: свиноматки, гепатопатии, гепатоз, сыворотка крови, холестерол, липопротеиды

LIPOPROTEIN AND CHOLESTEROL LEVELS IN THE BLOOD SERUM OF SOWS WITH HEPATOPATHIES

Piatrouski S. U., candidate of veterinary sciences, Associate Professor
Educational establishment «Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine», Vitebsk, Republic of Belarus
e-mail: vsavm_sergey@tut.by

Annotation

Based on the results of postmortem examination and histological examination of liver tissue, four groups of sows were formed. The first group included apparently healthy animals, while the second, third, and fourth groups included animals with signs of acute and chronic hepatosis and liver cirrhosis, respectively. Biochemical analysis of the blood of sows in the third and fourth groups revealed statistically significant decreases in total cholesterol, LDL cholesterol, and the relative content of LDL and VLDL. These changes indicate a decrease in the synthetic function of the liver in sows as pathological processes in the liver become chronic.

Keywords: sows, hepatopathy, hepatosis, blood serum, cholesterol, lipoproteins

Введение. На свиней, содержащихся в условиях хозяйств промышленного типа, воздействуют многочисленные этиологические факторы, оказывающее «повреждающее» действие на паренхиму печени (микотоксины, антибактериальные препараты и т. д.) [1-3]. Подобные воздействия неизбежно приводят к возникновению у свиней разных половозрастных и хозяйственных групп тех или иных болезней печени [4-6]. Подобные болезни могут быть обозначены как гепатопатии [7].

В диагностике гепатопатий исключительно важное значение принадлежит лабораторным исследованиям крови, позволяющим выявить те или иные изменения её биохимического состава. Группировка тех или иных показателей в так называемые печёночные сывороточные биохимические синдромы может позволить с достаточной точностью подтверждать развитие у свиней развитие печёночных патологий [8].

Наряду с широко используемыми диагностическими тестами (активность трансаминаз, билирубин, общий белок и т. д.) для раннего выявления болезней печени возможно определение ряда показателей, характеризующих липидный обмен. Это обусловлено тем, что многие составляющие метаболизма липидов, такие как холестерин (холестерол) и транспортные белки – липопротеиды, синтезируются преимущественно в печени [9, 10]. Исследования, проведенные в медицине, показывают снижение, например, уровня липопротеидов низкой [11, 12] и высокой плотности [13] при хроническом гепатите и циррозе печени.

Изучение липидного обмена у свиней также выявило изменение ряда показателей липидного обмена, которые характеризовали его нарушения применительно к ухудшению комплекса хозяйственных показателей свиноматок [14, 15]. Однако исследований, посвящённых изменению показателей липидного обмена у свиноматок, применительно к гепатопатиям, не проводилось.

В этой связи целью настоящего исследования стало повышение эффективности диагностических мероприятий в отношении гепатопатий на основе определения комплекса показателей, характеризующих изменение уровня липопротеидов, холестерола и его фракций.

Материал и методика исследований. В условиях убойных пунктов свинокомплексов был проведен послеубойный осмотр и отбор проб печени свиноматок (исследования проводились в 2005-2009 гг.). Свиноматки к моменту убоя имели по 2-4 опороса и были выбракованы из-за низкой плодовитости, низких надоев, возраста, хирургических патологий (переломов, ран и т. п.). Случаев выбраковки животных по причине патологии печени не зарегистрировано. При исследовании биоматериала печени, по ряду макроскопических признаков, свиноматки были разделены на четыре группы: условно-здоровые животные без наличия макроскопических изменений в органах, свидетельствующих о наличии гепатопатий (первая группа); животные с признаками острого течения гепатоза (токсической дистрофии печени) (вторая группа); животные с признаками хронического течения гепатоза (третья группа); животные с макроскопическими признаками развития интерстициального гепатита и цирроза печени (четвертая группа). Для подтверждения данных, полученных при обследовании, из печени свиноматок были взяты образцы тканей для гистологического исследования в условиях кафедры патологической анатомии и гистологии Витебской государственной академии ветеринарной медицины. Материал фиксировали в 10 % растворе формалина, затем обезвоживали и пропитывали парафином. Дальнейшее его приготовление и изготовление гистологических срезов осуществляли по общепринятым методикам. Результаты микроскопических исследований подтвердили данные осмотра органов и установленные диагнозы [16].

У всех свиноматок до убоя были отобраны образцы крови для биохимического исследования [8]. В частности, в сыворотке крови были определены концентрации общего холестерола и холестерола фракций α- и β-липопротеидов (соответственно липопротеидов высокой плотности, ЛПВП и липопротеидов низкой плотности, ЛПНП). Концентрацию общего холестерола (ОХ) определяли ферментативно, концентрации α- (ХС-ЛПВП) и

β-холестерола (ХС-ЛПНП) – также ферментативно, прямым способом (с использованием наборов «LDL-Холестерин прямой жидкий 80» (β-холестерол) и «HDL-Холестерин прямой жидкий 80» (α-холестерол) производства фирмы «Лахема», Чешская Республика).

Фракции липопротеидов определяли электрофоретически, с использованием наборов Sebia (Франция), а их относительное содержание было оценено денситометрически. При этом выделяли хиломикроны (ХМ), липопротеиды высокой плотности (ЛПВП), липопротеиды низкой плотности (ЛПНП) и липопротеиды особо низкой плотности (ЛПОНП).

Полученные результаты подвергали статистической обработке с определением среднего значения (Х), стандартного отклонения (σ) и достоверности различий между множествами данных (p, по методике Манна-Уитни).

Результаты исследований. Развитие у свиноматок гепатопатий изменило состояние синтетических процессов в паренхиме печени. Данные изменения сказались на содержании в сыворотке крови как общего холестерола, так и его фракций (таблица 1).

Таблица 1. Содержание в сыворотке крови свиноматок общего холестерола и его фракций (Х±σ)

Показатель	Единица измерения	Группа свиноматок				p, группы		
		первая	вторая	третья	четвёртая	вторая-третья	вторая-четвёртая	третья-четвёртая
ОХ	ммоль/л	2,21± 0,446	2,10± 0,310	1,34± 0,084	0,91± 0,083	<0,01	<0,01	<0,01
p к первой группе			>0,05	<0,01	<0,01			
ХС-ЛПВП	ммоль/л	0,46± 0,136	0,50± 0,096	0,49± 0,119	0,35± 0,063	>0,05	<0,01	>0,05
p к первой группе			>0,05	>0,05	<0,05			
ХС-ЛПНП	ммоль/л	1,59± 0,261	1,41± 0,236	0,66± 0,168	0,49± 0,099	<0,01	<0,01	<0,05
p к первой группе			>0,05	<0,01	<0,01			

У свиноматок второй, третьей и четвёртой группы концентрации ОХ в сыворотке крови оказались снижены (по сравнению с показателями условно здоровых животных). Уровень снижения и его статистическая значимость зависели от степени тяжести и хронизации патологического процесса в печени. При остром течении гепатопатий содержание ОХ в сыворотке крови свиноматок снизилось на 5,2 % (при статистически незначимой разнице), а при хроническом течении и развитии цирроза печени уже на 64,9 и 142,9 % соответственно (по сравнению с показателями животных первой группы).

Следует отметить, что на снижение концентрации ОХ у свиноматок, в печени которых развивались цирротические изменения, оказывал влияние и холестерол ЛПВП (по сравнению с показателями свиноматок первой группы падение составило 31,4 %), и холестерол ЛПНП.

У животных второй и третьей группы снижения уровня холестерола ЛПВП установлено не было, а некоторое увеличение не имело статистически значимой разницы. Уменьшение же концентрации холестерола ЛПВП выявлялось в сыворотке крови свиноматок, в печени которых были установлены изменения, характерные для той или иной гепатопатии. Причём если при остром течении патологического процесса снижение по сравнению с показателями первой группы составило всего лишь 12,8 % (со статистически незначимой разницей), то при хронизации процесса изменения оказались более значимыми. Так, у свиноматок третьей группы (по сравнению с показателями первой) концентрация холестерола ЛПНП снизилась в 2,41 раза, а у свиноматок четвёртой группы – в 3,24 раза. Разница в обоих случаях оказалась статистически значимой.

Установленная тенденция позволяет предположить, что при остром течении патологических процессов в печени синтетическая активность в течение определённого времени сохраняется на оптимальном уровне либо снижается незначительно. В дальнейшем

(по мере развития в печени некробиотических и некротических изменений, замещения паренхимы соединительной тканью) снижение синтетических процессов приобретает более выраженный характер. Учитывая важность холестерола для протекания всех метаболических процессов в организме (источник образования витамина D, стероидных гормонов (в т. ч. половых), желчных кислот и т.д.), а также для поддержания целостности клеточных мембран и миелиновых оболочек нервных волокон, снижение его образования в печени становится причиной развития цитолиза в других тканях и органах (помимо печени), нарушения репродуктивной функции, снижения молочности свиноматок и т. д. Важно отметить, что наиболее значимое снижение было характерно именно для холестерола, который в составе ЛПНП доставляется от места синтеза (паренхима печени) к периферическим структурам для использования в тех или иных процессах.

Помимо концентраций общего холестерола и его фракций определённые изменения претерпело и относительное содержание белков, осуществляющих транспортировку липидов в крови – липопротеидов (таблица 2).

Таблица 2. Относительное содержание липопротеидов в сыворотке крови свиноматок (X±σ)

Показатель	Единица измерения	Группа свиноматок				p, группы		
		первая	вторая	третья	четвёртая	вторая-третья	вторая-четвёртая	третья-четвёртая
ХМ	%	1,15± 0,102	1,85± 0,136	1,70± 0,232	1,67± 0,234	>0,05	>0,05	>0,05
p к первой группе			<0,01	<0,01	<0,01			
ЛПВП	%	18,43± 0,863	18,51± 1,096	25,78± 1,403	26,50± 2,621	<0,01	<0,01	>0,05
p к первой группе			>0,05	<0,01	<0,01			
ЛПНП	%	42,70± 0,913	41,17± 1,354	37,30± 2,967	36,17± 2,258	<0,01	<0,01	>0,05
p к первой группе			<0,01	<0,01	<0,01			
ЛПОНП	%	37,72± 1,191	38,48± 1,385	33,22± 3,040	35,66± 2,228	<0,01	<0,01	>0,05
p к первой группе			>0,05	<0,01	<0,01			

Изменение процентного содержания липопротеидов в сыворотке крови свиноматок также характеризовали снижение синтетических процессов в печени (в данном случае угнетение синтеза белков, осуществляющих транспорт липидов к периферическим органам и тканям). Как и в отношении изменений концентраций общего холестерола и его фракций, по мере нарастания серьёзности патологических процессов в печени происходило и изменения уровня той или иной фракции липопротеидов. Так, в сыворотке крови свиноматок и второй, и третьей, и четвёртой группы статистически значимо снижался уровень ЛПНП, синтезируемых в печени и осуществляющих транспорт липидов к периферическим тканям. Сходные изменения установлены и для относительного содержания ЛПОНП.

Уровень же ЛПВП, в составе которых холестерол доставляется с периферии в печень, в сыворотке крови свиноматок, у которых было установлено хроническое течение гепатопатий и их крайняя степень развития – цирроз, повышался (изменения были статистически значимы). В литературе имеются сведения о том, что на фоне хронического гепатита в ряде случаев может происходить повышения уровня ЛПВП [17]. В то же время следует учитывать, что относительное содержание ЛПВП могло возрасти вследствие одновременного снижения уровней ЛПНП и ЛПОНП в сыворотке крови свиноматок.

Заключение. Проведенные исследования показали, что у свиноматок при гепатопатиях (остром и хроническом гепатозе, циррозе печени) развиваются нарушения обмена холестерола и его транспорта кровью. По сравнению со свиноматками с отсутствием патологических

изменений в печени наиболее выраженные изменения концентраций (снижение) общего холестерола, холестерола ЛПВП и ЛПНП, а также относительного содержания ЛПНП выявлены в сыворотке крови свиноматок с циррозом печени. Статистически значимые снижения концентраций общего холестерола и холестерола ЛПНП, уровней ЛПНП и ЛПОНП были выявлены и у свиноматок с хроническим течением гепатоза. Установленные изменения характеризуют недостаточную синтетическую активность печени у свиноматок при гепатопатиях с переходом их в хроническое течение. Выявленная тенденция требует разработки и проведения эффективных лечебно-профилактических мероприятий на ранних стадиях развития тех или иных патологий печени. Для их своевременного выявления целесообразно проведение биохимического исследования сыворотки крови с учётом полученных и приведенных в настоящей статье данных.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сулайманова Г. В., Донкова Н. В. Гепатотоксическое действие лекарственных препаратов у животных // Вестник КрасГАУ. 2015. № 10. С. 201-205.
2. Морфологические и гистохимические изменения в печени свиней при воздействии микотоксинов и противопаразитарной обработке эприномектином на фоне субклинического микотоксикоза / Т. В. Герунов, В. И. Герунов, Л. К. Герунова [и др.] // Вестник Омского ГАУ. 2023. № 4 (52). С. 48-55.
3. Effects of Deoxynivalenol and Zearalenone on the Histology and Ultrastructure of Pig Liver / N. Skiepko, B. Przybylska-Gornowicz, M. Gajecki, B. Lewczuk // Toxins. 2020. 12 (7) : 463. doi: 10.3390/toxins12070463. PMID: 32698427; PMCID: PMC7404993.
4. Емельянов В. В. Экспериментальный токсический гепатит у поросят-отъемышей // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сборник научных трудов. Гродно, 2004. Т. 3, ч. 3 : Ветеринарные науки. С. 127-130.
5. Великанов В. В. Функциональное состояние печени у свиноматок в условиях промышленных технологий и его коррекция при токсической гепатодистрофии // Вестник Вятской ГСХА. 2020. № 2 (4). URL: https://v-vgsha.info/wp-content/uploads/journal/2020/2/N2_2020_velikanov_sostoyaniePecheniUSvinomatok.pdf. (дата обращения: 01.04.2021).
6. Курдеко А. П., Хлебус Н. К., Большакова Е. И. Состояние приплода, рост и развитие поросят при гепатопатиях свиноматок // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 2. С. 54-60.
7. Лютинский С. И. Патологическая физиология животных. 2-е изд., испр. и доп. Москва : КолосС, 2005. 496 с.
8. Петровский С. В., Котович И. В. Биохимический состав крови у свиноматок при гепатопатиях // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Т. 17, № 4. С. 99-110.
9. Васильев А. П., Стрельцова Н. Н. Холестерин, его биологическое значение. Атеросклероз. Статинотерапия (Ч. 1) // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. 2022. № 37 (1). С. 27-35.
10. Звенигородская Л. А., Чурикова А. А. Роль модифицированных липопротеинов в развитии атерогенной дислипидемии // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2011. № 11. С. 73-78.
11. Темник, Е.И. Особенности липидного обмена у пациентов с новой коронавирусной инфекцией на фоне хронического гепатита С / Е. И.Темник, Д. Ю. Константинов, Л. Л. Попова // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье. 2023. № 13 (5). С. 109-115.
12. Low LDL-C and High HDL-C Levels Are Associated with Elevated Serum Transaminases amongst Adults in the United States: A Cross-sectional Study / Z. G. Jiang, K. Mukamal, E. Tapper

[et al.] // PLoS ONE. 2014. Vol. 9 (1): e85366. doi: 10.1371/journal.pone.0085366. PMID: 24454851; PMCID: PMC3893181.
13. Состояние показателей липидного обмена у больных хроническим гепатитом С / А. О. Соломенник, Н. В. Анцыферова, А. Е. Бондарь [и др.] // ВІСНИК ВДНЗУ «Українська медична стоматологічна академія». 2012. Т. 12, вип. 3 (39). С. 94-97.
14. Петровский С. В. Липидный обмен у лактирующих свиноматок и профилактика его нарушений // Ученые записки учреждения образования "Витебская ордена "Знак Почета" государственная академия ветеринарной медицины". 2005. Т. 41, вып. 1. С. 39-40.
15. Курдеко А. П., Петровский С. В. Обмен липидов у свиноматок // Международный вестник ветеринарии. 2005. № 2. С. 82-84.
16. Пятроўскі С. У., Бальшакова А. І., Жукаў А. І. Гепатапатыі свінаматак: макра- і мікраскапічныя змяненні ў печані і некаторыя паказчыкі прадукцыйнасці // Ученые записки учреждения образования "Витебская ордена "Знак Почета" государственная академия ветеринарной медицины". 2023. Т. 59, вып. 4. С. 35-42.
17. Камышников В. С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике. 3-е изд. Москва : МЕДпресс информ, 2009. 896 с.

УДК 636.2.033

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕЛЕНОЙ МАССЫ, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ГИДРОПОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ, НА ОТКОРМОЧНЫЕ И ПРОДУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЫЧКОВ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В УСЛОВИЯХ ТОО «ЖАНА БЕРЕКЕ»

Абдыкаликова Б. К., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
доктор сельскохозяйственных наук РФ
E-mail: Sample12356@bk.ru
Барч К. Е.
E-mail: Kirillbarc2001@gmail.com
Некоммерческое акционерное общество «Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина», г. Астана, Казахстан

Аннотация

Работа посвящена оценке влияния зелёной массы, выращенной методом гидропоники, на откормочные и продуктивные показатели бычков мясного направления. Исследование проведено на базе ТОО «Жана Береке» в Акмолинской области. Рассмотрены показатели поедаемости кормов, прироста живой массы, убойного выхода и экономической эффективности при частичной замене концентратов гидропонным кормом. Установлено, что введение 8 кг гидропонного ячменя в рацион способствует увеличению среднесуточных приростов, улучшению конверсии корма и повышению качества мяса при одновременном снижении затрат.

Ключевые слова: гидропонный корм, рацион, мясной скот, среднесуточный прирост, убойный выход, конверсия корма

ASSESSING THE INFLUENCE OF USING GREEN MASS OBTAINED BY THE HYDROPONIC METHOD ON THE BEEF CATTLE FATTENING AND PRODUCTIVE PERFORMANCE AT THE FIRM “ZHANA BEREKE”

Abdykalikova B. K., candidate of agricultural sciences, associate professor,

doctor of agricultural sciences (RF)
E-mail: Sample12356@bk.ru
Barch K. E.
E-mail: Kirillbarc2001@gmail.com
NCJSC «S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», Astana, Kazakhstan

Annotation

The study is devoted to assessing the effect of green mass grown by the hydroponic method on the beef cattle fattening and productive performance. The research has been conducted at the firm “Zhana Bereke” in Akmola region. The study examined feed intake, live weight gain, slaughter yield, and economic efficiency when partially replacing conventional concentrates with hydroponic feed. It has been found out that the inclusion of 8 kg of hydroponically grown barley into the ration contributes to an increase in average daily gains, improvement of feed conversion, and enhancement of meat quality while simultaneously reducing production costs.

Keywords: hydroponic feed, ration, beef cattle, average daily gain, slaughter yield, feed conversion ratio

Введение. Рациональное и сбалансированное кормление является одним из ключевых факторов, определяющих эффективность откорма и продуктивность крупного рогатого скота. По данным аграрных исследований, уровень продуктивности животных на 60-70 % зависит именно от полноценности и стабильности кормовой базы, а также от качества используемых кормов. В современных условиях сельского хозяйства всё большее внимание уделяется внедрению энергоэффективных и инновационных технологий кормопроизводства, которые позволяют сократить зависимость животноводства от сезонности и погодных рисков.

Мясо как один из основных продуктов питания занимает важное место в обеспечении продовольственной безопасности государства. Оно является источником легкоусвояемого белка, незаменимых аминокислот, витаминов и микроэлементов, необходимых для полноценного питания населения. Увеличение производства мяса способствует укреплению продовольственной независимости страны, повышению уровня самообеспеченности населения и развитию агропромышленного комплекса. В Республике Казахстан развитие мясного животноводства является одним из приоритетных направлений аграрной политики, направленной на выполнение задач государственной продовольственной программы.

Одним из наиболее перспективных направлений в повышении эффективности мясного животноводства является использование зелёной массы, полученной методом гидропоники. Такой способ выращивания зелёных кормов обеспечивает высокую питательную ценность, стабильность производства в течение всего года, экономию земельных и водных ресурсов, а также возможность организации собственного производства кормов непосредственно на ферме.

Данная темы особенно актуальна для Республики Казахстан, поскольку в условиях резко континентального климата традиционная кормовая база сильно зависит от погодных условий – засух, поздних весен или ранних заморозков. Это приводит к колебаниям урожайности кормовых культур и, как следствие, к нестабильности обеспечения животных питательными веществами. В таких условиях гидропонное выращивание зелёной массы представляет собой реальную альтернативу сезонным кормам, обеспечивая стабильное кормление, высокие темпы откорма и повышение продуктивности животных.

Таким образом, использование гидропонных технологий в кормопроизводстве является эффективным инструментом повышения устойчивости и рентабельности животноводства в Казахстане, снижая влияние климатических факторов, повышая продуктивность скота и способствуя решению стратегически важной задачи – укреплению продовольственной безопасности страны.

Актуальность исследования. Современное мясное скотоводство сталкивается с проблемами высокой зависимости от зерновых концентратов, колебаний цен на корма и сокращения кормовой базы. В условиях изменения климата и роста затрат на производство кормов особую значимость приобретает поиск альтернативных, устойчивых и высокоэффективных источников питания для откорма КРС. Одним из таких направлений является использование гидропонного корма, который позволяет получать зелёную массу высокого качества за короткий цикл (6-8 дней), без использования почвы, пестицидов и больших площадей. Несмотря на возрастающий интерес к данной технологии, влияние гидропонной массы на откормочные качества КРС, её усвояемость, продуктивность и экономическую эффективность в условиях хозяйств Казахстана остаётся недостаточно изученным, что определяет научную и практическую значимость настоящего исследования.

Цель исследования – оценка влияния включения гидропонного корма в рационы откормочного молодняка КРС на среднесуточный прирост живой массы, показатели переваримости питательных веществ, убойный выход и качество туш и экономическую эффективность откорма при частичной замене концентратов.

Методика исследования. Животные были отобраны по принципу аналогов с учётом живой массы и возраста. Было сформировано две группы по 25 голов в каждой на заключительный период откорма продолжительностью 90 дней. Животные контрольной группы получали традиционный рацион хозяйства, а животные опытной группы – рацион с включением зелёной массы, выращенной методом гидропоники, в количестве 8,0 кг на голову в сутки, что соответствует питательности 1 кг ячменя.

Опыт проведения исследования осуществлялся на базе ТОО «Жана Береке», Ерейментауского района, Акмолинской области. Данное хозяйство специализируется на откорме молодняка крупного рогатого скота. Имеется репродуктор, а также осуществляется круглогодичная закупка разновозрастных бычков мясного направления из близлежащих хозяйств с последующим откормом. Откормочная база рассчитана на единовременное содержание 5000 голов. Кроме того, функционирует убойный цех с производственной мощностью до 20 голов в сутки.

Кормовая база хозяйства развита на высоком уровне: ежегодно заготавливаются сено, сенаж, силос, а также концентрированные корма – ячмень и кукуруза. Дополнительно в хозяйстве налажено производство гидропонного корма, объём которого составляет 8,0 тонн зелёной массы в сутки.

Содержание животных осуществляется круглогодично на открытой откормочной площадке без использования подстилки, поскольку хозяйство производит биогумус.

Следует отметить, что технология содержания бычков на открытых откормочных площадках без подстилочного материала применяется и в других хозяйствах Республики Казахстан при условии наличия соответствующей инфраструктуры: твёрдого покрытия, системы дренажа, защиты от ветров и подогреваемых поилок.

Технология кормления в исследуемом хозяйстве организована следующим образом: до достижения возраста 12-13 месяцев реализуется фаза доращивания, в течение которой основу рациона составляют основные объемистые корма (сено, сенаж, силос), с добавлением 25-30 % концентратов. Цель данной фазы – формирование мышечной массы. Заключительный откорм длится 90 суток, в течение которых постепенно сокращается доля объемистых кормов и увеличивается количество концентратов. В последние 30 дней в рацион дополнительно вводится кукурузное зерно.

Животные обеспечиваются круглосуточным доступом к чистой питьевой воде (в зимний период – подогретой), а также к минеральным добавкам (поваренной соли, мелу).

Раздача кормов осуществляется дважды в сутки.

Рационы кормления были составлены по нормам, утверждённым для мясного скота, с учётом возраста, живой массы и планируемого среднесуточного прироста. Гидропонный

корм скармливался в свежем виде ежедневно. Учёт фактического поедания кормов проводился по остаткам.

Методы учёта и наблюдений.

Живая масса животных определялась индивидуальным взвешиванием в начале опыта, через 30 дней и в конце опыта.

Среднесуточный прирост рассчитывался как разница между конечной и начальной живой массой, делённая на продолжительность опыта (в сутках).

Поедаемость кормов оценивалась по состоянию кормового стола дважды – через 1,5 часа после раздачи корма, с учётом выданного и остаточного количества.

Конверсия корма определялась как отношение количества затраченного корма (в кормовых единицах или килограммах сухого вещества) к приросту живой массы.

Оценка откормочных качеств. По окончании опыта проводилась оценка откормочных и мясных качеств бычков: определялись общая и среднесуточная живая масса, прирост массы, затраты корма на 1 кг прироста, предубойная живая масса, убойный выход, масса и выход внутреннего жира (таблица 1).

Таблица 1. Рацион кормления бычков контрольной группы на откорме (живая масса 430 кг, среднесуточный прирост 1000 г)

№	Показатели	Группы					
		контрольная			опытная		
1	Сено житняк, кг	2,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0
2	Силос кукуруза, кг	10,0	10,0	5,0	10,0	10,0	5,0
3	Сенаж люцерна, кг	5,0	5,0	8,0	5,0	5,0	7,0
4	Ячмень, кг	5,0	6,0	1,0	4,0	5,0	1,0
5	Гидропонный корм				8,0	8,0	8,0
6	Соль, мел	Свободный доступ					

В первый период живая масса составляла 430 кг, планируемый среднесуточный прирост – 1100 г; во второй период – 475 кг, среднесуточный прирост – 1200 г; в заключительный период – 510 кг, среднесуточный прирост – 1400 г.

При этом тип кормления животных контрольной группы в начале заключительного периода концентратно (59,5 %)-сочно (32,6 %)-грубый (7,8 %).

По утверждению Позняковского (2005), в этот возрастной период наблюдается интенсивное формирование мышечной ткани, что обосновывает необходимость рационов с повышенным содержанием энергии и усвояемого протеина. По мнению Ушакова (2012), преобладание сочных кормов обеспечивает хорошую поедаемость и водный баланс, концентраты повышают энергетическую ценность рациона, а небольшая доля грубых кормов выполняет структурную роль, стимулируя жвачную деятельность и нормальную моторику преджелудков. По утверждению Жданова (2010), в результате такое соотношение компонентов способствует физиологически обоснованному росту, эффективному использованию питательных веществ и формированию желаемой мясной кондиции животных.

В середине заключительного откорма бычков в хозяйстве используется концентрированно-сочный тип кормления, при котором доля концентратов составляет 61,6 %, сочных кормов – 33,9 %, а грубых – 4,1 %, а в опытной группе за счет дачи гидропонного корма концентротно (62,0 %)-сочно (44,1 %)-грубый (4,1 %) тип кормления. Такое соотношение обеспечивает животных необходимым количеством энергии и питательных веществ за счёт концентратов, а также способствует нормальной работе пищеварительной системы благодаря включению в рацион объёмных кормов. Подобная структура кормления соответствует общепринятым схемам откорма мясного скота, однако по результатам исследований (Хазияхмеов, 2006; Погосян и др., 2022), оптимальной для финишного откорма

считается более высокая доля концентратов – от 50 до 60 % от общей питательности рациона, с одновременным снижением количества сочных кормов до 25-30 % и поддержанием доли грубых кормов на уровне 10-15 %.

В исследовании, проведённом в Пензенском государственном аграрном университете (Погосян, Гаджимусаев, 2022), установлено, что увеличение уровня концентратов до 59-61 % при откорме бычков абердин-ангусской породы способствует повышению среднесуточных привесов и улучшению конверсии корма. Аналогичные результаты были получены и при откорме бычков голштинской породы, где повышение доли концентратов до 65-70 % привело к росту продуктивности. Согласно исследованиям Сударева Н. П. и соавторов (2023), применение рационов с повышенным содержанием концентратов при оптимальной доле грубых кормов обеспечивает стабильную работу рубца и предотвращает нарушения пищеварения. Также в технологических рекомендациях по производству говядины в молочном скотоводстве указывается, что к концу финишного периода доля силоса (сочных кормов) снижается до 14 %, а концентратов возрастает до 68 %, что обеспечивает максимальную энергоёмкость рациона и высокую продуктивность животных.

Таким образом, применяемый в хозяйстве тип кормления с преобладанием концентратов на уровне 44,3 % и повышенной долей сочных кормов может быть оптимизирован в сторону увеличения концентратов до 50-55 % и снижения сочных кормов до 30-35 %. Это позволит повысить эффективность откорма, улучшить конверсию корма и увеличить среднесуточные привесы, не нарушая при этом физиологическое состояние пищеварительной системы животных.

Тип кормления в контрольной группе характеризуется высокой долей концентратов (82,9 %), что обеспечивает высокую энергетическую плотность рациона и способствует интенсивному набору живой массы. Однако такой высокий уровень концентратов без достаточного количества грубых кормов может негативно влиять на здоровье рубца и вызывать метаболические нарушения.

В опытной группе за счет замены 1 кг ячменя на 8 кг гидропонного корма увеличилась доля сочного корма до 25,2 %, что улучшает микрофлору рубца и снижает риск ацидоза, обеспечивая при этом стабильный и высокий среднесуточный прирост (1400 г). При этом доля концентратов снижена до 73,2 %, что делает рацион более сбалансированным.

За счет увеличения сочного корма и снижения количества концентратов в рационе опытной группы достигается лучшее физиологическое состояние животных и профилактика нарушений пищеварения. Однако доля грубого корма в обеих группах (3,6 %) остается недостаточной для оптимального механического воздействия на рубец и требует увеличения до рекомендованных 10-15 %.

При этом состояние кормового стола проверяли три раза в день и при необходимости еженедельно вносили изменения в рацион. При этом обращали внимание на остаток корма. Если остаток корма по истечении трёх часов после раздачи превышал 10 %, дачу кормов сокращали. Если же через полтора часа после раздачи остаток был ниже 10 %, рацион корректировали в сторону увеличения.

Определение поедаемости кормов является одним из ключевых аспектов эффективного управления рационом в откормочных хозяйствах. Анализ опыта крупных производителей позволяет выделить несколько подходов к оценке поедаемости и оптимизации кормления, так как опыт ведущих хозяйств демонстрирует, что контроль остатков корма в фиксированные временные промежутки является эффективным инструментом для оценки поедаемости и корректировки рационов. Интеграция современных методов мониторинга и автоматизации позволяет повысить экономическую эффективность откорма и улучшить продуктивные показатели животных.

В связи с этим, помимо ежедневного контроля кормового стола, один раз в месяц поедаемость кормов подопытными животными определяется с использованием системы GrowSafe Systems Ltd.

GrowSafe Systems Ltd. – канадская компания, основанная в провинции Альберта (г. Эйрдри). Она разработала и производит автоматизированные системы для измерения индивидуального потребления корма животными. Эти системы широко применяются в научных исследованиях, программах генетической селекции, а также на промышленных фермах для повышения эффективности откорма.

GrowSafe является мировым лидером в области мониторинга кормопотребления у крупного рогатого скота и других сельскохозяйственных животных. Технология компании запатентована и используется с конца 1990-х годов в Канаде, США, Австралии, странах Европы и Азии.

Система позволяет измерять, сколько корма съедает каждое животное в сутки, анализировать его поведение у кормушек (время подхода, длительность кормления, частоту посещений), вычислять остаточное потребление корма (RFI – *Residual Feed Intake*) – показатель, отражающий, насколько эффективно животное использует корм для прироста массы, и выявлять животных с высокой кормовой эффективностью, что имеет большое значение в племенной работе.

Работа системы GrowSafe основана на сочетании электронной идентификации животных (RFID) и точных весовых измерений кормушек. Для этого каждое животное получает индивидуальную RFID-метку (электронную бирку), обычно закрепляемую на ухе.

Кормовые станции (лотки или бункеры) оснащены RFID-считывателями, которые определяют, какое животное подошло к кормушке, и высокоточными весовыми модулями (load cell), измеряющими массу корма в реальном времени. Когда животное начинает есть, система фиксирует его идентификатор, время начала кормления и последующие изменения массы корма. После ухода животного данные автоматически сохраняются – известно, сколько корма оно съело и как долго находилось у кормушки. Все данные передаются в центральный компьютер и обрабатываются программным обеспечением GrowSafe, которое формирует отчёты о потреблении, активности и эффективности каждого животного. Таким образом, система полностью автоматизирует учёт индивидуальной поедаемости без участия человека.

Преимущества технологии – высокая точность и объективность измерений, индивидуальный контроль в условиях группового содержания, снижение трудозатрат и влияния человеческого фактора, а также возможность автоматического анализа данных (рост, поедаемость, эффективность). Кроме того, система используется в селекционной работе, позволяя отбирать животных с лучшими генетическими показателями по кормовой эффективности.

В Казахстане компании используют разные методы контроля поедаемости кормов. Например, компания KazBeef сотрудничает с международной консалтинговой компанией Feedlot Health Management Service, предоставляющей услуги по мониторингу и консультированию в области откорма крупного рогатого скота. Это сотрудничество способствует внедрению современных методов оценки поедаемости и оптимизации рационов в откормочных хозяйствах.

В зарубежных исследованиях также рассматриваются методы оценки поедаемости кормов. В материалах Liu H., Gao J., Baran D., Montout A., Campbell N. W., Dowsey A. W. Cattle представлены методы видеоанализа поведения крупного рогатого скота, включая идентификацию кормления, что может быть полезно для оценки поедаемости.

В Казахстане система GrowSafe внедрена в хозяйствах ТОО «Жана Береке» и ТОО «Галицкое» (таблица 2).

Таблица 2. Результаты исследования поедаемости кормов подопытными животными в системе GrowSafe

№	Показатели	В рационе СВ, кг		Группы			
		контрольная	опытная	контрольная		опытная	
				кг	%	кг	%
1	Первый месяц (19-20.06.25)	11,8	10,9	11,4	96,3	10,6	97,5
2	Второй месяц (24-25.07.25)	10,6	10,8	10,2	96,5	10,7	98,8
3	Третий месяц (22-23.08.25)	11,0	11,0	10,7	97,0	10,9	99,7
Итого за период откорма		11,1	10,9	10,8	96,6	10,7	98,7

Анализ таблицы свидетельствует о достаточно высокой поедаемости кормов подопытными животными, которая колеблется на уровне 96,3-99,7 %. При этом животные опытной группы, получившие к основному рациону зелёную массу гидропонного корма, показали поедаемость на 2,1 % выше по сравнению с контрольной группой (рисунок 1, 2; таблица 3).

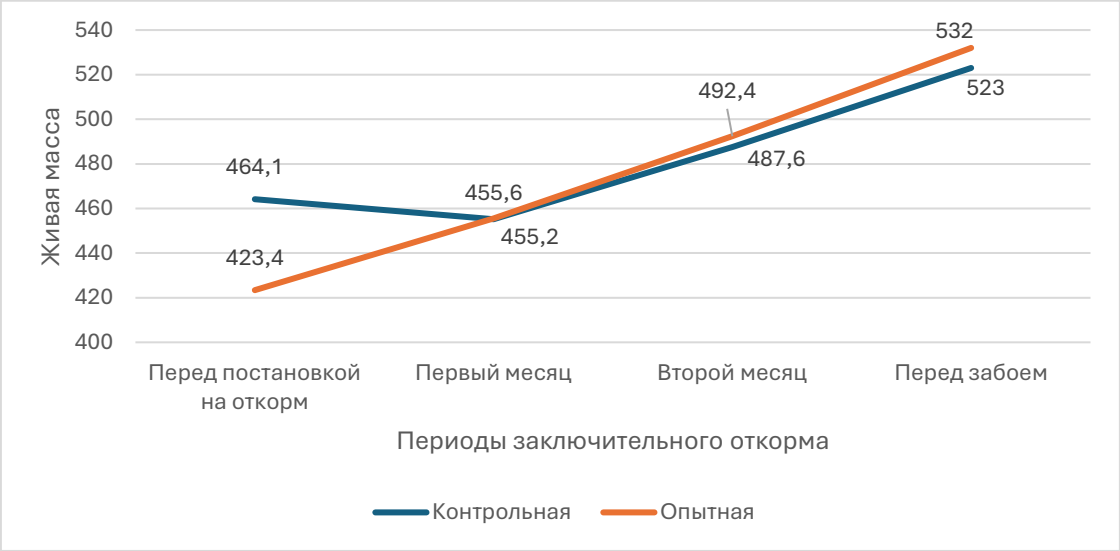


Рисунок 1. Изменение живой массы подопытных животных в заключительный период откорма

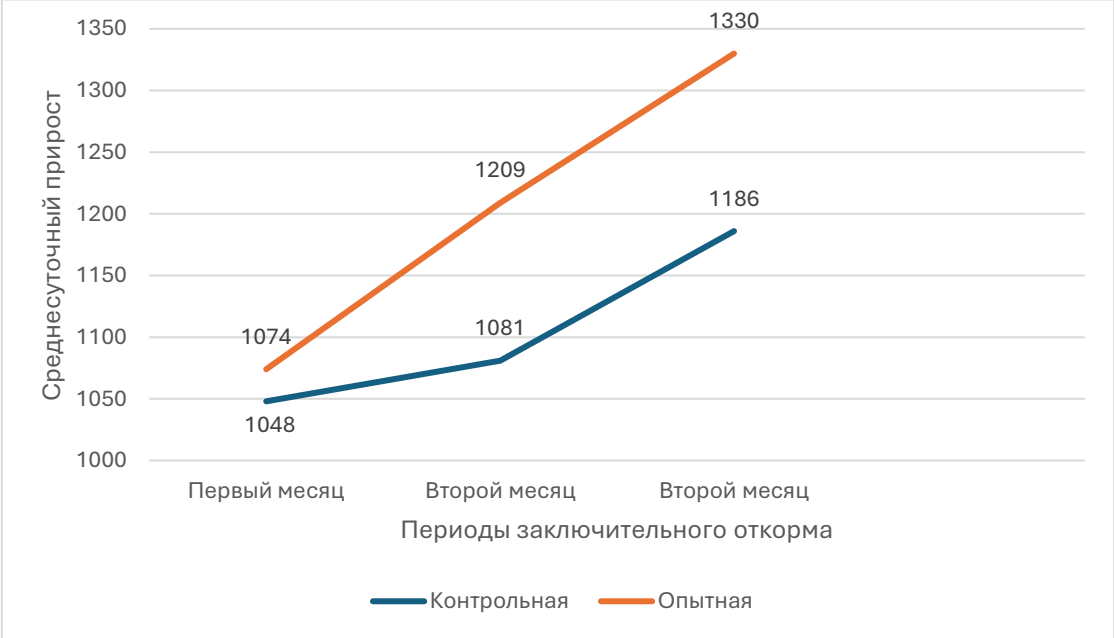


Рисунок 2. Среднесуточный прирост массы подопытных животных в заключительный период откорма

Таблица 3. Изменение живой массы подопытных животных

№	Показатели	Ед. изм.	Группы	
			Контрольная	Опытная
1	Продолжительность откорма	дни	90	
2	Живая масса перед постановкой на заключительный откорм	кг	424,08+22,57	423,36+23.03
3	Живая масса в 1 мес. заключительного откорма	кг	455,16+22,87	455,6+22,85
4	Живая масса во 2 мес. заключительного откорма	кг	487,64+21,88	492,36+23,59
5	Живая масса перед забоем	кг	523,0+22,06	532,36+23,61
6	Среднесуточный прирост в 1 мес.	г	1048,4+103,55	1074,4+113,18
7	Среднесуточный прирост в 2 мес.	г	1081,88+247,26	1209,2+234,82
8	Среднесуточный прирост в 3 мес	г	1186,92+265,27	1329,6+164,35

Проведённые исследования показали, что включение в рацион бычков гидропонного ячменя вместо части концентратов оказало положительное влияние на динамику живой массы, среднесуточные приросты и убойные качества животных. Продолжительность заключительного откорма в обеих группах составила 90 дней, что обеспечило сопоставимость условий содержания и кормления, а значит, корректность сравнительной оценки полученных результатов.

В начале заключительного откорма масса животных в обеих группах находилась примерно на одном уровне, что говорит о равных стартовых условиях. В течение первого месяца различия между контрольной и опытной группами были незначительными, что можно объяснить периодом адаптации животных к новому виду корма. Известно, что при переходе на гидропонные зеленые корма у жвачных временно изменяется микрофлора рубца и ферментативная активность, что требует определённого времени для стабилизации пищеварительных процессов. Несмотря на это, уже к концу первого месяца у бычков, получавших гидропонный ячмень, отмечалась небольшая тенденция к повышению среднесуточного прироста, что указывает на успешное привыкание и начало более эффективного использования питательных веществ.

Во втором месяце откорма эффект применения гидропонного ячменя стал более выраженным: прирост живой массы в опытной группе был выше контрольного примерно на 11-12 %, что свидетельствует о повышении продуктивного действия корма. Вероятно, это связано с высоким содержанием в зелёной массе гидропонного ячменя легкоусвояемых углеводов, ферментов, витаминов группы В и каротиноидов, которые усиливают обмен белков и способствуют более полному усвоению азотистых веществ. Подобную тенденцию отмечали Федосеев (2020) и Поляков и др. (2021), установившие, что гидропонные корма активизируют микробиологические процессы в рубце, ускоряют переваривание клетчатки и повышают конверсию питательных веществ.

К третьему месяцу откорма различия между группами достигли максимума: бычки опытной группы превосходили контрольных по среднесуточным привесам примерно на 12 %. Это говорит о том, что гидропонный ячмень не только хорошо усваивается, но и оказывает кумулятивный эффект: накопленные изменения в обмене веществ приводят к более интенсивному росту мышечной массы. Подобная динамика подтверждает выдвинутую гипотезу о целесообразности использования гидропонного ячменя в откормочных рационах.

Положительные изменения наблюдались и по убойным показателям. Убойная масса и убойный выход у опытных животных были выше на 5-6 % и около 1 % соответственно. Эти данные свидетельствуют о более рациональном использовании энергии корма на образование мышечной ткани и повышении мясных кондиций туш. Согласно результатам Сидоренко и др. (2022), применение зелёных кормов гидропонного происхождения

способствует увеличению выхода съедобной части туши за счёт уменьшения доли костей и внутреннего жира.

Особое внимание заслуживает снижение массы и выхода внутреннего жира у животных опытной группы примерно на 10-12 %. Это говорит о смещении энергетического обмена в сторону белкового синтеза и меньшем отложении подкожного и внутреннего жира. Такая перестройка обменных процессов характерна при поступлении в рацион биологически активных веществ растительного происхождения, способствующих улучшению метаболизма и повышению качества мяса. Сходные результаты получены Громовым и соавт. (2020), которые показали, что гидропонные корма стимулируют белковый обмен и формирование более плотной мышечной ткани при одновременном снижении жировых отложений.

Таким образом, по совокупности полученных данных можно утверждать, что использование гидропонного ячменя в рационе откармливаемых бычков подтвердило рабочую гипотезу исследования. Добавление 8 кг гидропонного корма по питательности, заменяющего часть концентратов, не только не оказало отрицательного влияния на приросты и мясные качества животных, но и способствовало их существенному улучшению. Отмеченное повышение живой массы, увеличение среднесуточных приростов и убойного выхода при одновременном снижении жироотложений указывает на высокую эффективность и биологическую ценность гидропонного ячменя.

Следовательно, включение гидропонных кормов в рационы мясного скота можно рассматривать как перспективное направление повышения продуктивности и качества говядины, особенно в условиях ограниченности традиционных кормовых ресурсов и необходимости интенсификации животноводства.

Полученные в ходе опыта результаты можно объяснить как изменением структуры рациона, так и особенностями химического состава гидропонного ячменя. Несмотря на то что содержание сахаров и протеина в обеих группах не достигало оптимального соотношения (норма С:П – около 9:1), их баланс в опытной группе был более благоприятным – 3,32:1 против 1,65:1 в контрольной. Это указывает на лучшее соотношение легкоусвояемой энергии и азотистых веществ, что способствует более полному использованию протеина на синтез мышечной ткани, а не на энергетические нужды.

Повышенное содержание сахаров в гидропонном корме (в 1,5-2 раза больше, чем в зерне) могло обеспечить дополнительную энергетическую подпитку микрофлоры рубца, что усилило процессы микробного синтеза белка. Известно, что именно сахара, в отличие от крахмала, обеспечивают более равномерное поступление энергии для микробов, участвующих в разложении клетчатки (Савченко, 2019). В результате в рубце создаются оптимальные условия для переваривания кормов и образования микробного протеина – основного источника аминокислот для жвачных животных.

Важным фактором является также повышенное содержание каротина в гидропонном ячмене. По нашим данным, его количество почти в два раза превышало уровень в зерне. Каротин не только является предшественником витамина А, но и играет роль антиоксиданта, улучшая обменные процессы, работу печени и состояние эпителия слизистых оболочек. Это, в свою очередь, способствует лучшему усвоению питательных веществ и стабильности обмена. Подобные эффекты отмечали Громов и др. (2020), указывая, что гидропонные корма с высоким содержанием каротина стимулируют рост и повышают иммунный статус животных.

Следует отметить, что в первый месяц эксперимента значительных различий между группами по живой массе не наблюдалось. Вероятно, это связано с периодом адаптации животных к новому типу корма. В этот период в рубце формировалась новая микробная флора, способная эффективно перерабатывать свежую зеленую массу. Однако уже со второго месяца действие гидропонного корма проявилось в виде увеличения среднесуточных приростов на 11-12 %. Таким образом, положительный эффект имеет нарастающий характер: по мере

адаптации пищеварительной системы повышается эффективность использования энергии и азота, что отражается в более интенсивном росте животных (таблица 4).

Таблица 4. Мясные качества подопытных животных

№	Показатели	Ед. изм.	Группы	
			контрольная	опытная
1	Убойная масса	кг	295,04+14,97	310,4+15,82
2	Убойный выход	%	56,44+2,33	57,4+2,66
3	Масса внутреннего жира	кг	15,2+2,14	13,54+2,11
4	Выход внутреннего жира	%	5,15+0,70	4,56+1,14

Анализ результатов убоя показывает, что убойный выход в опытной группе 57,4 % против 56,44 % в контрольной группе. По утверждению исследователей, на убойный выход влияют множество факторов: порода/тип животного, упитанность, мышечная масса, состояние и наполнение желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), пол, возраст, диета и условия убоя. С учётом этих показателей убойный выход крупного рогатого скота колеблется, по литературным данным, приблизительно от 50 до 65 %, при этом у специализированного мясного скота убойный выход выше, чем у помесей или беспородного скота. Это связано с меньшей мышечной массой, более высоким относительным весом костей и пятой четверти у помесей, а также с типом кормления: животные, получившие в заключительный период откорма преимущественно концентратный рацион, имеют тенденцию к более высокому убойному выходу.

Масса внутреннего жира у откормочных бычков в среднем колеблется в пределах 15-25 кг, что составляет около 1,5-2,5 % живой массы. На данный показатель, по результатам исследований, оказывают влияние порода и тип животных, уровень упитанности, возраст, направление продуктивности и тип кормления, особенно в заключительный период откорма.

Так, по данным Кочеткова и др. (2019), при откорме бычков казахской белоголовой и симментальской пород масса внутреннего жира составляла 20-25 кг, или 2,0-2,3 % живой массы, что отражает высокий уровень упитанности животных мясного направления (Агропромышленный комплекс России, 2019). Аналогичные результаты приводит Галкин (2017) в диссертационном исследовании: у помесных бычков черно-пёстрой и казахской белоголовой пород масса внутреннего жира варьировала от 16 до 21 кг при выходе 1,8-2,1 % живой массы.

По данным Сеитова (2020), у беспородного откормочного скота в условиях юго-востока Казахстана масса внутреннего жира составила 15-18 кг, или 1,5-2,0 % живой массы, что соответствует нижней границе показателя для животных данного типа и связано с менее выраженным мясным направлением продуктивности (Вестник КазНАУ, 2020). В опытах Ларионовой (2021) на герефордах и беспородных помесях масса внутреннего жира достигала 18-28 кг, при относительном выходе 1,8-2,6 %, что подтверждает влияние породы и степени упитанности (Зоотехническая наука России, 2021).

Особое значение имеет тип кормления в заключительный период откорма. Так, Искаков (2018) показал, что при повышении доли концентратов в рационе до 60 % масса внутреннего жира у беспородных бычков увеличивалась до 22-25 кг (≈ 2,4 %), тогда как при доле концентратов 40 % она составляла лишь 19,8 кг (1,9 %). Это объясняется повышением энергетической плотности рациона и, соответственно, более интенсивным накоплением жира в организме животных.

В целом, по результатам отечественных и казахстанских исследований, можно заключить, что масса внутреннего жира у бычков возрастает по мере увеличения доли концентратов в рационе и улучшения упитанности, при этом более высокие показатели характерны для мясных и мясо-молочных пород, тогда как у беспородных животных они ниже на 10-20 %.

Рост убойной массы и повышение убойного выхода в опытной группе при одновременном снижении массы внутреннего жира свидетельствуют о перераспределении питательных веществ в сторону синтеза мышечной ткани. Это связано с тем, что избыточная энергия, поступающая из сахаров, при достаточном уровне протеина используется для образования белков, а не жиров. Другими словами, в организме бычков создаются условия для более «мясного» типа откорма, что и наблюдается в результате.

Таким образом, обсуждаемые данные позволяют утверждать, что положительный эффект гидропонного ячменя обусловлен совокупностью факторов:

- лучшим соотношением сахаров и протеина, обеспечивающим оптимальные условия для микробного синтеза белка;

- повышенным содержанием каротина, улучшающим обмен веществ и устойчивость организма;

- равномерным поступлением легкоусвояемой энергии, способствующей интенсивному росту без избыточного жироотложения.

Все это в совокупности подтверждает выдвинутую гипотезу о том, что гидропонный ячмень является эффективным энергетическим и биологически активным компонентом рациона, повышающим мясную продуктивность бычков и качество туш.

Таким образом, накопление внутреннего жира находится в прямой зависимости от энергетической обеспеченности рациона и степени упитанности животных. По материалам Кочеткова и др., (2019) и Искакова (2018), умеренное увеличение доли внутреннего жира обычно сопровождается ростом убойного выхода и улучшением морфологического состава туши, так как оно отражает более полное отложение энергии в виде жировой ткани. Однако при чрезмерном отложении жира происходит перерасход кормовых ресурсов, не приводящий к пропорциональному увеличению массы туши, поэтому оптимальным считается уровень внутреннего жира около 2 % живой массы для беспородного и помесного скота.

Экономическая эффективность зоотехнических мероприятий является определяющим фактором при внедрении новых технологий кормления. Даже при положительных биологических результатах (повышении продуктивности, улучшении качества мяса и т. д.) решение о широком применении метода должно подтверждаться его экономической целесообразностью.

Рациональное использование кормов в животноводстве играет ключевую роль в решении продовольственной программы и обеспечении населения полноценными продуктами животноводства. Известно, что доля кормов в себестоимости продукции животноводства составляет от 55 до 70 %, а при откорме крупного рогатого скота может достигать 75 %. Поэтому любые способы снижения кормовых затрат при сохранении или повышении продуктивности имеют решающее значение для экономики хозяйства.

Использование гидропонного ячменя способствует интенсификации откорма и снижению затрат на традиционные корма (зерно, сено, силос), что напрямую влияет на снижение себестоимости мяса. Повышение продуктивности животных при одновременном уменьшении расхода концентратов позволяет увеличить коэффициент окупаемости кормов и сократить период откорма без ущерба для качества мяса.

Одним из ключевых показателей экономической эффективности является конверсия корма, то есть способность животных превращать питательные вещества рациона в продукцию – мясо, молоко или прирост живой массы.

Конверсия корма определяется по формуле

$$\text{Конверсия корма (К)} = \frac{\textit{Расход кормовых единиц за период, к. ед.}}{\text{Прирост живой массы, кг}} \quad (1)$$

или, в обратном виде, коэффициент кормоотдачи

$$Кормоотдача\ (КО) = \frac{Прирост\ живой\ массы,\ кг}{Расход\ кормовых\ единиц,\ к.\ ед.} \quad (2)$$

Чем меньше конверсия или выше кормоотдача, тем эффективнее используется корм и тем ниже себестоимость продукции (таблица 5).

Таблица 5. Конверсия корма

№	Показатели	Группы	
		контрольная	опытная
1	Поголовья животных, гол.	25	
2	Прирост живой массы, кг	98,8	109,0
3	Живая масса после 30 дн. заключительного периода, кг	31,0	32,2
4	Живая масса после 60 дн. заключительного периода, кг	32,4	36,8
5	Живая масса после 90 дн. заключительного периода, кг	35,4	40,0
6	Расход кормов, кг	1065	969
7	30 дней	348	327
8	60 дней	336	324
9	90 дней	381	318
10	Конверсия корма за 90 дн. заключительного периода	10,8	8,9
11	30 дней	11,2	10,2
12	60 дней	10,4	10,0
13	90 дней	10,8	7,95

Как видно из таблицы, конверсия корма была достаточно высокой. При оптимальных параметрах 6,5-7,0 кормовых единиц для высокопродуктивных специализированных мясных пород у подопытных животных контрольной группы конверсия корма составила 10,8, тогда как у животных опытной группы – 8,9.

Следует отметить, что включение в рацион гидропонной зелёной массы положительно повлияло на конверсию корма.

По данным Rajkumar и др. (2018) включение гидропонного зелёного корма в рацион молодняка крупного рогатого скота улучшает показатели роста и, в ряде случаев, конверсии корма. В нашем опыте, применённом к беспородным бычкам, наблюдается снижение конверсии с 10,8 до 8,9 при добавлении гидропонной зелёной массы, что соответствует положительной тенденции, зафиксированной в литературе.

Вывод. Результаты проведённого опыта убедительно показывают, что внедрение гидропонных технологий в кормопроизводство является эффективным инструментом повышения продуктивности и устойчивости мясного скотоводства. Включение зелёной массы, выращенной методом гидропоники, в рационы откармливаемых бычков обеспечило не только увеличение среднесуточных приростов живой массы, но и улучшение физиологического состояния животных, показателей мясной продуктивности и экономических параметров откорма.

Животные опытной группы, получавшие 8 кг гидропонного ячменя в сутки, превосходили контрольную группу по среднесуточным привесам на 10-12 %, по убойной массе – на 5-6 %, а по качеству мяса – пониженным содержанием внутреннего жира и более плотной структурой мышечной ткани. Это свидетельствует о повышении биологической ценности продукции.

Введение гидропонного ячменя позволило частично заменить традиционные концентраты без снижения энергетической ценности рациона. Такая замена улучшила баланс

между энергией и протеином, а также способствовала более полному использованию азотистых веществ за счёт высокой усвояемости и содержания ферментов, витаминов и каротина.

Применение гидропонных кормов имеет особое значение для Казахстана, где резко континентальный климат и дефицит зелёных кормов в зимний период часто ограничивают стабильность откорма. Технология гидропоники обеспечивает круглогодичное получение высококачественной зелёной массы при минимальных ресурсных затратах, что способствует снижению зависимости животноводства от сезонных факторов и повышению продовольственной безопасности страны.

Таким образом, использование гидропонных кормов в мясном скотоводстве не только повышает биологическую продуктивность животных и качество говядины, но и обеспечивает устойчивость производственных процессов, экономию ресурсов и рост рентабельности предприятий аграрного сектора. Это направление является одним из наиболее перспективных путей модернизации кормопроизводства и адаптации животноводства к климатическим вызовам XXI века.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Погосян Г. В., Гаджимусаев Ш. М. Влияние уровня концентратов в рационе на продуктивность бычков // Вестник Пензенского ГАУ. 2022. № 2. С. 58-63.
2. Оптимизация доли концентратов и грубых кормов при откорме мясного скота / Н. П. Сударев, [и др.] // Технология производства говядины. 2023. № 1. С. 22-28.
3. Савченко И. А. Энергетический баланс и переваримость кормов у жвачных животных. Москва : Агропромиздат, 2019. 204 с.
4. Громов А. Н., Поляков И. С., Федосеев П. П. Гидропонные корма в откорме бычков: влияние на приросты и качество мяса // Зоотехния. 2020. № 6. С. 37-42.
5. Сидоренко В. А., Козлов А. Н., Ермаков И. В. Применение зелёных кормов в откорме мясного скота // Аграрная наука. 2022. № 3. С. 17-21.
6. Позняковский В. М. Физиология питания и кормления сельскохозяйственных животных. Новосибирск : СибГАУ, 2005. 230 с.
7. Ушаков А. А. Основы кормления и содержания мясного скота. Москва : Колос, 2012. 178 с.
8. Behavior-based feed intake monitoring in beef cattle / H. Liu, L. Gao, D. Baran [et al.] // Cattle Science Journal. 2021. Vol. 12. P. 55-63.
9. GrowSafe Systems Ltd. Feed intake monitoring and RFI measurement. Alberta (Canada) : GrowSafe, 2020. 45 p.
10. Poljakov V. I. Hydroponic green mass in beef cattle feeding // Animal Nutrition and Feed Technology. 2021. Vol. 25 (4). P. 233-240.

УДК 636.1.03

ВЛИЯНИЕ ПОРОДНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛОШАДЕЙ И СИСТЕМЫ КОРМЛЕНИЯ НА МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА КУМЫСА

Абдыкаликова Б. К., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
доктор сельскохозяйственных наук РФ
E-mail: Sample12356@bk.ru
Сырымбетова К. С.
E-mail: karinasyrymbetova65@gmail.com
Некоммерческое акционерное общество «Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина», г. Астана, Казахстан

Аннотация

В статье рассматривается влияние породных особенностей лошадей и системы кормления на молочную продуктивность кобыл и экономическую эффективность производства кумыса. Исследования проводились в условиях кумысного комплекса «Кымызын-ай» АО «Астана-Өнім» (г. Астана, Республика Казахстан) в течение лактационного периода с апреля по сентябрь 2025 года. В работе приведены данные по рациону кормления, условиям содержания, физиологическим показателям и результатам сравнительного анализа молочной продуктивности кобыл различных пород при стойловом и пастбищном содержании. Установлено, что сбалансированное кормление и рациональное использование породного потенциала способствуют увеличению удоев, повышению жирности молока и, как следствие, улучшению качества и рентабельности производства кумыса.

Ключевые слова: кобылы, жеребцы-производители, молочная продуктивность, кобылье молоко, кумыс, кормление, порода, стойловое содержание, пастбищное содержание, экономическая эффективность

INFLUENCE OF HORSES` BREED CHARACTERISTICS AND FEEDING SYSTEMS ON MILK PRODUCTIVITY AND ECONOMIC EFFICIENCY OF KUMIS PRODUCTION

Abdykalikova B. K., candidate of agricultural sciences, associate professor,
doctor of agricultural sciences (RF)

E-mail: Sample12356@bk.ru
Syrymbetova K. S.
E-mail: karinasyrymbetova65@gmail.com
NCJSC «S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», Astana, Kazakhstan

Annotation

The article examines the influence of breed characteristics of horses and feeding systems on the milk productivity of mares and the economic efficiency of kumis production. The research was being carried out at the kumis complex “Kymyzin-ai” of the JSC “Astana-Өnim” (Astana, the Republic of Kazakhstan) during the lactation period from April to September 2025. The study presents the data on feeding rations, housing conditions, physiological indicators, and the results of the comparative analysis of milk productivity of mares of different breeds under stall and pasture housing. It has been established that balanced feeding and rational utilization of breed potential contributes to an increase in milk yield and fat content, thereby improving the quality and profitability of kumis production.

Keywords: mares, stud horses, milk productivity, mare’s milk, kumis, feeding, breed, stall housing, pasture housing, economic efficiency

Введение. Развитие коневодства в Казахстане имеет глубокие исторические корни и важное социально-экономическое значение. Лошадь с древних времён является не только транспортным и рабочим животным, но и источником ценных продуктов питания – мяса и молока. Среди традиционных продуктов, получаемых из кобыльего молока, особое место занимает кумыс – национальный напиток, обладающий высокими питательными, диетическими и лечебными свойствами. В последние годы наблюдается устойчивый рост интереса к кумысу как на внутреннем, так и на внешнем рынке, что обусловлено его натуральностью, функциональными свойствами и востребованностью в индустрии здорового питания.

Современные тенденции в коневодстве направлены на повышение эффективности производства за счёт оптимизации кормления и содержания, рационального использования породного потенциала, а также внедрения современных технологий переработки. По данным Жетписбаева (2022), при сбалансированном кормлении и использовании высокопродуктивных пород (казахской, башкирской, новоалтайской) удой кобыл в среднем увеличивается на 20-25 %, а содержание сухих веществ и сахаров в молоке возрастает, что улучшает вкус и биохимические свойства кумыса.

Несмотря на высокий потенциал отечественного коневодства, в большинстве хозяйств сохраняются традиционные методы содержания и кормления, что ограничивает возможность увеличения объёмов и стабильности производства кумыса. Недостаток системного подхода к подбору пород и рационов приводит к неравномерности удоев, снижению качества сырья и экономической эффективности переработки.

Таким образом, исследование влияния породных особенностей и системы кормления на молочную продуктивность кобыл и экономическую эффективность производства кумыса является актуальной научно-практической задачей, направленной на развитие отечественного коневодства и повышение конкурентоспособности национального продукта – кумыса.

Актуальность темы. Исследование влияния породы и кормления на молочную продуктивность кобыл имеет важное значение для оптимизации технологии производства и повышения экономической эффективности кумысоделия. Результаты такого анализа позволяют рационально подбирать породы, адаптированные к местным условиям, разрабатывать сбалансированные схемы кормления и снижать себестоимость готовой продукции, сохраняя её биологическую ценность.

Таким образом, данная работа является актуальной, поскольку направлена на повышение продуктивности и рентабельности отрасли молочного коневодства, а также

на развитие отечественного производства кумыса как перспективного направления функционального питания.

Практическая значимость. Хозяйство, созданное в 1976 году как кумысная ферма по производству кумыса и конины и содержавшее лошадей казахской породы джабе, в переходные периоды своей истории неоднократно переходило в разные структурные подразделения, где целенаправленная селекционно-племенная работа не проводилась. В результате инбридинга и использования производителей различных скаковых пород продуктивность поголовья резко снизилась.

В связи с этим в 2024 году было принято решение о повышении продуктивности местных лошадей с использованием русской тяжеловозной породы. Руководством предприятия была поставлена задача изучить молочную и мясную продуктивность русских тяжеловозов, окупаемость производимой продукции, акклиматизационные способности при пастбищном содержании, а также влияние круглогодичного подножного кормления на продуктивность животных и другие показатели.

Настоящая работа представляет собой первый этап исследования продуктивности русских тяжеловозов и направлена на сравнительную оценку их продуктивности, изучение роста и развития молодняка, а также определение окупаемости.

Цель исследования. Определить влияние породных особенностей и системы кормления лошадей на молочную продуктивность кобыл и экономическую эффективность производства кумыса.

Задачи исследования:

1. Провести сравнительный анализ молочной продуктивности кобыл различных пород при разных системах содержания (стойловое и пастбищное).
2. Оценить влияние системы кормления и условий содержания на качественный состав кобыльего молока (содержание белка, жира, лактозы, минеральных веществ).
3. Исследовать экономические показатели эффективности производства кумыса в зависимости от породных особенностей и технологии кормления.
4. Разработать практические рекомендации по повышению молочной продуктивности кобыл и рентабельности производства кумыса на основе полученных данных.

Методика исследования. Исследования проводились в условиях кумысного комплекса «Кымызын-ай» АО «Астана-Өнім» в течение апреля-сентября 2025 года. В хозяйстве содержится 365 голов лошадей, в том числе 143 головы кобыл. В 2025 году выход молодняка на 100 маток составил 95 %, или 124 головы. В хозяйстве в основном содержатся помеси казахской джабе, а в конце 2024 года было закуплено 26 голов лошадей тяжеловозной породы, из них 23 кобылы и 3 жеребца-производителя. Все кобылы – первой жеребости.

В работе использовались общепринятые методы зоотехнических, биохимических и экономических исследований.

Объектом исследования являлись кобылы различных пород – русской тяжеловозной и помеси – казахский джабе и верховые породы лошадей, используемых для производства кумыса.

Предметом исследования являлось влияние породных особенностей и системы кормления на молочную продуктивность, химический состав кобыльего молока и экономическую эффективность его переработки в кумыс.

Условия содержания и кормления. Кобылы содержались при двух различных системах:

- стойловое содержание – на основе сбалансированного рациона, включающего сено злаковых и бобовых трав, овёс, отруби, комбикорм и минерально-витаминные добавки;

- пастбищное содержание – на естественных пастбищах с сезонным обеспечением водой и минеральными добавками.

Рационы были составлены в соответствии с нормами кормления лошадей, разработанными ВНИИ коневодства (РФ, 2016) и Казахским НИИ животноводства (РК, 2018).

Контроль качества кормов проводился по содержанию сырого протеина, клетчатки, кальция, фосфора и обменной энергии.

Удой кобыл определялся путём контрольных доек один раз в месяц, при 4-кратной дойке, первый день с обеда до вечера и на следующий день с утра до обеда.

Среднесуточная молочная продуктивность и продолжительность лактации определялись для каждой группы кобыл.

Параллельно определялись показатели кислотности, плотности и температуры молока. Для проведения опыта было отобрано три группы животных, в возрасте 4 лет: одна опытная и две контрольные, по 20 кобыл в каждой. Отбор животных проводили по принципу аналогов, с учетом лактации и даты выжеребки.

Кобылы опытной группы содержались в условиях круглосуточного стойлового содержания. Кобылы первой контрольной группы также находились на стойловом содержании, а кобылы второй контрольной группы – на круглогодичном подножном корме, то есть летом на пастбище, а зимой на тебеневке.

Через месяц после выжеребки всех кобыл поставили на дойку. Доение проводили механическим способом, пять раз в сутки, каждый час, в период с 1 апреля по 30 сентября. Один раз, в середине месяца, осуществляли контрольную дойку.

Так как кобылы первой выжеребки, согласно принятой в хозяйстве технологии, на одиннадцатом месяце жеребости ставятся на стойловое содержание, за каждым косяком закрепляют опытного дояра и конюха. Ежедневно, по 2-3 раза в день, кобыл загоняют на калгду для доения, подключают доильный аппарат и проводят массаж вымени, то есть приучают их к доению. При этом жеребят ежедневно отбивают и два раза в день подкармливают: в первые дни – молоком или обратом, а в последующие – плющеным овсом и сеном очень хорошего качества. К месячному возрасту жеребята уже самостоятельно поедают 1-2 кг сена и 100-200 г овса (таблица 1).

Таблица 1. Рацион кормления подопытных животных

№	Корма	Группы								
		опытная (600 кг, 8-10 л)				контрольная № 1 (450 кг, 6-8 л)				контрольная № 2 (450 кг, 6-8 л)
		периоды кормления, месяцы лактации								
		1	2	3-5	6	1	2	3-5	6	1-6
1	Сено житняковое, кг	15	10	-	15	10	7,0	-	10	Подножный корм
2	Овес, кг	4,0	4,0	-	4,0	3,5	3,5	-	3,5	
3	Подвяленная трава, кг	-	10	45	-	-	10	35	-	
4	Соль, мел	Свободный доступ								

Рационы кормления лактирующих кобыл в хозяйстве организованы с учётом породы, живой массы, периода лактации и времени года. При этом основным критерием полноценности кормления служат среднесуточный удой и изменения упитанности животных. В целом рационы кормления соответствуют нормам кормления дойных конематок и сбалансированы по основным питательным веществам. Первый месяц дойки имеет авансированное кормления и, как видно из таблицы, грубо-концентратный тип кормления.

Корм раздавали два раза в день: утром – сено (75 % суточного рациона), во второй половине дня – концентраты (100 % их суточной нормы) и остаток грубого корма. Поедаемость контролировали по состоянию кормового стола: как правило, концентраты поедались очень интенсивно в течение 25-30 минут, а сено – в течение двух часов после раздачи; остаток составлял менее 20 %, и к концу последней дойки кормовой стол был чистым. Это наблюдалось как в контрольной, так и в опытной группе.

В июне в рацион включали небольшое количество подвяленной травы. Следует отметить, что с этого месяца спрос на кумыс у потребителей вырос, в связи с чем количество доек увеличили до шести раз в сутки.

Зимний рацион кобыл состоит из сена хорошего качества и овса. В переходный период в рацион плавно вводят подвяленную скошенную траву. Летний рацион включает свежескошенную траву и овёс, а в конце летнего периода проводят постепенный переход на грубые корма.

Такая организация кормления полностью соответствует научно обоснованным рекомендациям, разработанным специалистами России и Казахстана. По данным ФГБНУ «ВНИИ коневодства», рационы лактирующих кобыл должны формироваться с учётом породы, живой массы и стадии лактации, включать сено, овёс и зелёную массу летом, а зимой – грубые и концентрированные корма. Аналогичные выводы приводятся в исследованиях Казахского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства, где подчёркивается эффективность концентратно-грубо-сочного типа кормления и постепенного перехода между сезонами, включая использование подвяленной травы в переходный период.

Взвешивание кобыл проводили только в конце опыта в конце сентября после отбивки жеребят и прекращения дойки, в целях определения полноценности кормления подопытных животных следили за упитанностью животных и за изменением живой массы жеребят (рисунок 1).

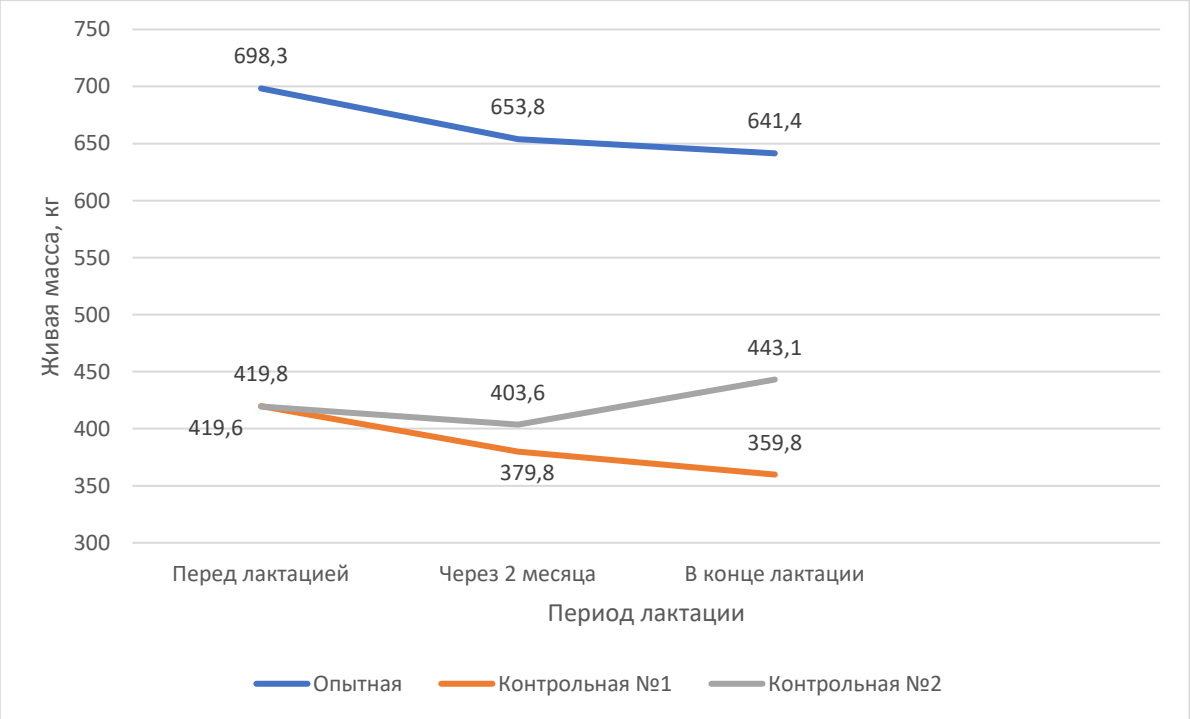


Рисунок 1. Изменение живой массы подопытных животных

Основными параметрами полноценности кормления являются изменение живой массы и упитанность кобыл в ходе лактации. Как отмечают специалисты ФГБНУ «ВНИИ коневодства» (2018), поддержание стабильной живой массы лактирующих кобыл является важнейшим показателем полноценного и сбалансированного кормления, обеспечивающим высокий уровень молочной продуктивности.

По данным Беляева и Гавриловой (2017), при недостатке питательных веществ в рационе у лошадей снижается интенсивность лактации и ухудшается общее физиологическое состояние, тогда как при избыточном кормлении наблюдается перерасход кормов и снижение экономической эффективности. Аналогичные выводы приводят Фисенко

и Назаров (2020), указывая, что рацион должен формироваться с учётом энергетических и протеиновых потребностей в зависимости от стадии лактации.

Одним из стабильных показателей, характеризующих молочную продуктивность, считается рост и развитие жеребят (рисунок 2).

Согласно представленным данным, живая масса жеребят русской тяжеловозной породы при рождении превышает аналогичный показатель у помесей на 33,7 кг. При этом, несмотря на проведение 5-6-разовой дойки кобыл, среднесуточный прирост массы жеребят остаётся достаточно высоким и составляет 1030-1200 г.

У животных контрольной группы, находящихся на стойловом содержании, живая масса при рождении оказалась на 44 кг ниже, чем у жеребят тяжеловозных пород. Среднесуточный прирост в данной группе составил 1000-1100 г, что можно считать удовлетворительным показателем при данных условиях содержания.

Следует отметить, что среднесуточный прирост жеребят кобыл, находившихся на круглосуточном подножном корме, оказался выше, чем у жеребят стойловой группы, несмотря на нормированное кормление. Вероятно, это обусловлено благоприятными климатическими условиями в летний период 2025 года, когда температура воздуха оставалась умеренной, а количество осадков было повышенным. В результате наблюдался урожайный травостой на пастбищах, что обеспечило животных достаточным количеством высококачественного корма и положительно сказалось на их приростах живой массы.

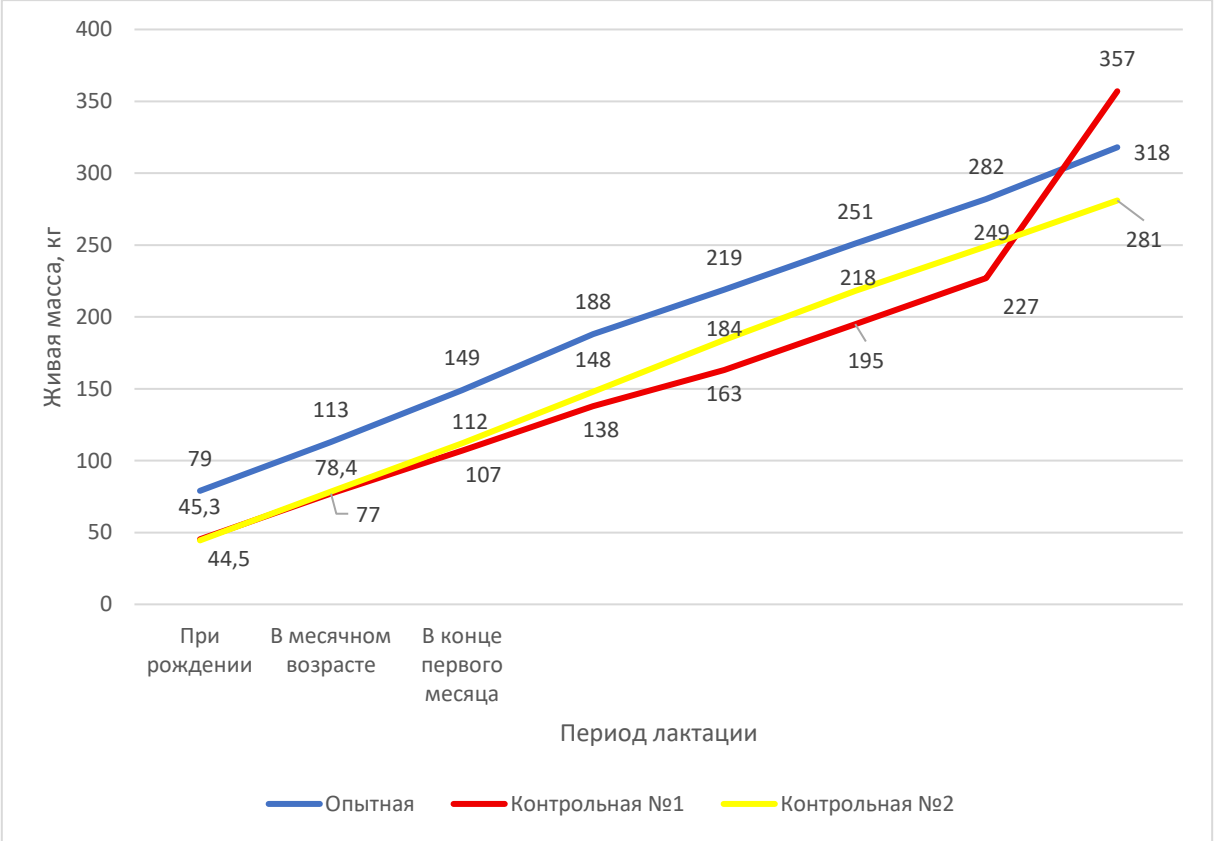


Рисунок 2. Изменение живой массы подопытных животных (жеребят)

Как отмечено ранее количество доек в сутки зависит от спроса. Первый месяц конематок доят не более 4 раз в день, для того, чтобы обеспечить нормальный рост и развития жеребят, с наступлением теплого периода как правила растёт спрос на кумыс и летний период проводят 5 кратную дойку (таблица 2).

Таблица 2. Удой подопытных животных

№	Показатели	Группы		
		опытная	контрольная № 1	контрольная № 2
1	Среднесуточный удой на 1 гол., кг	8,22	7,1±1,12	7,45±0,77
2	Жирность молока, %	1,76	1,69±0,07	1,58±0,18
3	1 % молоко, кг	86,7	72,5±14,2	70,8±15,9
4	Удой за лактацию, кг	1856	1307±549	1366±490

Результаты. Анализ удоев показал, что у подопытных тяжеловозных кобыл продуктивность была на 13,6 % выше, чем в первой контрольной группе (стойловое содержание кобыл), и на 9,4 % выше, чем во второй контрольной группе, где животные находились на подножном корме. При этом жирность молока у тяжеловозных кобыл опытной группы была на 4,0 и 10,2 % выше, чем у животных контрольных групп соответственно.

Полученные результаты согласуются с литературными данными, согласно которым кобылы русской тяжеловозной породы отличаются более высокой молочной продуктивностью по сравнению с верховыми и помесными породами (Казахская × Джабе) при одинаковых условиях содержания. Это связано с более выраженным молочным типом организма и эффективным использованием питательных веществ рациона (Иванов А.А., 2018; Ахметов Б.Т., 2020; Пономарёв С.Н. и др., 2021).

Несмотря на то, что кобылье молоко и кумыс обладают уникальными питательными и лечебными свойствами, степень научной проработанности вопросов, связанных с их производством и повышением продуктивности кобыл, остаётся сравнительно невысокой. Это открывает широкие перспективы для дальнейших исследований в области молочного коневодства.

Экономическая эффективность данного вида продукции напрямую зависит от уровня молочной продуктивности кобыл, их породных особенностей, условий кормления и содержания: конверсия корма в опытной группе на 15,44 % ниже, чем в первой контрольной группе. Аналогичное снижение коэффициента конверсии при улучшении условий кормления и содержания животных отмечают Тюрин (2019), Кузнецова и др. (2021), а также Нуркеев (2022): разница между опытными и контрольными группами составляла 10-18 %. Это подтверждает, что повышение уровня кормления и оптимизация рациона способствуют более эффективному использованию питательных веществ и улучшению продуктивности животных.

Кормовые затраты являются одной из ключевых статей в структуре себестоимости продукции животноводства. По данным экономических и производственных расчётов, на долю кормов приходится от 40 до 60 % всех расходов, что делает их основным фактором формирования себестоимости. По результатам опыта чистая прибыль от производства кумыса при стойловом содержании составляет 325 тг/л, что на 405 тг/л ниже, чем при подножном корме. Однако благодаря высокой продуктивности русских тяжеловозных кобыл выручка от реализации всего объёма продукции у животных опытной группы составила 603 200 тг, что на 393 980 тг (или на 39,5 %) ниже, чем у животных второй контрольной группы, находившихся на подножном корме, но на 178 425 тг (или на 29,6 %) выше, чем у животных первой контрольной группы, находившихся в стойловом содержании в течение периода лактации.

Вывод. Проведённые исследования убедительно доказали, что молочная продуктивность кобыл, качество получаемого кобыльего молока и экономическая эффективность производства кумыса находятся в тесной зависимости от породных особенностей животных и применяемой системы кормления.

В ходе эксперимента, проведённого в условиях кумысного комплекса «Кымызын-ай» АО «Астана-Өнім», установлено, что тяжеловозные породы лошадей при стойловом

содержании демонстрируют наибольшие показатели удоя и жирности молока. При этом наблюдается стабильность лактационной кривой и высокая адаптивность животных к технологическому процессу машинного доения. Породные различия проявились не только в величине удоев, но и в составе молока: у тяжеловозных кобыл зафиксировано повышенное содержание жира и белка, что делает их особенно ценными для производства высококачественного кумыса.

Сравнительный анализ систем содержания показал, что при пастбищном кормлении, несмотря на естественные условия и физическую активность животных, продуктивность колеблется из-за нестабильной питательности пастбищного травостоя. Однако комбинированная система – стойловое содержание с элементами пастьбы в летний период – обеспечивает наилучший баланс между продуктивностью и физиологическим состоянием животных.

Экономическая оценка подтвердила, что использование тяжеловозных пород и научно обоснованных рационов кормления позволяет повысить общую рентабельность кумысного производства на 12-15 %, снизить затраты на корма на 8 % и увеличить объём переработки молока без ухудшения его качества.

Таким образом, рациональное использование породного потенциала, оптимизация кормления и совершенствование технологии содержания кобыл являются ключевыми факторами устойчивого развития молочного коневодства Казахстана. Реализация данных принципов не только повышает продуктивность и экономическую эффективность отрасли, но и способствует сохранению национальных традиций и популяризации кумыса как уникального функционального продукта питания.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Беляев И. В., Гаврилова О. А. Влияние полноценности кормления на молочную продуктивность лошадей // Вестник ВНИИ коневодства. 2017. № 4. С. 25-29.
2. Фисенко А. А., Назаров К. П. Кормление лактирующих кобыл в зависимости от стадии лактации // Зоотехнический вестник. 2020. № 2. С. 14-19.
3. Жетписбаев А. Б. Повышение молочной продуктивности кобыл казахской и башкирской пород при сбалансированном кормлении // Научные труды КазНИИЖ. 2022. № 3. С. 45-50.
4. ВНИИ коневодства. Нормы и рационы кормления лошадей. Москва : ВНИИ коневодства, 2018. 72 с.
5. Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства. Рекомендации по кормлению дойных конематок. Алматы, 2018. 48 с.
6. Абдрахманов Т. Ж. Технологические особенности производства кумыса. Астана : КазАТУ, 2021. 63 с.
7. Бегалин Е. А. Кумыс: технология и качество продукции. Алматы : Агропромиздат, 2019. 110 с.
8. Тажибаева А. Н. Молочная продуктивность казахских лошадей в зависимости от рациона кормления // Вестник сельскохозяйственных наук Казахстана. 2020. № 5. С. 36-40.
9. Нуржанова Г. К. Влияние условий содержания на состав и качество кобыльего молока. // Молодой ученый. 2023. № 2 (401). С. 112-116.
10. Байжуманова Л. А. Экономическая оценка эффективности производства кумыса // Агроэкономика Казахстана. 2024. № 3. С. 51-55.

УДК 631.331.8

ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ С ФРЕЗЕРНЫМИ БОРОЗДОВСКРЫВАТЕЛЯМИ ДЛЯ ПРЯМОГО ПОСЕВА СЕМЯН ТРАВ В ДЕРНИНУ

Дёмшин С. Л., доктор технических наук, доцент[1]
E-mail: sergdemshin@mail.ru
Савиных П. А., доктор технических наук, профессор[1]
E-mail: peter.savinyh@mail.ru
Исупов А. Ю., кандидат технических наук, доцент[1]
E-mail: isupoff.aleks@yandex.ru
Гайдидей С. В., старший преподаватель[2]
E-mail: sgajdidej@mail.ru
Дёмшин К. С., аспирант[1]
E-mail: mkl1409@yandex.ru
[1]Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого,
г. Киров, Россия
[2]Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина,
г. Вологда, Россия

Аннотация

Прямой полосной посев семян бобово-злаковых трав в дернину природных кормовых угодий с механическим разрушением фрезерными бороздовскрывателями дернинных сеялок в ней полосы шириной, обеспечивающей успешное развитие всходов без химического подавления аборигенных биоценозов, является наиболее перспективным методом рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель для последующего использования в системе органического земледелия. Выполнен краткий обзор конструкций наиболее известных технических средств прямого полосного посева в дернину, изучены результаты испытаний и производственного использования. В процессе анализа рассмотренной техники выявлены основные недостатки фрезерных бороздовскрывателей и сошниковых групп дернинных сеялок, рассмотрены перспективные решения по повышению их эффективности и надежности при возможной эксплуатации в условиях рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель для последующего использования в системе органического земледелия.

Ключевые слова: прямой полосной посев, дернинная сеялка, фрезерный бороздовскрыватель, обзор конструкций, рекультивация кормовых угодий, органическое земледелие

DESIGNS OVERVIEW AND PROSPECTS FOR DEVELOPING TECHNICAL MEANS WITH MILLING FURROWERS FOR DIRECT SOWING OF GRASS SEEDS INTO THE SOD

Demshin S. L., doctor of technical sciences, associate professor[1]
E-mail: sergdemshin@mail.ru
Savinykh P. A., doctor of technical sciences, professor[1]
E-mail: peter.savinyh@mail.ru
Isupov A. J., candidate of technical sciences, associate professor[1]
E-mail: isupoff.aleks@yandex.ru
Gaididei S. V., senior lecturer[2]
E-mail: sgajdidej@mail.ru
Demshin K. S., post-graduate student[1]
E-mail: mkl1409@yandex.ru
[1]Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russia
[2]Vologda State Dairy Farming Academy by N. V. Vereshchagin, Vologda, Russia

Annotation

Direct strip sowing of legume and cereal grass seeds into the sod of natural forage lands with mechanical destruction by milling furrowers of sod seeders of the strip width that ensures the successful development of seedlings without chemical suppression of native biocenoses is the promising method of recultivating degraded forage lands and fallow lands for their subsequent use in the organic farming system. A brief overview of the designs of the most well known technical means of direct strip sowing in the sod has been performed, and the results of their testing and industrial use have been studied. In the process of analyzing the considered technique, the main disadvantages of milling furrowers and coulter groups of sod seeders have been identified, promising solutions for improving their efficiency and reliability during possible operation in the conditions of reclamation of degraded forage lands and fallow lands for their subsequent use in the organic farming system have been considered.

Keywords: direct strip sowing, sod seeder, milling furrower, design overview, forage land reclamation, organic farming

Введение. Природно-климатические условия Евро-Северо-Востока РФ не позволяют гарантированно получать высокие урожаи зерновых и технических культур, при этом в сельском хозяйстве преобладает производство животноводческой продукции. Одним из перспективных направлений развития сельского хозяйства региона является увеличение доли сельскохозяйственного производства, соответствующего требованиям органического земледелия [1, 2, 3]. Для устойчивого функционирования хозяйств, работающих в мясо-молочном и молочном животноводстве, необходимо создание надежной кормовой базы, которая в состоянии гарантированно обеспечить экологически чистыми кормами полноценный, сбалансированный по содержанию питательных веществ рацион кормления животных. Регион обладает обширными площадями деградированных природных кормовых угодий и залежных земель, потенциал которых достаточен для полного обеспечения животноводства экологически чистыми кормами. Рекультивация большинства из них не требует проведения полного цикла культуртехнических работ, что позволяет ввести их

в производственный оборот после проведения работ по восстановлению продуктивности и улучшению ботанического состава травостоев сравнительно быстро и недорого [4, 5].

При этом необходимо учитывать, что традиционные технологии коренного и поверхностного улучшения природных кормовых угодий требуют либо больших затрат энергии, труда и материально-технических ресурсов, либо не гарантируют должную степень повышения продуктивности. Так, при коренном улучшении, в основном проводимом совместно с мелиоративными работами и работами по расчистке площадей от кустарниковой растительности, полностью разрушается естественный травостой и создаётся новый путем высева семян трав во вспаханную почву. При поверхностном улучшении проводится обработка дернины с целью оптимизации водного, воздушного и пищевого режима, улучшается состав травостоя, но оно эффективно при наличии в нем более 35-45 % ценных видов кормовых трав. При меньшем проценте наличия ценных видов кормовых трав в травостое и при плотнокустовой стадии дернины его проводить нецелесообразно [6, 7, 8, 9].

За рубежом, в странах с высокоразвитым сельскохозяйственным производством, для повышения продуктивности лугов и пастбищ наиболее распространены технологии минимальной обработки, совмещающие прямой посев семян трав сеялками с дисковыми, анкерными или чизельными сошниками, которые формируют в дернине узкую щель для высева семян в почву и проводят одновременную обработку аборигенного травостоя гербицидами для снижения конкуренции за факторы среды, что не вполне подходит к применению в местных условиях и не соответствует требованиям органического земледелия.

Перспективной альтернативой является полосной посев семян бобово-злаковых трав в дернину природных кормовых угодий с механическим разрушением бороздовскрывателями сеялок на основе дисковых фрез в дернине полосы шириной, обеспечивающей успешное развитие всходов без химического подавления аборигенных биоценозов [10, 11, 12, 13]. Результаты исследований и опыт производственного использования показали, что при правильном применении прямой полосной посев обладает высокой эффективностью при минимальных капитальных вложениях, значительно снижает затраты энергии, семян, рабочего времени, а также экологически безопасен. Для осуществления технологии разработано достаточно большое количество различных конструкций агрегатов и сеялок с дисковыми бороздовскрывателями в качестве сошников [14, 15, 16, 17]. Такие технологии достаточно редко используется в странах с развитым сельским хозяйством, где в большинстве случаев они применяются на территориях с холодным климатом, препятствующим своевременному разложению органических остатков, что формирует дерновый слой значительной толщины.

Прямой полосной посев семян трав в дернину разработан для применения на лугах и пастбищах, поддерживаемых в продуктивном состоянии, поэтому для эффективного использования на деградированных кормовых угодьях и залежных землях его агротехника должна быть адаптирована к новым условиям, как и конструкция дернинных сеялок. В связи с этим совершенствование конструкции, оптимизация параметров и режимов работы рабочих органов дернинных сеялок, позволяющих наиболее полно реализовать потенциал данной технологии в более сложных условиях эксплуатации, являются актуальными. Правильный выбор направления будущих исследований невозможен без детального анализа уже существующих технологий и технических средств для осуществления полосного посева семян бобово-злаковых трав в дернину, а также определения возможных перспектив их дальнейшего развития применительно к использованию при рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель в системе органического земледелия.

Цель исследования – выявить тенденции и перспективы развития технологии и конструкций технических средств прямого полосного посева семян бобово-злаковых трав в дернину, в том числе при рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель для последующего использования в системе органического земледелия.

Материал и методы. В качестве материала для проведения обзора технических средств для восстановления и повышения продуктивности кормовых угодий путем прямого полосного посева семян трав в дернину использовались результаты исследований отечественных и зарубежных учёных, опубликованные в периодической печати, сборниках материалов конференций и представленные в открытом доступе на интернет-ресурсах, а также данные испытаний техники на машинно-испытательных станциях и рекламные проспекты её производителей. Поиск материала, помимо классических методов в виде изучения библиографических баз данных, проводился путем мониторинга научных электронных библиотек с поисковыми системами Web of Science, Scopus, eLIBRARY, Cyberleninka, ЭБС Лань, Google Scholar и т. п.

Обзор технических средств выполнен в хронологическом порядке, т. е. изложение материала проведено последовательно по времени разработки и внедрения машин в сельскохозяйственное производство, при этом основное внимание сделано на технологических и конструктивных особенностях рассматриваемых машин. На его основе проведен сравнительный анализ конструкций технических средств прямого полосного посева семян трав в дернину с активными бороздовскрывателями, основным критерием которого являлось выявление возможности их использования при рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель для последующего использования в системе органического земледелия.

Основная часть. В настоящее время основным направлением в кормопроизводстве является восстановление продуктивности природных кормовых угодий на основе технологий минимальной обработки почвы. Большинство из наиболее распространенных агротехнических приёмов можно свести к трем направлениям: совмещение нескольких технологических операций и приёмов в одном рабочем процессе; обработку той части угодий, где непосредственно располагаются высеваемые семена при необрабатываемых междурядьях; посев в механически необработанную почву специальными сеялками с химическим подавлением аборигенной растительности [18, 19]. За рубежом для восстановления продуктивности лугов и пастбищ наиболее часто применяются технологии, совмещающие прямой посев семян трав сеялками с пассивными сошниками, которые формируют в дернине узкую щель для высева семян в почву, и одновременную обработку аборигенного травостоя гербицидами для снижения конкуренции за факторы среды. Данный выбор как технологии, так и технических средств для прямого посева во многом обусловлен природно-климатическими условиями сельскохозяйственного производства и высоким уровнем развития химической промышленности и биотехнологий в совокупности со внешним стимулированием внедрения их достижений в практическое применение. Технологии минимальной обработки в кормопроизводстве, будучи альтернативой технологиям коренного и поверхностного улучшения, позволяют совместить низкие энергозатраты на проведение поверхностного улучшения с высокой эффективностью коренного улучшения. Данные технологии обеспечивают существенное снижение расхода семян (более 2 раз) и ГСМ (в 2-4 раза) при увеличении урожайности и улучшении качества кормов [20, 21]. Основным недостатком таких технологий является применение химической обработки аборигенного травостоя гербицидами, что имеет высокую стоимость и небезопасно с экологической точки зрения, а также выводит обработанные таким способом кормовые угодья на срок до трех лет из земель сельскохозяйственного назначения, пригодных для выращивания продукции, соответствующей требованиям экологического земледелия.

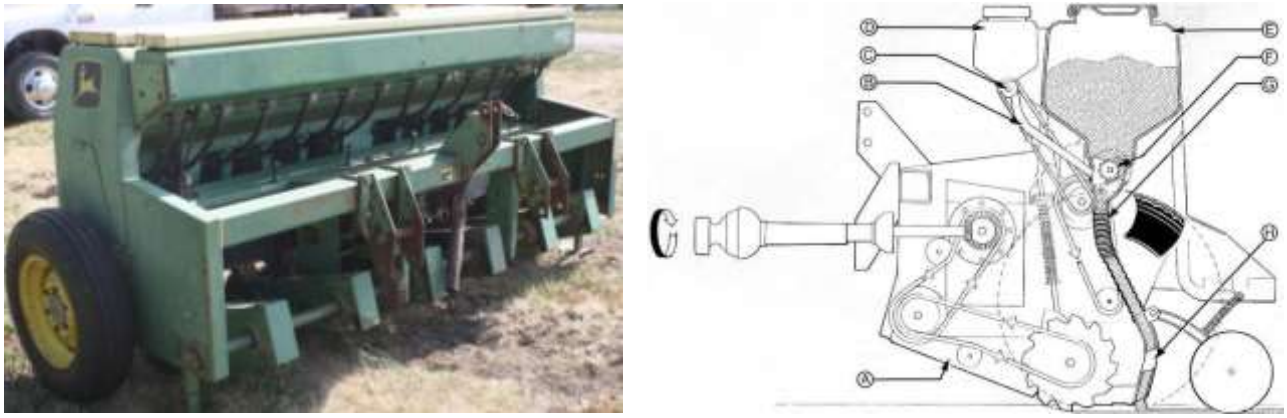
Основным отличием технологии прямого полосного посева семян трав в дернину является механическое полосное разрушение дернины сеялками и агрегатами с активными сошниками с последующим высевом семян трав в обработанные полосы, зачастую совместно с внесением минеральных удобрений, и прикатыванием. Применение сеялок с активными сошниками, чаще всего в виде фрезерных бороздовскрывателей, позволяет добиться ослабления ценотических связей в травостое за счет механического разрушения полосы

дернины, т. е. дает возможность заменить или существенно ограничить применение ядохимикатов различными приемами механического воздействия на дернину. Такие технологии достаточно редко используется в странах с развитым сельским хозяйством, что связано с небольшими площадями естественных кормовых угодий, благоприятными природно-климатическими условиями для приживаемости культивируемых растений и достаточно высокой стоимостью дернинных сеялок с активными сошниками. В большинстве случаев они применяются на территориях с холодным климатом, препятствующим своевременному разложению органических остатков, что формирует дерновый слой значительной толщины. Данные машины механически обрабатывают полосы шириной от 2 до 15 см, что соответствует условиям работы, для применения в которых они были разработаны. Некоторые из них, с фрезами небольшой рабочей шириной захвата, имеют возможность совместного внесения гербицидов, что должно компенсировать недостаточную ширину механической обработки.

Для объективного анализа конструкций технических средств для прямого полосного посева семян в дернину в процессе выбора перспективного направления их модернизации с целью использования в качестве основы агрегата для рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель с последующим использованием в системе органического земледелия необходимо обратиться к наиболее знаковым разработкам.

За рубежом наиболее известной сеялкой для посева семян трав в дернину с бороздовскрывателями на базе дисковых фрез является сеялка John Deere 1500 POWR-TILL (США), производимая с 70-х годов прошлого века (рисунок 1). Предназначена для восстановления пастбищных угодий путем прямого полосного посева трав, зерновых или бобовых культур [22]. Технические характеристики сеялки приведены в таблице 1.

Сеялка John Deere 1500 POWR-TILL является навесной машиной с приводом фрезерных рабочих органов от ВОМ трактора. Основой почвообрабатывающей части являются шесть фрезерных секций, шарнирно установленных на центральном приводном валу. Каждая из них оснащена двумя режущими дисками (дисковыми фрезами) Ø 305 мм и толщиной 6,4 мм с зубьями в виде твердосплавных напаек, которые в процессе работы, вращаясь в направлении движения МТА с частотой 740 мин$^{-1}$, нарезают борозды шириной 18…25 мм с междурядиями, равными 200 мм. Последовательно за дисковыми фрезами на секциях установлены пластиковые прикатывающие катки Ø 255 мм. Давление катков на почву регулируется давлением пружин нажимных штанг.



а б

Рисунок 1. Сеялка John Deere 1500 POWR-TILL (США):
а – общий вид; б – конструктивная схема сеялки

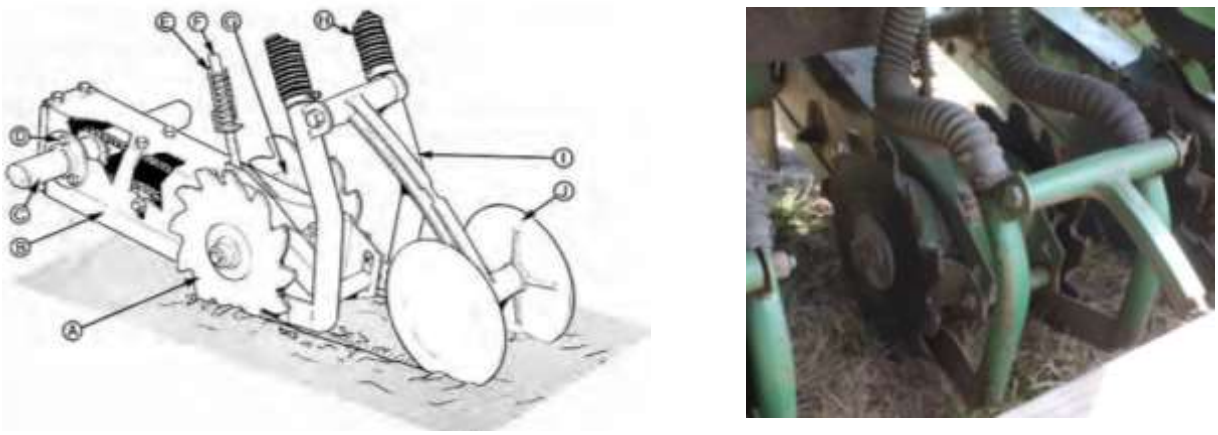
(A) – дисковая фреза; (B) – семяпровод; (C), (F) – высевающие аппараты для семян и туков; (D), (E) – бункеры для семян и зерна; (G) – зерносемяпровод; (H) – семянаправитель
Источник: составлено авторами по материалам испытаний [23].

Таблица 1. Технические характеристики сеялки John Deere 1500 POWR-TILL

Показатель	Значение
Ширина захвата, м	2,44
Число рядов	12
Ширина междурядья, см	20
Глубина посева, см	1,9…5,7
Емкость бункеров для зерна/трав, дм^3	350 / 90
Посевной сошник	приводная дисковая фреза
Рабочая скорость, км/ч	6…8
Потребляемая мощность, кВт	84
Масса, кг	810
Габаритные размеры (высота х длина х ширина), мм	1270 х 1345 х 3025

Посевная часть сеялки состоит из бункеров для зерна и семян трав, объемом соответственно 350 и 90 дм^3, которые оснащены высевающими аппаратами катушечного типа с регулируемой длиной рабочей части катушек. Высевающие аппараты соединены резиновыми гофрированными тукопроводами с воронками семянаправителей (рисунок 2). Семянаправители выполнены в виде сдвоенного блока направляющих труб, концы которых оснащены наральниками. Регулировка глубины заделки семян выполняется изменением положения семянаправителей относительно корпуса привода фрезерной секции по вертикали.

Привод высевающих аппаратов осуществляется от опорно-приводного колеса посредством цепных передач и обеспечивает норму высева зерновых культур в диапазоне 5-48 кг/га, семян трав – 1,5-13,0 кг/га. Дисковые фрезы, приводимые во вращение крутящим моментом ВОМ трактора, измельчают узкие полосы дернины, в которые высевающими аппаратами из зернового или травяного бункера посредством семяпроводов и семянаправителей подаются семена. Для повышения контакта высеянных семян с почвой полосы уплотняются катками. Сеялка может быть дополнительно оснащена емкостью и оборудованием для опрыскивания гербицидами полосы дернины вдоль бороздки для подавления конкурентного воздействия на всходы со стороны аборигенной растительности.



а б

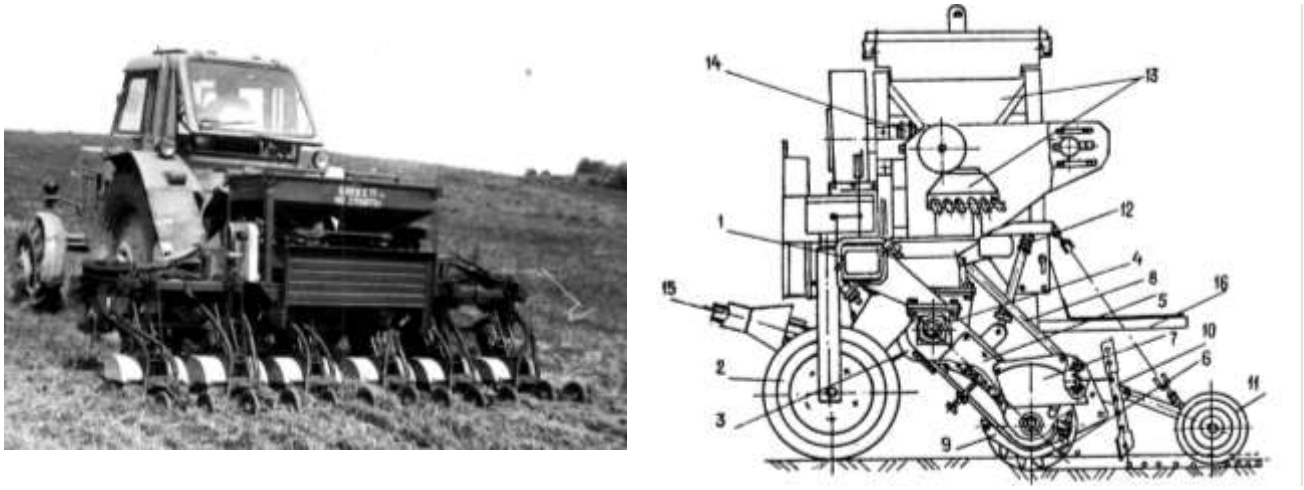
Рисунок 2. Сошниковая группа сеялки John Deere 1500 POWR-TILL: а – конструктивная схема, б – общий вид

(A) – дисковая фреза, (B) – корпус привода, (C) – приводной вал, (D) – подшипниковая опора, (E) – пружина прижимная, (F) – штанга, (G) – ограничитель глубины обработки, (H) – тукосемяпровод, (I) – тукосемянаправитель, (J) – каток
Источник: составлено авторами по материалам испытаний [23].

По результатам испытаний сеялки John Deere 1500 POWR-TILL выявлено, что полосная обработка почвы выполняется надежно и с высоким качеством при условии предварительного подкашивания травостоя. Скорость сеялки зависела от условий работы: на относительно ровных полях составляла до 10 км/ч, на пересеченной местности – около 5 км/ч. Производительность варьировалась от 0,3 до 1,3 га/ч. Максимальная потребляемая мощность при посеве на глубину 45 мм на глинистых почвах достигала 70 кВт при движении со скоростью 10 км/ч. Средняя потребляемая мощность при посеве на глубину 25 мм со скоростью 10 км/ч равнялась 30-40 кВт. Износ дисковых фрез был значительным на песчаных почвах и умеренным на глинистых, а также при наличии камней. Фрезы сохраняли работоспособное состояние в течение 20-35 часов работы на абразивных почвах при посеве на площади от 30 до 40 га [23].

Глубина заделки семян зависит от объёма почвы, попадающего обратно в борозду после измельчения фрезой. На твердых тяжелых почвах семена падают на дно борозды, тогда как на рыхлых песчаных почвах они заделывались на меньшую глубину. В большинстве случаев все семена высевались узкой лентой непосредственно в борозду. Прикатывающие катки эффективно заделывают семена, состояние почвы и рельеф незначительно влияет на их работу. Изучение приживаемости всходов показало, что для прямого посева трав в сформировавшиеся травостои необходимо снизить конкуренцию со стороны аборигенной растительности на начальных этапах прорастания. В противном случае опыт показал практически полное отсутствие всходов через 75 дней после посева. В качестве способа снижения негативного влияния существующего травостоя требуется проведение перед посевом дискования дернины или использование гербицидов. В комплектацию сеялки входит оборудование для опрыскивания посевов, которое включает устанавливаемые перед каждой фрезой распылители, обрабатывающие гербицидом полосы шириной 100 мм, что оставляет чередующиеся участки неопрысканного травостоя шириной 100 мм среди дефолиированных полос.

В середине 80-х годов ЦНИИМЭСХ и Белоруской СХА разработана опытная сеялка для подсева трав в дернину МД-3,6, состоящая из бункера для семян, шести секций почвофрез с сошниками для высева семян и пневматической высевающей системы (рисунок 3).



а б

Рисунок 3. Общий вид (а) и конструктивная схема (б) машины для полосного подсева семян трав в дернину МД-3,6:

1 – рама; 2 – опорное колесо; 3 – редуктор; 4 – трансмиссионный вал; 5 – секция; 6 – фреза; 7 – кожух; 8 – подвес секции; 9 – опорные лыжи; 10 – сошники; 11 – каток; 12 – нажимные штанги; 13 – пневмомеханическая высевающая система; 14 – привод вентилятора; 15 – карданный вал; 16 – подножка

Источник: составлено авторами по материалам работ ЦНИИМЭСХ и Белоруской СХА [24].

Фрезерная часть сеялки состоит из секций, каждая из которых представляет цепной редуктор, шарнирно установленный на трансмиссионном валу, передающим вращение от ВОМ трактора. На ведомом валу редуктора установлено по два фрезерных диска с шестью двухсторонне закрепленными ножами. Секция при работе опирается на полозок и накрыта кожухом. В задней части кожуха установлены сошники для высева семян [24].

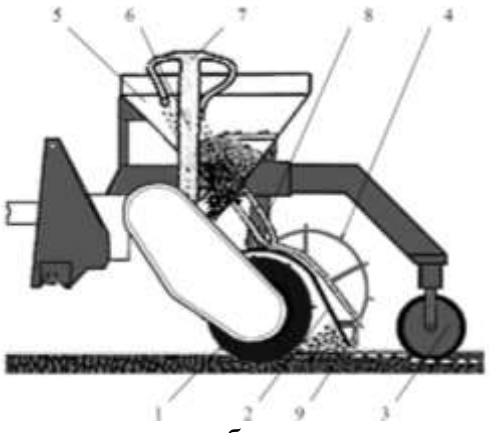
В процессе работы дисковые фрезы нарезают в дернине бороздки глубиной 25-30 мм, шириной 30 мм и с междурядьями 225 мм. Поток измельченной почвы заделывает семена на глубину 10-15 мм. Далее бороздки прикатываются катками. При закладке полевых опытов опрыскивание травостоя многолетних трав гербицидами было заменено стравливанием животным злаковых трав при их отрастании на 10-12 см.

При эксплуатации машины МД-3,6 выявлены следующие недостатки: малая ширина фрезеруемых бороздок (40 мм) при излишне широких междурядьях (300 мм), недостаточное измельчение дернины и низкое качество прикатывания, а также сложная конструкция привода фрез. Также опыт производственной эксплуатации машин МД-3,6 свидетельствует, что при такой ширине фрезеруемых полос необходимо дополнительно применять гербициды в небольшой дозе (2 л/га), чтобы тормозить развитие исходного травостоя в период укоренения бобовых трав и развития их до фазы розетки.

Исследованиями белорусских ученых установлено, что без применения гербицидов благоприятные условия прорастания семян бобовых трав, высеваемых в дернину, создаются при ширине обработанной полосы 80-100 мм, глубине фрезерования 20-60 мм, высеве в нее семян трав на глубину 5-10 мм и прикатывании для создания надежного контакта семян с почвой.

Дальнейшим развитием сеялки МД-3,6 на основе результатов исследований и практики использования стала машина для полосного посева семян трав в дернину МТД-3,0 [24, 25, 26], разработанная РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Машина МТД-3 (рисунок 4) состоит из рамы с навеской, фрезбарабана, опорных колес, привода фрезбарабана, прикатывающего катка, пневматической высевающей системы, привода дозатора высевающей системы и системы электрооборудования (таблица 2).

а



б

Рисунок 4. Машина для полосного подсева семян трав в дернину МТД-3,6: а – общий вид; б – конструктивно-технологическая схема сеялки

1 – дисковая фреза; 2 – защитный кожух; 3 – каток; 4 – колесо приводное; 5 – бункер для семян; 6 – эжекторная труба; 7 – распределитель; 8 – семяпровод; 9 – семянаправитель
Источник: составлено авторами по материалам исследований РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» [24, 25, 26].

Таблица 2. Основные технические характеристики машины полосного подсева МТД-3

Показатель	Значение
Ширина захвата, м	3,0
Число рядов	12
Норма высева семян, кг/га	5,0…15,0
Ширина обрабатываемых полос, см	8±2
Глубина обработки в полосах, см	3…8
Глубина заделки семян, см	не менее 0,5
Рабочая скорость, км/ч	3,5…6,0
Агрегатируется с трактором класса	2,0 (Беларус 1221)
Производительность за основное время, га/ч	1,1…1,8
Масса, кг	1350
Габаритные размеры (высота х длина х ширина), мм	2500 х 3800 х 2000

Фрезерный барабан выполнен в виде трубы с фланцами, на которых установлены двенадцать дисков с ножами в виде сегментных ножей. Крепится в подшипниковых опорах, закрепленных на подвижной рамке, что предотвращает поломки фрез при встрече с препятствиями. Каток производит прикатывание почвы в обработанных полосах для обеспечения должного соприкосновения семян с почвой. Состоит из собранных на общем валу обрезиненных прикатывающих колес. Пневматическая высевающая система состоит из бункера, дозатора, вентилятора пневматического, распределителя, семяпроводов и высевающих трубок. Привод дозатора высевающей системы обеспечивает синхронное вращение высевающей катушки с поступательной скоростью движения машины.

При движении машины дисковые фрезы барабана, вращаясь попутно движению, прорезают в дернине полосы. Измельчённая почва, выбрасываемая фрезерными дисками, отражаясь от защитного кожуха фрезы, направляется на дно обрабатываемой полосы.

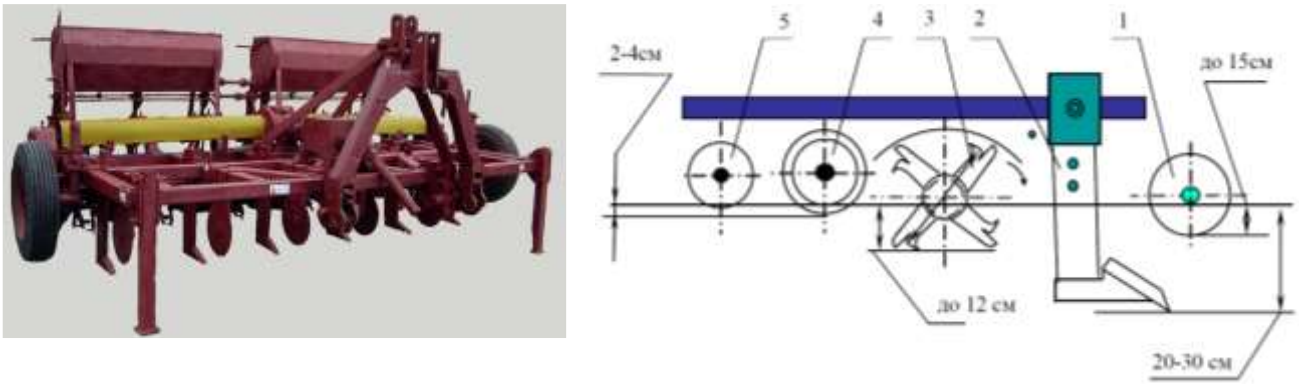
Катушка дозатора бункера семян приводится во вращение через механизм привода от приводного колеса, подавая семена трав из бункера в эжекторную трубу, откуда они транспортируются воздушным потоком в распределитель и далее по семяпроводам направляются посредством семянаправителей в обработанные полосы и прикатываются катком. При использовании машины МТД-3 параметры обрабатываемых полос позволяют не использовать гербициды, что благоприятно сказывается на экологии кормовых угодий.

Испытания машины МТД-3 показали, что на полосном подсеве клевера в дернину пастбища она успешно агрегатируется с трактором Беларус-1221. Производительность МТА за час основного времени составила 1,33 га, эксплуатационного – 0,99 га [24]. Показатели качества выполнения технологического процесса почвообрабатывающей частью машины: рабочая ширина захвата машины – 3,0 м, количество обрабатываемых полос – 12 шт., глубина обработки – 30-80 мм, средняя ширина полосы – 8,7 см. При энергетической оценке на скорости 3,8-5,0 км/ч эксплуатация машины потребляла до 88,9 % мощности двигателя трактора, удельный расход топлива – 13,3-16,0 кг/га.

Колебания глубины обработки фрезеруемых полос вызваны использованием общего вала фрезерного барабана, что не позволяет дисковым фрезам точно копировать рельеф поверхности. Данная особенность конструкции значительно снижает сложность изготовления, но негативно сказывается на качестве посева.

Характерная для условий степной зоны высокая твёрдость до 5-7 МПа и низкая влажность почвы до 8-12 % под многолетними травами не вполне соответствуют возможностям ранее разработанных машин для полосного посева, которые проектировались для использования в более легких почвенных условиях северных регионов. Всё это в совокупности с ровным рельефом местности послужило причиной разработки в ЦелинНИИМЭСХ (Казахстан) орудий для полосного подсева семян трав ОПП-6, агрегатируемого с тракторами 30 и 50 кН, и ОПП-2 для тракторов класса 14 кН. В основе почвообрабатывающей части агрегата использован фрезерный культиватор КФГ-3,6

(рисунок 5, а) [27, 28]. При этом фрезерные ножи установлены на фрезерном барабане с междурядьями в 70 см, что позволяет почвообрабатывающей части выполнять полосное рыхление дернины.



а б

Рисунок 5. Орудие для полосного подсева семян трав ОПП-6: а – общий вид, б – технологическая схема

1 – дисковый нож; 2 – щелерез; 3 – фрезерный барабан; 4 – комбинированный рабочий орган для предпосевного прикатывания и посева; 5 – каток послепосевного прикатывания
Источник: составлено авторами по материалам ЦелинНИИМЭСХ (Казахстан) [27, 28, 29].

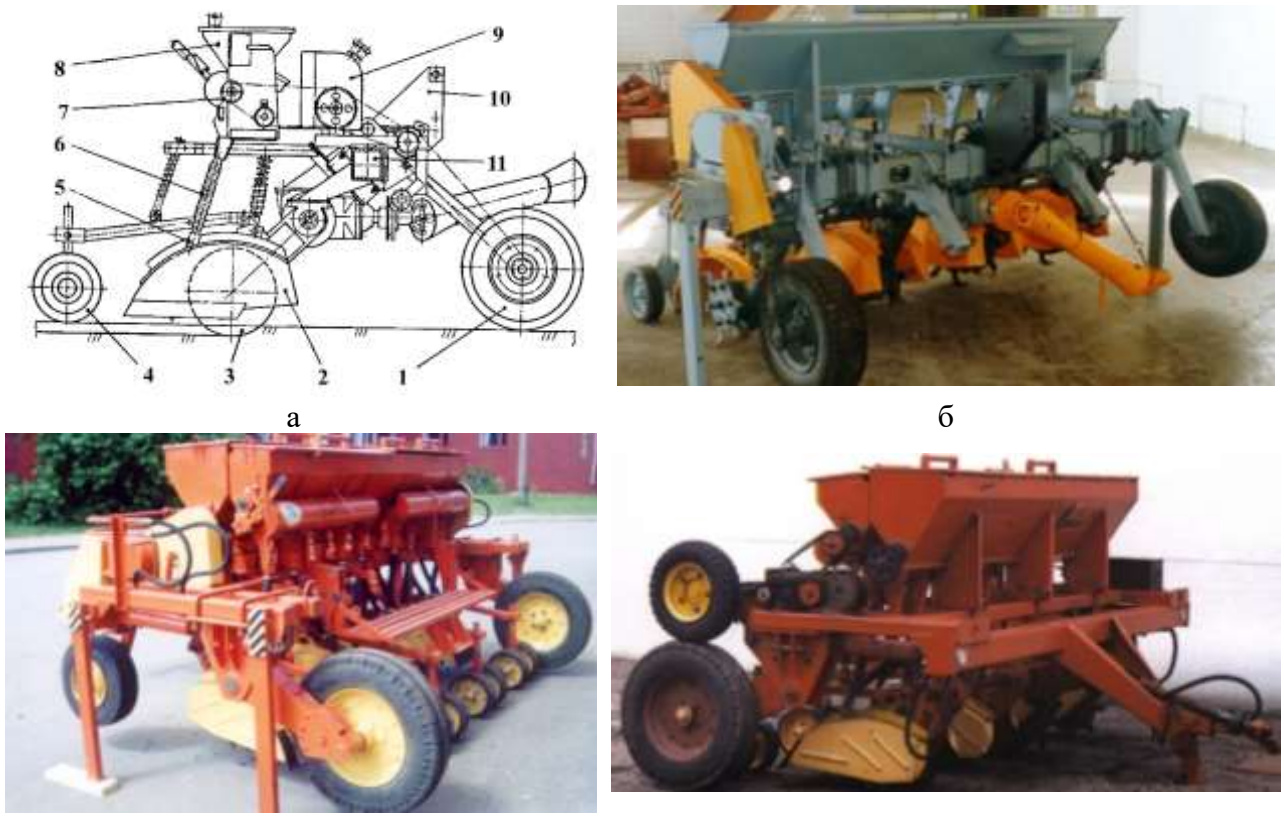
Орудие выполняет полосное разуплотнение почвы щелерезом на глубину до 30 см, обработку дернового слоя полосы фрезбарабаном на глубину до 12 см, предпосевное выравнивание, уплотнение почвы в обработанной полосе и высев семян комбинированным рабочим органом с последующим послепосевным прикатыванием катком. Ширина захвата орудия 4,2 м, оно состоит из шести почвообрабатывающих посевных секций. Ширина обработанной полосы 15 см, расстояние между центрами полос 70 см. Конструкция орудия имеет новизну, защищенную инновационным патентом.

Технологический процесс протекает следующим образом (рисунок 5, б): дисковый нож разрезает дернину на глубину до 10 см, щелерез разрушает почву на глубину до 30 см, фрезерный барабан, работающий от ВОМ трактора, подготавливает почву в полосе к посеву на глубину 8-10 см. Комбинированный рабочий орган предварительно выравнивает поверхность почвы в полосе и осуществляет посев семян трав на глубину 2-4 см, каток уплотняет почву. Все рабочие органы расположены последовательно и являются частью одной секции.

Результаты испытаний показали, что при глубине обработки щелерезами, равной 27 см, фрезерным ротором – 10 см, частоте вращения фрезерного ротора 350 мин$^{-1}$ и скорости движения агрегата 6,2 км/ч его производительность составила 1,9 га за один час сменного времени. Полосной подсев оказывает положительное последействие на обработанных площадях в среднем в течение четырех лет [29]. Основными недостатками данного агрегата являются высокая энергоёмкость технологического процесса и ограниченность применения участками природных кормовых угодий с ровным рельефом.

В соответствии с технологией прямого полосного посева, предложенной в НИИСХ Северо-Востока, разработано семейство сеялок СДК [30, 31]. В начале 2000-х годов на ОАО ВМП «Авитек» было начато серийное производство нескольких моделей дернинных сеялок.

Сеялка для полосного посева семян трав в дернину СДК-2,8 является навесной машиной, агрегатируемой с тракторами класса 14-20 кН, которая за один технологический проход осуществляет полосную обработку задернелой почвы, высев семян трав и прикатывание посевов (рисунок 6, а, б).



а б в г

Рисунок 6. Общий вид сеялок СДК-2,8 (а, б), СДКП-2,8 (в) и СДКП-2,8М (г):

1 – колесо опорное; 2 – кожух; 3 – бороздовскрыватель; 4 – каток; 5 – семянаправитель; 6 – семяпровод; 7 – аппарат высевающий; 8 – ящик семенной; 9 – коробка передач сеялки; 10 – навеска; 11 – рама

Источник: разработано авторами.

Рама выполнена из бруса, на который крепятся сборочные единицы сеялки. Трансмиссия сеялки служит для передачи крутящего момента от ВОМ трактора к секциям привода фрез. Секция привода фрезы представляет собой одноступенчатый цепной редуктор, передающий крутящий момент к фрезерным сошникам в виде двух дисков с Г-образными ножами. Для предотвращения разбрасывания почвы рабочий орган сверху закрыт защитным кожухом. Семенной ящик оборудован ворошилкой, направляющей семена к выходным отверстиям высевающих аппаратов. В зависимости от размера семян высеваемой культуры на вал аппаратов устанавливаются сменные катушки для крупных, средних или мелких семян.

При высеве семян трав в дернину бороздовскрыватель получает вращение от ВОМ трактора и фрезерует в дернине две полосы шириной около 11 см на глубину до 8 см. При этом частицы почвы под воздействием Г-образных ножей отбрасываются назад и движутся в свободном полете до соударения с защитным кожухом. Семена из семенного ящика по семяпроводам и семянаправителям подаются ниже слоя частиц почвы, отброшенных фрезами. Семена трав укрываются слоем почвы, отразившейся от внутренней поверхности кожуха, который далее выравнивается щитком-уплотнителем и прикатывается катками. Глубина обработки почвы регулируется изменением положения опорной лыжи относительно корпуса секции привода, глубина заделки семян – положением семянаправителя относительно защитного кожуха.

Одновременно с посевом семян трав рекомендуется локально вносить стартовую дозу минеральных удобрений. Для единовременного выполнения этих операций разработана

полунавесная сеялка для посева семян трав в дернину СДКП-2,8 (рисунок 6, в). Конструкция её почвообрабатывающей части идентична сеялке СДК-2,8, а посевная часть дополнена туковысевающим устройством.

При движении сеялки СДКП-2,8 фрезерный сошник интенсивно обрабатывает полосу дернины установленной ширины. Минеральные удобрения и семена из соответствующих ящиков высевающими аппаратами по туко- и семяпроводам подаются в тукосемянаправитель и попадают на дно борозды. Далее засеянная полоса прикатывается катком. Привод туко- и семявысевающего аппаратов осуществляется от передних опорно-приводных колес. Нормы высева семян и удобрений регулируются посредством сменных звездочек и шестерен. При переводе в транспортное положение передняя часть сеялки за раму поднимается механизмом навески трактора с отрывом передних колес от поверхности, а задняя часть – гидроцилиндром.

Испытания и производственное использование сеялок СДК-2,8[1] и СДКП-2,8[2] выявили ряд недостатков, основные из которых – высокая металлоёмкость и недостаточная надёжность цепных приводов фрезерных сошников. Для их устранения разработана полуприцепная дернинная сеялка СДКП-2,8М (рисунок 6, г). По сравнению с сеялкой СДКП-2,8 она имеет следующие основные изменения: рама сеялки укорочена и оснащена устройством для присоединения сеялки к стандартной скобе задней навески тракторов; цепные передачи в приводах фрез заменены цилиндрическими зубчатыми передачами; значительно сокращено количество деталей и узлов привода почвообрабатывающей части сеялок и привода семя- и туковысевающих аппаратов. Кроме того, при производстве сеялок СДКП-2,8М по сравнению с прототипом затраты труда снижены на 25 %, себестоимость производства – на 20 %, металлоёмкость – на 30 % (таблица 3)[3].

Таблица 3. Технические характеристики дернинных сеялок СДК

Показатель	СДК-2,8	СДКП-2,8	СДКП-2,8М
Тип сеялки	навесная	полунавесная	полуприцепная
Агрегатируется с тракторами, кН	14…20	14…20	14…20
Потребляемая мощность, кВт	23…42,5	34…46,5	26…42,5
Рабочая скорость, км/ч	до 6,3	до 6,0	1,6…4,0
Производительность за час основного времени, га	1,47	1,20	0,5…1,12
Габаритные размеры, мм:			
– длина	2500	3520	2630
– ширина	3180	3490	3280
– высота	1800	1780	1700
Масса машины, кг	1200	1920	1560
Число выполняемых операций	3	4	4
Емкость бункера, дм^3 : – для семян – для удобрений	 90 --	 90 300	 90 300

Приёмочные испытания сеялки СДКП-2,8М показали, что сеялка при полосном посеве семян трав клевера, тимофеевки, костра безостого удовлетворительно выполняет технологический процесс обработки дернины и посева при средней рабочей скорости 2,7 км/ч. На привод фрезерных сошников сеялки от ВОМ трактора потребляется мощность

[1] Протокол № 06-21-99 (4030192) государственных приемочных испытаний сеялки для посева семян трав в дернину СДК-2,8. Оричи : Киров. гос. зонал. машиноиспыт. ст., 1999. 40 с.

[2] Протокол № 06-16-2001 (2030052) квалификационных испытаний сеялки комбинированной для посева семян трав в дернину СДКП-2,8. Оричи : Киров. гос. зонал. машиноиспытат. ст., 2001. 41 с.

[3] Протокол № 06-42-2003 (1030062) приёмочных испытаний сеялки комбинированной для посева семян трав в дернину СДКП-2,8М. Оричи : Киров. гос. зонал. машиноиспытат. ст., 2003. 56 с.

22,5-35,0 кВт, удельный расход топлива составляет 9,4 кг/га. За время испытаний не зафиксировано отказов модернизированных приводов фрезерных рабочих органов. В ходе эксплуатационно-технологических испытаний сеялка СДКП-2,8М осуществляла полосной посев семян трав с коэффициентом надежности технологического процесса, равным 0,94, и коэффициентом использования сменного времени – 0,71. Таким образом, сеялка СДКП-2,8М при сохранении высоких агротехнических и эксплуатационно-технологических показателей более надёжна, обладает меньшей металлоёмкостью и себестоимостью производства.

Прямой полосной посев, осуществляемый дернинными сеялками СДК с дисковыми фрезами в качестве сошников, обладает высокой эффективностью при минимальных капитальных вложениях, значительно снижает затраты энергии, посевного материала, рабочего времени, а также экологически безопасен. Но при этом эксплуатация дернинных сеялок в производственных условиях выявила ряд недостатков, таких как высокая металлоёмкость машин, недостаточная надежность цепных приводов фрезерных сошников (СДК-2,8 и СДКП-2,8) и Г-образных ножей. Кроме того, переход от навесных к полунавесным вариантам сеялки при сравнительно постоянной производительности и надежности машин привел к неоправданному возрастанию металлоемкости конструкции более чем на треть.

Дальнейшим развитием данного типа техники можно считать разработку ВИМ (г. Москва, РФ) широкозахватных комбинированных агрегатов МПТД-6 и МПТД-12 для полосного подсева семян бобовых трав и травосмесей на лугах и пастбищах [32]. Агрегат МПТД-12 состоит из двух модулей шириной захвата до 6 м, соединенных посредством соединительно-приводного бруса (рисунок 7).

а

б

в

Рисунок 7. Агрегаты для посева трав в дернину МПТД-12 (а) и МПТД-6 (б, в):

1 – соединительный брус; 2 – правый модуль; 3 – левый модуль
Источник: составлено авторами по материалам исследований ВИМ [32, 33].

Технологический процесс высева семян в обработанные полосы идентичен работе сеялок СДКП. Каждый модуль может быть использован как самостоятельный агрегат МПТД-

6 основного назначения и агрегатируется с энергетическими средствами меньшей мощности (тракторами класса 20 и 30 кН).

Модули комбинированного агрегата включают блоки фрезерные с цепным приводом фрезерного барабана, ножи и механизмы регулировки глубины обработки; блоки для высева семян трав и травосмесей с бункерами-накопителями, системы дозирования, распределения и контроля, механизмы регулировки глубины заделки семян; блоки для внесения гранулированных минеральных удобрений в почву, с системами дозирования и контроля высева, уровня семян и удобрений; приспособление для дальней транспортировки. Фрезерный бороздовскрыватель унифицирован с фрезерной секцией культиватора КФ-5,4. На модуле возможно размещение оборудования для узкополосного внесения гербицидов. Основные технические характеристики агрегата приведены в таблице 4.

Таблица 4. Основные технические характеристики агрегатов МПТД

Показатель	Значение	
	МПТД-6	МПТД-12
Агрегатирование	Т-150К	УЭС-210/280
Коэффициент унификации и локализации, %	не менее 70 % (фрезерный культиватор КФ-5,4, сеялка селекционная пневматическая ССНП-16)	
Ширина захвата, мм	5700	11850
Производительность, га/ч	0,68	1,35
Вместимость ящиков для семян/удобрений, дм^3	250/300	500/600
Глубина обработки, см	до 9 ± 15 % (агротехническая – 4,6…6,2 ± 1,6 мм)	
Глубина посева семян трав, мм	регулируемая, до 40 мм	
Микронеровности почвы в полосах, см	не более ±1,0	
Высевающая способность сеялки, кг/га		
– для семян и травосмесей	1,4…34,0	
– для удобрений	2,64…52,78	

Отличием технологии выполнения прямого посева является то, что гранулы минеральных удобрений высеваются на почву впереди дисковых фрез и при обработке полосы почвы они перемешиваются с почвой. Далее в почву полосы наконечниками семянаправителей подаются семена трав, почва в полосе выравнивается и уплотняется катком. По краям полос установлены распылители, с помощью которых производится распыление гербицидов на необработанную часть засеваемого участка.

Макетный образец агрегата МПТД-12 испытывался на типичных для Нечерноземья России дерново-подзолистых почвах влажностью 13-18,5 % на посеве смеси семян клевера и тимофеевки луговой в дернину пастбища. Обработка почвы и посев смеси семян трав проводились на скоростях 4,5 и 6,5 км/ч с установочной нормой высева семян трав 3,8 кг/га, удобрений – 15 кг/га, гербицидов – 100 л/га. С повышением скорости при оптимальной глубине фрезерования плотность почвы составила 1,0-1,1 г/см^3, глубина заделки семян 1-1,2 см с ростом скорости уменьшается до 0,7 см. В целом качество выполнения полосного посева семян трав в дернину соответствует агротехническим требованиям [33].

Анализ рассмотренных конструкций агрегатов и сеялок для прямого посева в дернину семян трав показал, что большинство из них за один технологический проход осуществляют полосное фрезерование дернины, посев и прикатывание. Некоторые из них дополнительно выполняют внесение стартовой дозы минеральных удобрений. Фрезерование позволяет хорошо измельчить дернинный слой и равномерно смешать с минеральной частью почвы, что ускоряет процесс минерализации растительных остатков.

Использование комбинированных агрегатов позволяет исключить многократные проходы, при этом в технологическом процессе ликвидируются разрывы во времени между отдельными видами работ, что обеспечивает соблюдение оптимальных агротехнических

сроков. Кроме того, повышается производительность труда, снижаются энергоемкость, трудоемкость и стоимость работ.

К наиболее значимым недостаткам этих машин следует отнести высокую энергоемкость обработки почвы фрезерными рабочими органами, высокую стоимость комбинированной машины вследствие сложности конструкции, металлоемкости, а также относительно низкую производительность. Кроме того, для прицепных комбинированных агрегатов характерны низкая маневренность на мелкоконтурных кормовых угодьях, что присуще большинству естественных лугов и пастбищ Евро-Северо-Восточного региона России.

Изучение результатов испытаний выше представленных технических средств для прямого полосного посева в дернину показало, что посевная часть агрегатов и сеялок, за исключением заделывающих рабочих органов (сошников), вне зависимости от принципа действия: механического или пневматического, производит дозирование и доставку семян трав и удобрений к сошникам с полным выполнением агротехнических требований. Основным критерием, обуславливающим выбор типа механизма высевающего аппарата, является более высокая компактность конструкции посевной части пневматического типа, что выгодно использовать на машинах с большой рабочей шириной захвата.

Наибольшее число отказов и нареканий по качеству выполнения технологического процесса у данной техники относится к почвообрабатывающей части в виде формирующих полосу для посева семян дисковых фрез и заделывающих высеянные семена рабочих органов. В связи с этим основное внимание при анализе конструкций техники для прямого посева в дернину было направлено на изучение возможностей их сошниковых групп. Основным фактором, определяющим перспективность применения бороздообразующих рабочих органов в составе технических средств прямого посева семян в дернину деградированных кормовых угодий и залежных земель для последующего использования в системе органического земледелия, является возможность механического разрушения полосы в массиве дернины, параметры которой обеспечивают благоприятные условия для прорастания высеянных семян и развития всходов. Необходимые для соблюдения данного условия значения ширины и глубины подготовленной к посеву семян трав полосы определяются достаточно широким спектром условий: природно-климатическими и почвенными условиями рекультивируемого участка, параметрами дернового слоя (толщина дернины, степень задернения пласта, связность дернины и т. д.) и рядом других, что определяет основное требование к бороздовскрывателю как возможности к быстрой адаптации его конструкции к изменению параметров формируемой им полосы обработанной почвы.

По качеству крошения посевного слоя и компактности конструкции выгодно отличаются агрегаты и сеялки прямого посева с фрезами с горизонтальной осью вращения. Данный тип фрез хорошо и надежно измельчает дернину и рыхлит почву в обрабатываемых полосах, причем ширину обработки в них можно варьировать от 2,5 до 15 см в зависимости от условий эксплуатации. К достоинствам фрез с горизонтальной осью вращения следует отнести малое тяговое сопротивление, что позволяет применять тракторы с малым сцепным весом и устойчиво осуществлять технологический процесс высева семян на сильно задернелых почвах.

При этом необходимо учитывать, что фрезы с единой горизонтальной осью вращения, на которой установлены Г-образные ножи (агрегаты МТД-3,6, ОПП-6, Hunter Rotary Seeder), хорошо зарекомендовали себя при работе на выровненных участках, имеют относительно простую конструкцию, но не обеспечивают копирование микрорельефа и, как следствие, качество посева на неровных участках отличается низкой стабильностью глубины заделки семян. В то же время сеялки John Deere 1500 POWR-TILL, МД-3,6, СДК и МПТД с дисковыми фрезами на независимой подвеске обеспечивают хорошее копирование микрорельефа, но имеют более сложную конструкцию и высокую металлоемкость.

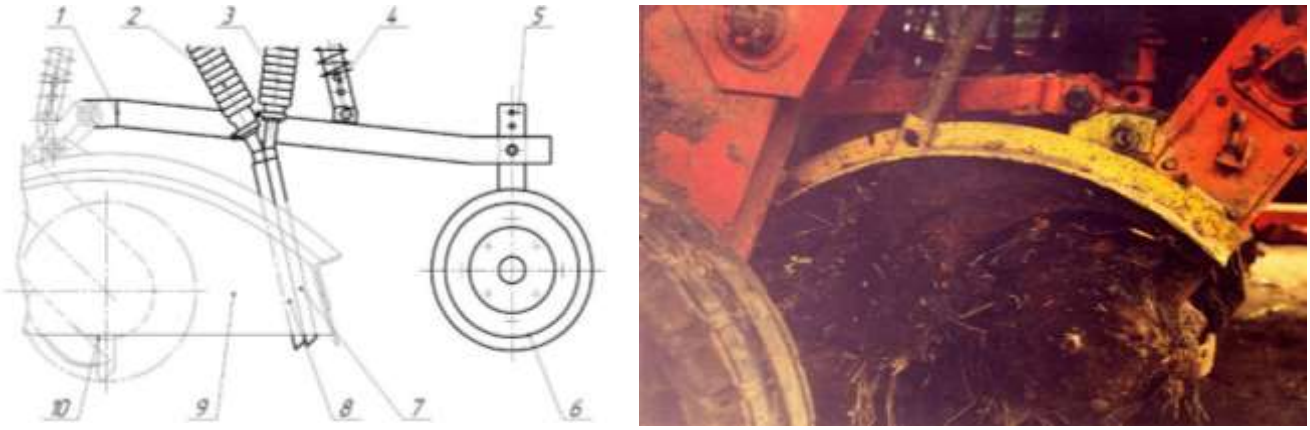
При разработке и совершенствовании агрегатов и сеялок для прямого полосного посева семян трав в дернину природных кормовых угодий Евро-Северо-Востока РФ необходимо учитывать природно-климатические условия региона, отличающиеся мелкоконтурностью полей с достаточно неровным рельефом, что ограничивает применение широкозахватных посевных комплексов и агрегатов, конструкция почвообрабатывающей части которых выполнена на едином горизонтальном валу. Предпочтительно использование машин с бороздовскрывающими органами на основе дисковых фрез на независимой подвеске, конструкция которых обеспечивает хорошее копирование микронеровностей рельефа. Дальнейшая модернизация фрезерных бороздовскрывателей должна быть направлена на увеличение глубины обработки с доведением стабильной работы дисковых фрез при формировании полос глубиной 90-100 мм и шириной до 120 мм на почвах твёрдостью 2,0-3,0 МПа. Сдерживающим фактором является то, что за основу почвообрабатывающей части большинства рассматриваемых агрегатов и сеялок прямого посева полностью или частично взяты приводы фрез, трансмиссия и механизмы крепления фрезерных культиваторов-гребнеобразователей КФЛ-4,2 (сеялки СДК, МПТД-3) и фрезерных культиваторов КФ (агрегаты МПТД), конструкции которых рассчитаны в первую очередь на обработку междурядий пропашных культур и по своим силовым характеристикам мало подходят для обработки связной, уплотненной дернины деградированных кормовых угодий и залежных земель. Приводы фрез выполнены на основе цепных передач, что существенно ограничивает возможность повышения величины передаваемой рабочим органам мощности. В качестве перспективного варианта исполнения конструкции привода фрез можно привести опытный образец привода сеялки СДКП-2,8М, где цепная передача заменена цилиндрической зубчатой и который показал высокую надёжность в ходе квалификационных испытаний.

Среди подающих и заделывающих рабочих органов (сошников) положительно выделяются сошниковые группы сеялок John Deere 1500 POWR-TILL и машины полосного подсева МД-3,6, устройство которых позволяет вносить семена анкерными сошниками, вынесенными из-под кожуха фрезы, в почву обработанной полосы. Недостатком конструкции является крепление кронштейна сошника непосредственно на кожухе фрезы, что передает колебания кожуха на сошник, ухудшая стабильность глубины заделки. Основным недостатком данных сеялок является то, что узкая полоса, подготавливаемая фрезой для посева семян, очень быстро зарастает естественной растительностью и посеянные травы не могут с ней конкурировать (в особенности клевер луговой и другие бобовые растения) без ее дополнительной обработки гербицидами, что неприемлемо при производстве кормов, соответствующих требованиям органического земледелия.

Сошниковые группы сеялок СДК и агрегатов МПТД имеют схожие конструкции (рисунок 8, а), обладают рядом преимуществ (компактность и простота конструкции) и обеспечивают согласно протоколам испытаний достаточно высокое качество и надёжность посева семян трав и высева гранул минеральных удобрений при правильной настройке заделывающих органов и соблюдении агротехнических требований. Основным недостатком данных сошниковых групп является размещение туко- и семянаправителей под кожухом фрезы, которые служат концентратором налипания частиц почвы, что при обработке влажной почвы приводит к забиванию подкожухового пространства измельченной почвой и растительными остатками (рисунок 8, б).

Налипшая почва препятствует вращению дисковых фрез и поднимает заднюю часть кожуха, что нарушает технологический процесс обработки посева. Наиболее благоприятные условия для прямого посева семян трав в дернину природных кормовых угодий и дальнейшего развития их всходов ограничены весенним периодом от схода снега и обсыхания почвы от талых вод и до отрастания травостоя на высоту до 10-12 см, для которого характерна повышенная влажность почвы, – это является существенным ограничивающим фактором применения сеялок СДК и МПТД. Также при модернизации сошниковой группы должен быть решен вопрос оптимального размещения высеваемых семян и гранул минеральных удобрений

в почве, при котором семена высеваются на уплотнённое ложе, а под ним находятся удобрения.



а б

Рисунок 8. Общий вид сошниковой группы дернинных сеялок СДК (а) и фото забивания подкожухового пространства фрезерной секции сеялки СДКП-2,8М (б):

1 – грядиль; 2 – тукопровод; 3 – семяпровод; 4 – штанга нажимная; 5 – кронштейн катков; 6 – каток; 7 – семянаправитель; 8 – туконаправитель; 9 – кожух; 10 – фреза дисковая
Источник: разработано авторами.

Для более эффективного использования дернинных сеялок СДК в условиях высокой влажности почвы и повышенного содержания в ней растительных остатков предложена конструкция сошниковой группы, с креплением сошника килевидного типа на механизме подвеса в виде пружин кручения. Сошниковая группа включает грядиль крепления на сеялке, механизм подвеса, килевидные сошники, катки, механизмы регулировки положения сошников в вертикальной и горизонтальной плоскости и усилия заглубления сошников и давления катков на почву. По сравнению с сошниковой группой сеялок СДК ее масса (19,6 кг) снижена на 3,8 кг при увеличении общей длины сеялки на 0,12 м. Испытания сошниковых групп показали, что при посеве семян козлятника восточного глубина заделки семян соответствует агротехническим требованиям и составляет: для сошниковой группы сеялки СДК – 19,4-22,4 мм, для опытного образца – 18,6-19,5 мм, равномерность распределения семян по ширине полосы соответственно 20,2-26,1 мм и 8,4-10,1 мм. Разработанная сошниковая группа с креплением сошника килевидного типа на механизме подвеса в виде пружин кручения обеспечивает высокую равномерность глубины бороздообразования и посева, снижает трудоёмкость и повышает точность настройки туко- и семязаделывающих органов сеялки при сохранении компактности конструкции [34, 35].

Помимо рассмотренных сборочных единиц дернинных агрегатов и сеялок необходимо обратить внимание на их неудовлетворительную работу в условиях высокого травостоя и при наличии в нем кочек или выбоин. В условиях рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель данный фактор может иметь определяющее значение на эффективность использования данной техники, поэтому оптимальным вариантом дополнения их конструкции может быть сменный модуль для предварительной подготовки полос к механической обработке, включающей разрушение мелких кочек и скашивание травостоя до высоты 5-6 см и устанавливаемый либо непосредственно впереди дернинной сеялки, либо на передней навеске трактора.

Таким образом, можно сделать краткое заключение по ряду требований к техническому средству для прямого полосного посева семян бобово-злаковых трав в дернину в качестве машины для рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель с последующим использованием в системе органического земледелия. В качестве

почвообрабатывающей части данной техники предпочтительно использование машин с бороздовскрывающими органами на основе дисковых фрез на независимой подвеске, конструкция которых обеспечивает хорошее копирование микронеровностей рельефа. Фрезерные бороздовскрыватели должны стабильно выполнять процесс фрезерования полосы почвы в дернине твёрдостью до 3,0 Мпа с максимальными глубиной до 90-100 мм и шириной до 120 мм при скорости движения не менее 1,5 м/с, иметь возможность быстрой адаптации для работы по формированию полос меньших размеров. Необходимо рассмотреть вопрос по существенному повышению надежности приводов дисковых фрез, в том числе по возможности установки индивидуальных предохранительных устройств. Посевная часть может включать дозирующе-транспортирующие устройства пневматического или механического вида, при этом основным фактором при выборе можно считать удобство обслуживания и сохранение компактности конструкции машины в целом. В качестве заделывающих рабочих органов наиболее перспективен вынос семя- и туконаправителей из-под защитного кожуха фрезы и использование отдельно расположенных сошниковых групп на независимой механизме подвеса.

Заключение.

1. Прямой полосной посев семян бобово-злаковых трав в дернину природных кормовых угодий с механическим разрушением фрезерными бороздовскрывателями дернинных сеялок в ней полосы шириной, обеспечивающей успешное развитие всходов без химического подавления аборигенных биоценозов, является наиболее перспективным методом рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель для последующего использования в системе органического земледелия.

2. Анализ конструкций технических средств для прямого полосного посева семян в дернину позволил выявить основные недостатки фрезерных бороздовскрывателей и сошниковых групп дернинных сеялок и сформулировать перспективные решения по повышению их эффективности и надежности при возможной эксплуатации в условиях рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Прогноз научно-технологического развития отрасли растениеводства, включая семеноводство и органическое земледелие России, в период до 2030 года / А. Г. Папцов, А. И. Алтухов, Н. И. Кашеваров [и др.]. Новосибирск : Новосибирский государственный аграрный университет, 2019. 100 с.
2. Рубанов И. Н., Фомин А. А. Органическое сельское хозяйство: распространение и перспективы развития в Российской Федерации. DOI: 10.24411/2587-6740-2018-16095 // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 6. С. 50-55.
3. Серегина Т. А., Жильников А. А., Мажайский Ю. А. Ограничения и резервы развития органического земледелия // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5. С. 109-116.
4. Кормопроизводство Нечерноземной зоны: состояние и перспективы развития / А. С. Шпаков, А. А. Кутузова, Д. М. Тебердиев, В. Т. Воловик. DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2020-4-6-20 // Адаптивное кормопроизводство. 2020. № 4. С. 6-20.
5. Инновационные технологии оценки состояния и вовлечения в оборот залежных земель : аналитический обзор / И. Г. Голубев, Н. П. Мишуров, В. Ф. Федоренко [и др.]. Москва : Росинформагротех, 2022. 80 с.
6. Тюльдюков В. А. Теория и практика луговодства. Москва : Росагропромиздат, 1988. 223 с.
7. Лазарев Н. Н., Тюлин В. А. Создание и использование сеяных сенокосов и пастбищ. Москва : РГАУ–МСХА, 2019. 184 с.
8. Инновационные технологии заготовки высококачественных кормов : аналит. обзор / Н. В. Алдошин, А. С. Васильев, В. А. Тюлин [и др.]. Москва : Росинформагротех, 2020. 92 с.

9. Лазарев Н. Н., Тюлин В. А. Адаптивная интенсификация луговодства. Москва : РГАУ-МСХА, 2020. 158 с.
10. Сенокосы и пастбища на осушаемых землях Нечерноземья / А. А. Зотов, В. М. Косолапов, А. Г. Кобзин А. Г. [и др.]. Кокшетау : ИП "Изотова К. У.", 2012. 1198 с.
11. No-tillage seeding in conservation agriculture / C. J. Baker, K. E. Saxton, W. R. Ritchie [et al.]. 2nd ed. FAO and CAB International, 2007. 326 p.
12. Comparison of six zero-till seed drill openers for establishment and persistence of sod-seeded alfalfa (Medicago sativa L.) in a cool-season perennial grass pasture / P. G. Jefferson, S. N. Gregg, L. Hill, H. A. Lardner. DOI: org/10.1139/cjps-2020-0299 // Canadian Journal of Plant Science. 2022. Vol. 102. No. 1.
13. Совершенствование технологического процесса и технических средств для прямого подсева трав в дернину природных кормовых угодий / А. В. Соколов, С. П. Замана, В. В. Патлай [и др.] // Кормопроизводство. 2012. № 4. С. 44-46.
14. Демшин С. Л., Гайдидей С. В. Технические средства для восстановления продуктивности кормовых угодий путем прямого посева семян трав в дернину // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Йошкар-Ола, 2023. С. 843-848.
15. Машины ЦелинНИИМЭСХ для реализации технологий улучшения естественных и сеяных многолетних трав и заготовки грубых кормов : рекомендации / В. Л. Астафьев, Г. З. Гайфуллин, А. И. Дерепаскин [и др.]. Костанай : КФ ТОО «КазНИИМЭСХ» АО «КазАгроИнновация», 2010. 18 с.
16. Курбанов Р. Ф., Созонтов А. В. Эффективность технологии многокомпонентного полосного посева многолетних трав в дернину // Пермский аграрный вестник. 2017. № 3 (19). С. 40-44.
17. Ревенко В. Ю., Белоусов М. М. Результаты испытаний машины для полосного подсева трав в дернину // Международная агроинженерия. 2014. № 4 (12). С. 53-61.
18. Аллен Х. П. Прямой посев и минимальная обработка почвы. Москва : Агропромиздат, 1985. 208 с.
19. Chaudhry A. D. Effects of direct drilling openers, surface residue and earthworms on seed and seedling performance in a wet soil: a thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy at Massey University. New Zealand : Palmerston North, 1985. 374 p. URL: https://mro.massey.ac.nz/items/f5516695-8a51-45bc-9015-622e2f209733 (дата обращения: 28.05.25).
20. Практическое руководство по ресурсосберегающим технологиям и приемам улучшения сенокосов и пастбищ в Северо-Западном регионе / А. А. Кутузова, А. А. Зотов, И. А. Трофимов [и др.]. Москва : Угрешская типография, 2013. 40 с.
21. Пятин А. М., Пятина Н. В. Полосной подсев бобовых трав в дернину естественных пойменных сенокосов // Достижения науки и техники АПК. 1996. № 3. С. 21-23.
22. John Deere 1500 POWR-TILL Seeder : Evaluation Report No E2577. Printed: May, 1978. Tested at: Portage la Prairie. 7 p. URL: https://pami.ca/pdfs/reports_research_updates/(9a)%20Grain%20Drills/102.PDF (дата обращения: 21.08.25).
23. Technical Manual TM-1201. John Deere 1550 Powr-Till Seeder. Litho, 1980. 38 p. URL: https://www.stcatc.ru/katalog-john-deere/1500-Powr-Till-Seeder/parts/ (дата обращения: 21.08.25).
24. Клыбик В. К. Повышение эффективности поверхностного улучшения лугов обоснованием параметров процесса фрезерования дернины для подсева трав : дисс. … канд. техн. наук. Минск : [б. и.], 2004. 127 с.
25. Перспективные технологии и машины для улучшения естественных лугов и окультуренных сенокосов и пастбищ / В. В. Азаренко, Г. Г. Тычина, В. К. Клыбик, Н. Г. Бакач // Научно-технический прогресс в области механизации, электрификации и автоматизации

сельского хозяйства. Минск, 2002. С. 108-113.
26. Технологический регламент омоложения луговых травостоев подсевом бобовых и злаковых трав в дернину / П. И. Бурдук, Н. А. Сивоедов, А. С. Мееровский [и др.] // Мелиорация. 2008. № 2 (60). С. 215-220.
27. Полищук Ю. В., Лаптев Н. В., Комаров А. П. Комбинированные орудия для полосного подсева в технологии поверхностного улучшения старовозрастных многолетних трав // Научное обеспечение животноводства Сибири. Красноярск, 2021. С. 52-56.
28. Дерепаскин А. И., Полищук Ю. В., Бинюков Ю. В. Снижение затрат на улучшение травостоев с применением комбинированных орудий // Международная агроинженерия. 2012. № 3. С. 17-19.
29. Дерепаскин А. И., Полищук Ю. В., Бинюков Ю. В. Полосной подсев в технологии поверхностного улучшения старовозрастных многолетних трав с использованием орудия ОПП-6 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 8. С. 3-4.
30. Рекомендации по улучшению лугов и пастбищ в Северо-Восточном регионе Европейской части России. Москва : Росинформагротех, 2007. 116 с.
31. Дёмшин С. Л. Семейство сеялок для полосного посева семян трав в дернину // Высокотехнологичное импортоопережение при возделывании сельскохозяйственных культур, восстановлении сенокосов и пастбищ. Казань, 2015. С.198-205.
32. Комбинированный агрегат МПТД-12 для полосного подсева семян трав и травосмесей на лугах и пастбищах / О. С. Марченко, Н. М. Марченко, Н. П. Педай [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. № 5. С. 15-17.
33. Анализ технического уровня машин полосного подсева трав в дернину семейства МПТД / О. А. Федорова, А. И. Ряднов, А. Х. Текушев [и др.]. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-31 // Известия НВ АУК. 2024. № 1 (73). С. 271-283.
34. Результаты сравнительного исследования сошниковых групп сеялки полосного посева семян трав в дернину / В. А. Сысуев, С. Л. Дёмшин, С. В. Гайдидей, Д. А. Зырянов. DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.2.273-282 // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024. № 2 (25). С. 273-282.
35. Сысуев В. А., Дёмшин С. Л., Гайдидей С. В. Результаты исследования комбинированной сеялки полосного посева семян трав в дернину. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.263-273 // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 2 (23). С. 263-273.

УДК 621.436 ; 631.3:662

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ЭТАНОЛЕ И РАПСОВОМ МАСЛЕ

Лопатин О. П., доктор технических наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Вятский государственный агротехнологический университет», г. Киров, Россия
E-mail: nirs_vsaa@mail.ru

Аннотация

Представлены результаты экспериментальных исследований по улучшению экологических показателей отработавших газов (ОГ) тракторного дизеля путем применения в качестве топлива этанола и рапсового масла (РМ). Получены важные сведения о концентрации в ОГ токсичных компонентов (оксидов азота (NO_x), суммарных углеводородов (CH_x), монооксида (CO) и диоксида (CO_2) углерода, сажи (C) в зависимости от изменения нагрузки и частоты вращения коленчатого вала. При этом установлены зависимости влияния режимов работы тракторной силовой установки на характеристики экологических показателей и определены их числовые значения. Представленные экспериментальные исследования наглядно демонстрируют возможность применения этанола и РМ в качестве перспективного альтернативного топлива для снижения токсичности и дымности ОГ.

Ключевые слова: силовая установка, этанол, рапсовое масло, токсичность, отработавшие газы, оксиды азота, суммарные углеводороды, диоксид углерода, оксид углерода, сажа, дымность

EXPERIMENTAL STUDIES OF A TRACTOR DIESEL ENGINE WORKING ON ETHANOL AND RAPESEED OIL

Lopatin O. P., doctor of technical sciences, professor
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Vyatka State Agrotechnological University», Kirov, Russia
E-mail: nirs_vsaa@mail.ru

Annotation

The article presents the results of experimental studies on improving the environmental performance of tractor diesel exhaust gases by using ethanol and rapeseed oil as fuel. The authors obtained important information about the content of toxic components in exhaust gases (nitrogen oxides (NO_x), total hydrocarbons (CH_x), carbon monoxide (CO) and dioxide (CO_2), soot (C)) depending on changes in load and crankshaft speed. At the same time, the authors established

the dependence of the influence of the operating modes of the tractor power plant on the characteristics of environmental indicators, and they determined their numerical values. The presented experimental studies clearly demonstrate the possibility of using ethanol and rapeseed oil as the promising alternative fuel to reduce the exhaust gases toxicity and smokiness.

Keywords: Keywords: power plant, ethanol, rapeseed oil, toxicity, exhaust gases, nitrogen oxides, total hydrocarbons, carbon dioxide, carbon monoxide, soot, smokiness

Озабоченность экологическими и энергетическими проблемами техники в агропромышленном секторе, возникающими в результате использования нефтяного моторного топлива, побуждает исследователей во всем мире искать пути их решения. Поскольку самый распространённый силовой агрегат трактора сельскохозяйственного назначения является дизельным, имеющим вследствие особенностей организации рабочего процесса в камере сгорания возможность работать на топливах широкого фракционного состава, то из всего многообразия существующих методов, позволяющих решать вопросы экологической безопасности дизелей с одновременной экономией потребляемого нефтяного моторного топлива, наиболее перспективно выглядит применение альтернативного топлива [1-3].

Поскольку актуальность применения альтернативного топлива в силовых агрегатах сегодня уже ни у кого не вызывает сомнения, то, разумеется, это обстоятельство заставляет ведущих производителей сельскохозяйственной техники если не инвестировать, то хотя бы думать о развитии технологий, способствующих применению различных альтернативных топлив в дизельных двигателях. Поиск новейших способов и перспективных технологий, направленных на улучшение экологических и энергетических показателей дизельных силовых установок и изучение конкуренции различных видов топлива (дизельное топливо, биотопливо, природный газ, спирты, эмульсии и др.) по показателям экологической эффективности, может стать существенным шагом в активизации развития и применения альтернативных моторных топлив [4-6]. Кроме того, переход на альтернативные виды топлива, не являющиеся продуктами переработки нефти, представляет собой одно из наиболее перспективных направлений повышения экологических показателей тракторных дизелей, в том числе в условиях агропромышленного комплекса.

Наиболее привлекательными в отношении улучшения экологической безопасности дизельных двигателей являются альтернативные топлива, менее склонные вследствие особенностей химического состава и определенных физических свойств к образованию токсичных компонентов при горении в условиях камеры сгорания. К таким топливам можно, например, отнести спирты и растительные масла [7-9].

Целью работы является улучшение экологических показателей тракторного дизеля путем применения этанола и рапсового масла (РМ).

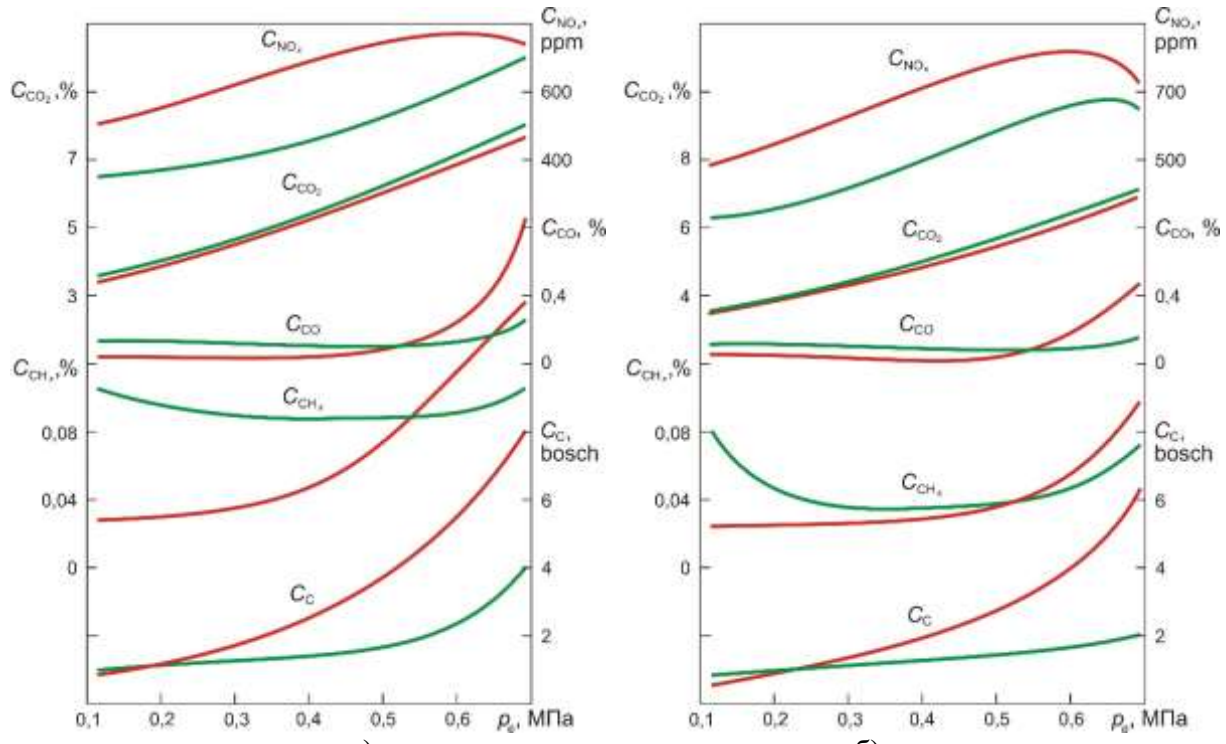
В настоящее время опубликовано достаточно большое число актуальных научных исследований, направленных на улучшение экологических показателей дизельных силовых установок за счет применения в качестве моторного топлива спиртов и растительных масел [10-12]. Однако следует отметить, что углубленный анализ результатов научных исследований показывает, что отсутствуют глубокие экспериментальные исследования, направленные на сравнительные испытания тракторных дизельных силовых установок рабочим объемом до 5 л, работающих на этаноле и РМ, проведенные с должным учетом взаимосвязи экологических и эксплуатационных показателей и определением содержания в ОГ оксидов азота (NO_x), суммарных углеводородов (CH_x), оксида (CO) и диоксида углерода (CO_2) и сажесодержания (С). И хотя данные вопросы широко освещены в литературе в теоретическом плане с применением различных современных форм моделирования, рассмотрение этой проблемы только с теоретической стороны не позволяет раскрыть некоторые вопросы, крайне важные

с точки зрения организации рабочего процесса тракторной дизельной силовой установки при применении в ней этанола и РМ [13-15].

В Вятском государственном агротехнологическом университете на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов проведены экспериментальные стендовые испытания дизельного двигателя 2Ч 10,5/12,0 для работы на этаноле и РМ [16-18].

При проведении экспериментальных исследований, направленных на улучшение экологических показателей дизельной силовой установки и экономию нефтяного моторного топлива, применяли сравнительный метод и стандартные методики проведения стендовых испытаний двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в сочетании с современными методами экспериментальных и теоретических исследований. Эти методы заключались в проведении стендовых испытаний тракторной силовой установки при работе на этаноле и РМ на современном научном оборудовании с дальнейшей обработкой экспериментальных данных по передовым методикам ведущих НИИ и вузов, основанным на применении современных теорий рабочих процессов ДВС и программном обеспечении. При определении основных показателей работы дизельного двигателя по экспериментальным измерениям использовали общеизвестные аналитические зависимости.

Влияние нагрузки на экологические параметры дизельного двигателя представлено на рисунке 1. Результаты экспериментальных исследований тракторного дизеля на нагрузочной характеристике наглядно показывают, что применение этанола и РМ приводит к снижению концентрации оксидов азота (C_{NOx}) во всем исследуемом диапазоне. Это снижение может быть связано как с уменьшением времени интенсивного тепловыделения в камере сгорания дизельной силовой установки, так и с ростом зоны сгорания, которая по причине меньшей теплоты сгорания топливо-воздушной смеси имеет меньшие локальные температуры.



а) б)

Рисунок 1. Влияние применения этанола и РМ в дизельном двигателе 2Ч 10,5/12,0 на экологические показатели в зависимости от нагрузки:

а) – n = 1800 мин$^{-1}$; б) – n = 1400 мин$^{-1}$;
дизельное топливо; этанол и РМ

Рост концентрации продуктов неполного сгорания суммарных углеводородов (C_{CHx}) и оксида углерода (C_{CO}) на малых нагрузках при работе дизеля на этаноле и РМ обусловлен ухудшением показателей процесса сгорания. Но с ростом нагрузки концентрация CH_x и CO уменьшается и достигает минимума в диапазоне среднего эффективного давления p_e от 0,35 до 0,55 МПа, а на больших нагрузках при p_e > 0,55 концентрация продуктов неполного сгорания при работе двигателя на ДТ начинает превышать данные показатели работы дизеля на этаноле и РМ. С ростом нагрузки увеличивается цикловая подача этанола, который менее склонен к образованию большого количества несгоревших углеводородов CH_x.

Влияние частоты вращения на экологические параметры дизельного двигателя представлено на рисунке 2.

Частота вращения коленчатого вала влияет на содержание всех токсичных компонентов в ОГ. При уменьшении частоты вращения увеличивается продолжительность сгорания, а также длительность периода с большей температурой. Таким образом, концентрация NO_x уменьшается с ростом частоты вращения. Отметим, что при работе на этаноле и РМ значительно снижается концентрация NO_x в ОГ на всех исследуемых скоростных режимах по сравнению с работой на ДТ.

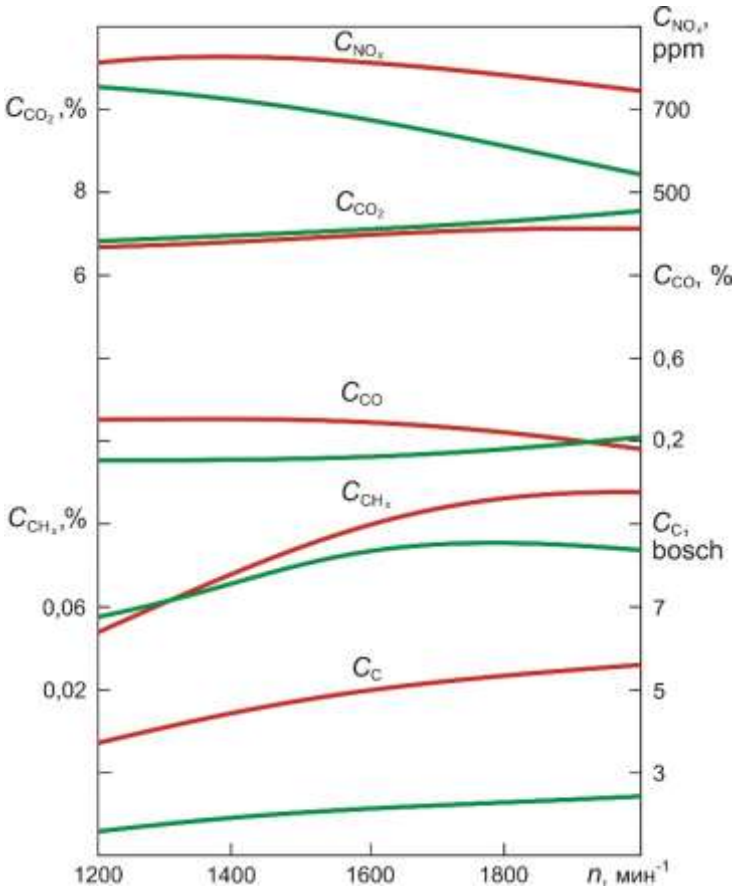


Рисунок 2. Влияние применения этанола и РМ в дизельном двигателе 2Ч 10,5/12,0 на экологические показатели в зависимости от изменения частоты вращения:

дизельное топливо; этанол и РМ

Результаты множества исследований однозначно свидетельствуют, что в процессе сгорания в дизельном двигателе большая часть суммарных оксидов азота образована термически (90-95 %) по механизму Зельдовича, и лишь малую часть 5-10 % составляют топливные оксиды азота и быстрые оксиды, образованные по механизму C. P. Fenimore [19]. Поскольку согласно расширенному механизму Зельдовича, образование NO в значительной

степени зависит от температуры горения и концентрации кислорода, снижение содержания суммарных оксидов азота в ОГ дизельного двигателя при работе на этаноле и РМ можно объяснить сниженными локальными температурами в камере сгорания, а также меньшей продолжительностью активного тепловыделения.

Снижение концентрации сажи в ОГ дизельного двигателя, работающего на этаноле и РМ, можно объяснить меньшей склонностью этанола и РМ к сажеобразованию, обусловленной наличием кислорода в составе данных топлив.

Численные значения результатов экспериментальных исследований дизельной силовой установки сведены в таблице 1 и 2.

Таблица 1. Результаты исследований показателей токсичности и дымности ОГ дизеля 2ч 10,5/12,0 при работе на этаноле и РМ (номинальный режим: n = 1800 мин$^{-1}$, p_e = 0,588 МПа)

Топливо	Показатели			
	NO_x, ppm	С, ед. по шкале bosch	CH_x, %	CO, %
Дизельное	790	5,3	0,11	0,22
Этанол + РМ	590 (снижение на 25,3 %)	2,2 (снижение в 2,4 раза)	0,09 (снижение на 18,2 %)	0,14 (снижение на 36,4 %)

Таблица 2. Результаты исследований показателей токсичности и дымности ОГ дизеля 2ч 10,5/12,0 при работе на этаноле и РМ (режим максимального крутящего момента: n = 1400 мин$^{-1}$, p_e = 0,592 МПа)

Топливо	Показатели			
	NO_x, ppm	С, ед. по шкале bosch	CH_x, %	CO, %
Дизельное	810	3,8	0,052	0,13
Этанол + РМ	630 (снижение на 22,2 %)	1,6 (снижение в 2,4 раза)	0,044 (снижение на 15,4 %)	0,07 (снижение на 46,2 %)

Вывод. В результате проведенных экспериментальных исследований влияния применения этанола и РМ на экологические показатели работы тракторной силовой установки достигнуто полное замещение нефтяного дизельного топлива альтернативными без внесения существенных изменений в конструкцию двигателя, улучшение его экологических показателей при сохранении мощностных на уровне серийного дизеля. Экспериментально определено влияние применения этанола и РМ на характеристики токсичности и дымности ОГ: на номинальном скоростном режиме работы двигателя концентрация сажи в ОГ снижается в 2,4 раза, выбросы NO_x – на 25,3 % по сравнению с показателями штатного дизельного процесса.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Alternative fuel mixture waste cooking oil (WCO) and corn oil: Transforming hazard into renewable energy / S. Suardi, M. U. Pawara, W. Setiawan [et al.] // Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences. 2024. V. 122, № 1. P. 244-257.
2. Exploring the effect of methanol and ethanol on the overall performance and substitution window of a dual-fuel compression-ignition engine fueled with HVO / V. M. Domínguez, Ju. J. Hernández, Á. Ramos [et al.] // Fuel. 2024. V. 359. P. 130529.
3. Environment-economic comparison of potential alternative fuel heavy-duty trucks in china / X. Zhang, Zh. Lin, H. Hao [et al.] // Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2024. V. 131. P. 104206.

4. The application prospect and challenge of the alternative methanol fuel in the internal combustion engine / F. Zhou, Ju. Yu, Ch. Wu [et al.] // Science of the Total Environment. 2024. V.913. P.169708.
5. Lebedevas S., Milašius E. Methodological aspects of assessing the thermal load on diesel engine parts for operation on alternative fuel // Journal of Marine Science and Engineering. 2024. V. 12, № 2. P. 325.
6. Compatibility study on calophyllum inophyllum methyl ester biodiesel as alternative fuel for IC engines / R. Appusamy, K. Chandrasekaran, Y. K. Basavarajappa [et al.] // Environmental Engineering and Management Journal. 2024. V. 23, № 1. P. 169-181.
7. Lopatin O. P. Mathematical problem in the construction of kinetic equations of alternative fuel oxidation in an internal combustion engine // IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering 919. 2020. P. 052033
8. Assessment of particulate pahs toxicity from alcohol-diesel blends fuelled high compression ratio CI engine / T. K. Sahu, P. Ch. Shukla, A. Mondal [et al.] // Cleaner Engineering and Technology. 2024. V. 18. P. 100725.
9. Tiwari K. P., Singh R. N. Review on performance and emissions characteristics of compression ignition engine fueling non-edible vegetable oil // Applied Mechanics and Materials. 2024. V. 919. P. 107-122.
10. Лиханов В. А., Лопатин О. П. Экспериментальные исследования токсичности отработавших газов дизельного двигателя при работе на этаноле и рапсовом масле // Двигателестроение. 2024. № 3 (297). С. 74-82.
11. Şen M. Optimization of performance and emission of a diesel engine fueled with isopropyl alcohol blends: A comparative ANN-GA and RSM-HCO application // Engineering Science and Technology, an International Journal. 2024. V. 55. P. 101733.
12. Nieto Garzón N. A., Oliveira A. A. M., Bazzo E. Heat release rates of straight soybean and diesel oil blends in a compression ignition engine / // Applied Sciences (Switzerland). 2024. V. 14, № 20. P. 9215.
13. Evaluation of advanced biofuels in internal combustion engines: diesel/fusel oil/vegetable oil triple blends / R. Estevez, F. J. López-Tenllado, L. Aguado-Deblas [et al.] // Fuels. 2024. V. 5, № 4. P. 660-672.
14. Evaluation of ci engine performance using compression ratio for palm oil biodiesel / M. N. Gajera, A. L. Lakhani, D. J. Faldu, T. D. Mehta // Journal of Scientific Research and Reports. 2024. V. 30, № 3. P. 294-304.
15. Performance analysis and emission characteristics of VCR diesel engine using palm stearin oil biodiesel as fuel / S. Malayathi, B. Aetty Ramachandraiah, B. Patan [et al.] // International Journal of Low Carbon Technologies. 2024. V. 19. P. 1674-1681.
16. Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование рабочего процесса дизеля на спиртосодержащем топливе. Киров : Вятский ГАТУ, 2024. 205 с.
17. Лиханов В. А., Арасланов М. И. Исследование показателей рабочего процесса быстроходного дизеля при работе на этаноле и рапсовом масле. Киров : Вятский ГАТУ, 2021. 181 с.
18. Лиханов В. А., Козлов А. Н. Моделирование сажевыделения в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на альтернативных топливах. Киров : Вятский ГАТУ, 2019. 157 с.
19. Fenimore C. P. Formation of nitric oxide from fuel nitrogen in ethylene flames // Combustion and flame. 1972. V. 19, № 2. P. 289-296.

УДК 631.3:636.084:631.363.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ МОЛОТКОВОГО РОТОРА ПРИ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ СТЕБЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Мохнаткин В. Г., доктор технических наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Вятский государственный агротехнологический университет», г. Киров, Россия
E-mail: Mohnatkin@vgatu.ru

Аннотация

С учетом положений теоретической механики и теории резания исследованы возможности повышения эффективности работы молоткового ротора для различных вариантов взаимодействия рабочей грани молотка с противорежущими элементами бункерного измельчителя стебельных материалов. Установлено, что подача материала к ротору может осуществляться в радиальном, угловом и осевом направлениях. Рассмотрена схема работы измельчающего устройства с радиальной подачей материала к ротору, осуществляемой вертикальным вращающимся подающим бункером. Введено понятие эффективности работы молотка для различных условий расположения рабочей грани молотка по отношению к радиусу ротора, проведенного в точку подвеса. Приведены графические зависимости результатов исследований эффективности работы молотка.

Ключевые слова: ротор, молоток, бункер, эффективность, стебельный материал, графики

STUDYING DESIGN AND TECHNOLOGICAL FACTORS INFLUENCE ON THE HAMMER ROTOR EFFICIENCY IN CRUSHING STEM MATERIALS BY THE GRAPHIC ANALYTICAL METHOD

Mokhnatkin V. G., doctor of technical sciences, professor

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Vyatka State Agrotechnological University», Kirov, Russia
E-mail:Mohnatkin@vgatu.ru

Annotation

Taking into account the principles of theoretical mechanics and cutting theory, the possibilities of increasing the hammer rotor efficiency have been investigated for various variants of interaction between the working face of the hammer and the counter-cutting elements of a hopper crusher of stem materials. It has been established that the material feeding to the rotor can be carried out in radial, angular, and axial directions. The authors examine the operation scheme of a grinding device with radial material feed to the rotor, carried out by a vertical rotating feed hopper. They introduce the concept of hammer efficiency for various conditions of the working boundary hammer's position relative to the rotor's radius, drawn at the suspension point. Graphical results of hammer efficiency studies are presented.

Keywords: rotor, hammer, hopper, efficiency, stem material, graphs

Введение. Практика использования молотковых рабочих органов для измельчения грубых кормов свидетельствует о том, что наибольшее применение нашли молотки прямоугольной формы. В то же время в ходе исследований рядом авторов [3, 4] обращено внимание на целесообразность выполнения рабочей грани молотка, отличной от прямолинейной, либо смещение точки подвеса молотка относительно продольной оси симметрии с целью отклонения его в процессе работы от радиуса ротора. На роторе молоток устанавливается шарнирно с помощью специальных стержней, проходящих в отверстиях молотков и дисков ротора. При этом, как правило, центр отверстия в молотке (точка подвеса) расположен на продольной оси симметрии последнего. То есть молоток работает аналогично прямому дисковому ножу. Поэтому целесообразно провести анализ работы молотка при измельчении грубых кормов с позиций основных положений теории измельчения, а именно теории резания.

Согласно [3, 5] резание со скольжением имеет место тогда, когда угол скольжения τ больше угла трения φ ($\tau > \varphi$). При этом угол скольжения принято определять как угол между радиус-вектором и рабочей гранью ножа. Угол скольжения определяется и как угол между направлением движения рассматриваемой точки лезвия и нормалью к лезвию, проходящей через эту точку.

При анализе работы бункерных измельчителей грубых кормов установлено, что подача материала к ротору может осуществляться в радиальном, угловом и осевом направлениях. Следовательно, для первых двух случаев в плоскости вращения ротора имеет место составляющая скорости подачи материала, направленная по радиусу к ротору, которая вызывает дополнительный эффект, сравнимый с эффектом скользящего резания.

Рассмотрим схему работы измельчающего устройства с молотковыми рабочими органами и радиальной подачей материала, осуществляемой вращающимся подающим бункером (рисунок 1) [1, 2, 5].

Проанализируем наиболее характерные схемы измельчения с помощью графоаналитического метода. Для оценки эффективности рабочего процесса примем отношение площади среза материала при наличии скользящего резания в долях к общей площади среза, обозначив этот показатель буквой Е [6, 7].

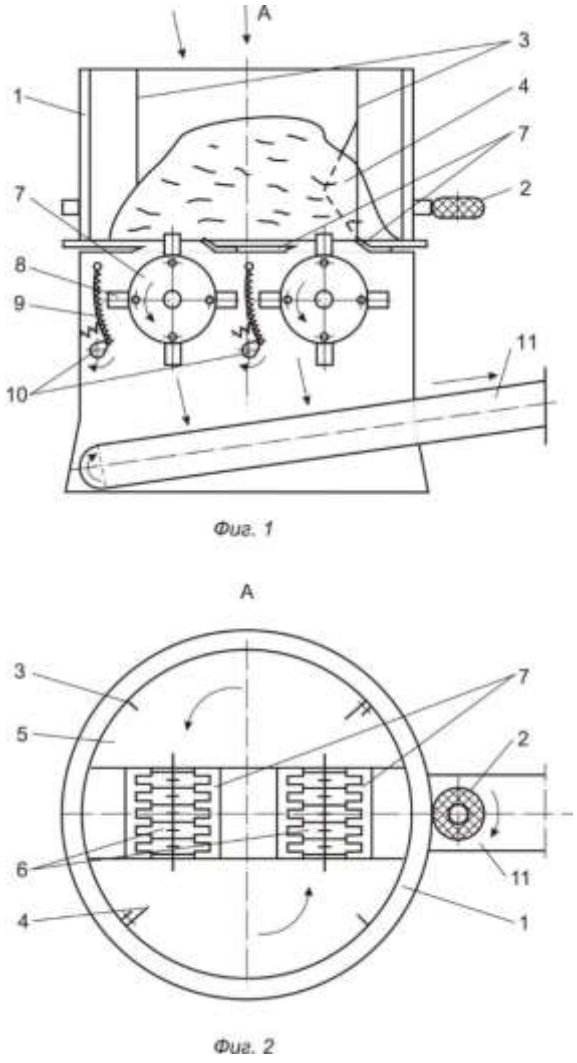


Рисунок 1. Схема молоткового измельчителя грубых кормов с вертикальным вращающимся подающим бункером:

1 – бункер, 2 – приводное колесо, 3 – лопатки, 4 – лопасти, 5 – днище, 6 – противорежущие гребенки, 7 – ротор, 8 – молотки, 11 – транспортер

Согласно рисунку 2,а при движении молотка из положения M_1 в положение M_2 угол скольжения для наиболее удаленной точки молотка будет изменяться от +90° до –90° по синусоидальному закону. Для различных материалов или же для различных состояний одного и того же материала угол скользящего резания φ будет не одинаковым, что, соответственно, и определит эффективность процесса. Откладывая на оси ординат значения угла $\tau = \varphi_i$, определяющего начало скользящего резания, найдем соответствующие этим значениям площади сечений, где имеет место эффект резания со скольжением. Для данного случая показатель E находится в пределах $E = 0{,}22...0{,}45$ для $\varphi = 50°$, 40°, 30° и 20° соответственно.

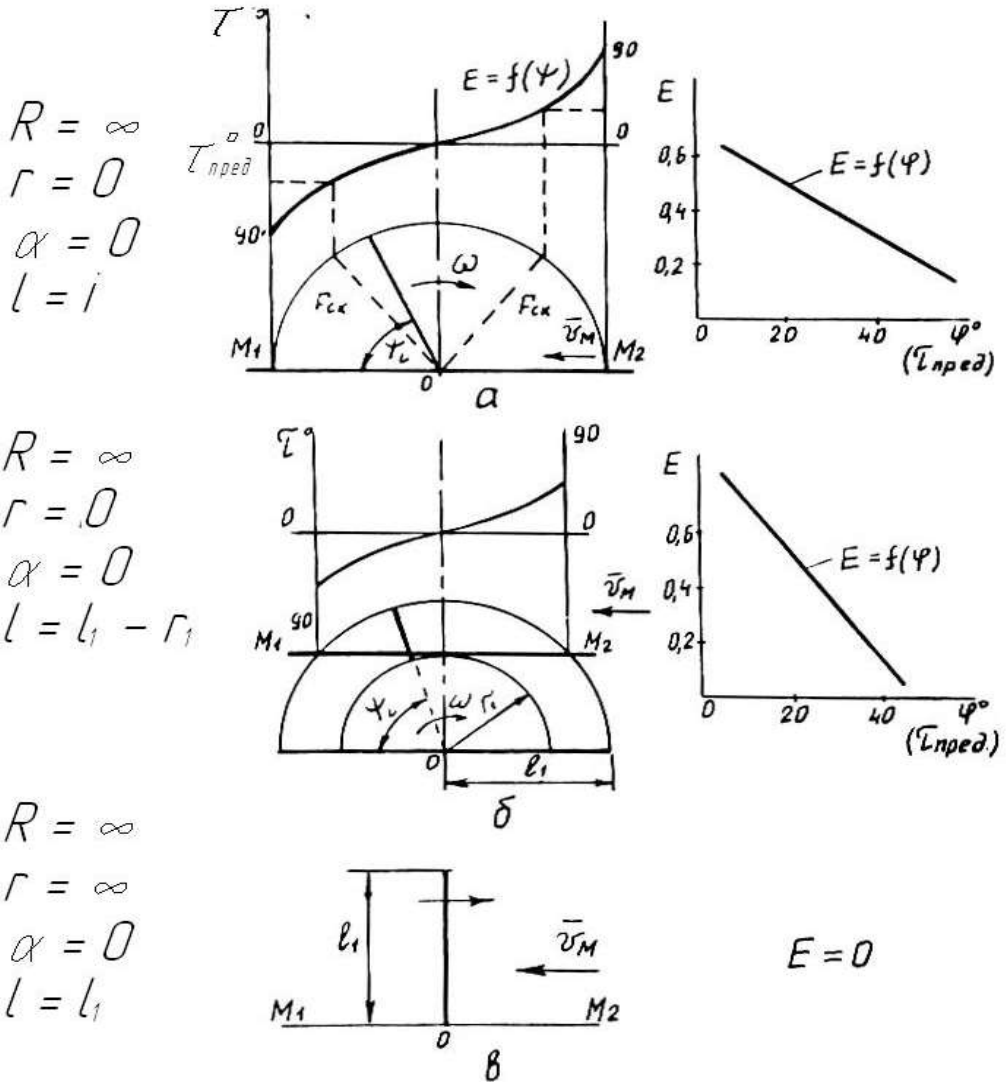


Рисунок 2. Схема к анализу эффективности измельчения стебельных кормов молотком, расположенным по радиусу к ротору:

а – радиус окружности точки подвеса молотка равен 0, $r_1 = 0$;
б – радиус окружности точки подвеса молотка отличен от 0, $0 < r_1 < l_1$;
в – движение молотка поступательное

Судя по рисунку 2,а процесс резания со скольжением осуществляется в начале и в конце рабочего хода молотка, когда толщина слоя поступающего материала незначительна. Это и обусловливает относительно невысокие значения показателя *E*. Анализ рисунка 2 свидетельствует о том, что с увеличением радиуса окружности, на которой расположены точки подвеса молотков, при прочих равных условиях площадь среза материала, где осуществляется резание со скольжением, уменьшается и при $r = \infty$ равна нулю.

Для четвертого случая (рисунок 3,а) исходные условия аналогичны, но разрушающая грань молотка отклонена от радиуса ротора на некоторый угол α_i. В этом случае кривая зависимости изменения угла скольжения τ будет смещена относительно первоначальной вниз по оси ординат для значений $\alpha > 0$ (отклонение молотка в сторону, противоположную вращению ротора) или вверх для углов $\alpha < 0$ (отклонение молотка по направлению вращения ротора).

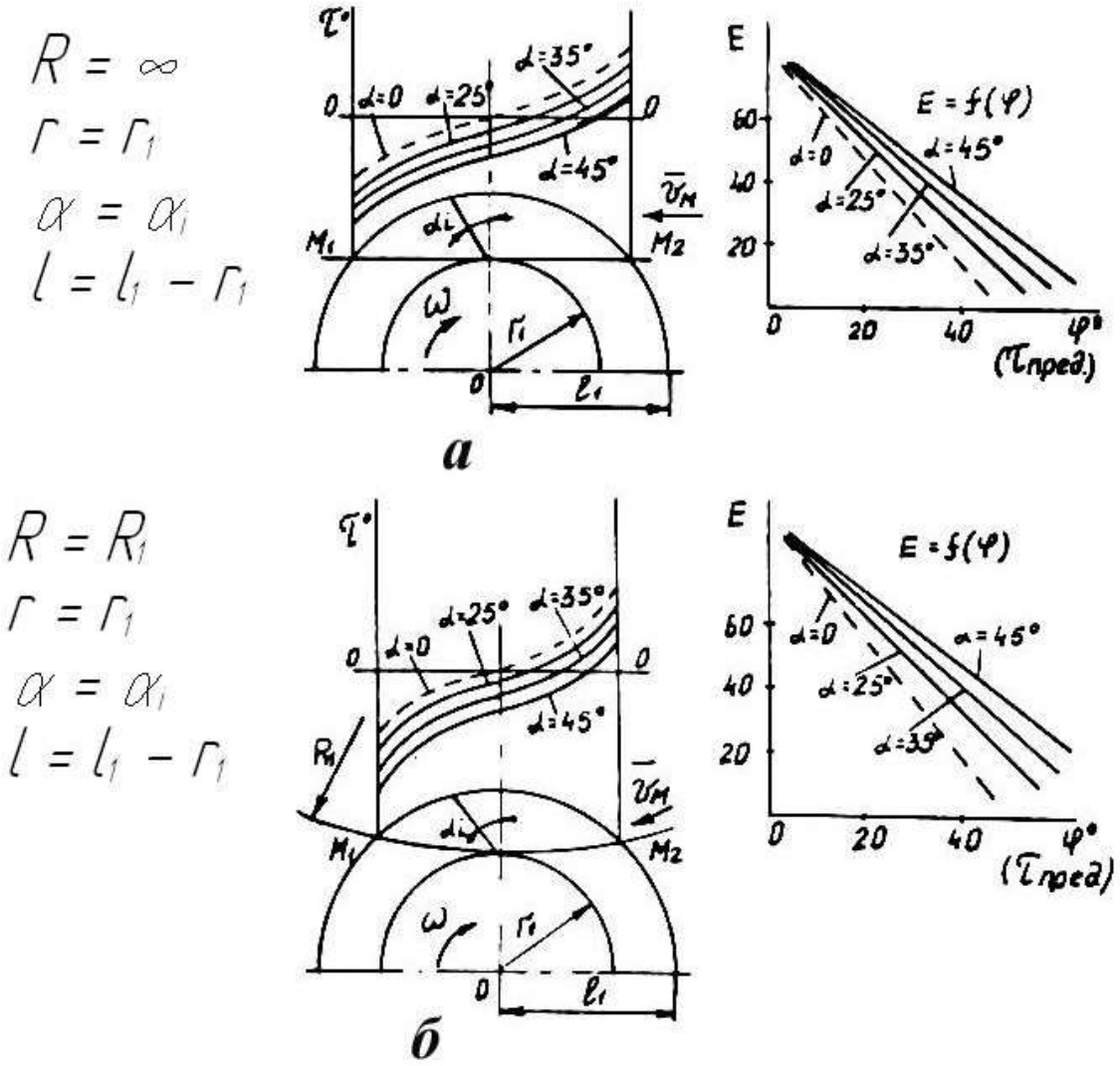


Рисунок 3. Схема к анализу эффективности измельчения стебельных кормов молотком, отклоненным от радиуса ротора

При этих условиях доля скользящего резания в общем процессе измельчения с увеличением угла α возрастает вследствие того, что происходит перераспределение площадей, характеризующих резание со скольжением относительно вертикальной оси ротора.

На рисунке 3,б приведены условия, когда материал подается к ротору бункером не с вертикальной осью вращения, а с горизонтальной, то есть плоскости вращения ротора и бункера совпадают. Отклонения молотка рассмотрены в тех же пределах, что и для предыдущего случая. Очевидно, что направление подачи материала здесь будет осуществляться по нормали к радиусу бункера, и для различных углов поворота ротора это направление будет меняться. Следовательно, и кривая изменения эффективности процесса будет иметь более крутую характеристику. Это говорит о том, что с уменьшением радиуса подающего бункера доля скользящего резания при измельчении материала возрастает.

Вывод. Эффективность работы молотка, а следовательно, и ротора в целом можно повысить, обеспечив отклонение рабочей грани молотка, от радиуса ротора, проведенного в точку подвеса, либо изготовлением молотка отличного от прямоугольной формы. Максимального эффекта можно достигнуть при подаче материала к ротору по криволинейной поверхности, как это реализовано в измельчителе ИРГК «Вятка» [2, 8].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дробилка для кормов : а. с. 982791 : МК В 02 С 13/02 / В. Р. Алешкин, В. А. Сысуев, Н. Ф. Баранов [и др.] (СССР). № 3286388/29-33 : заявл. 15.05.1981 : опубл. 23.12.1982, Бюл. № 47.
2. Молотковая дробилка : а. с. 1381793 СССР : МКИ В 02 С 13/02 / В. Р. Алешкин, В. Г. Мохнаткин, В. А. Сысуев [и др.] (СССР). № 3928637/29-33 ; заявл. 27.05.85. 2 с.
3. Алешкин В. Р., Рощин П. М. Механизация животноводства. Москва : Агропромиздат, 1985. 336 с.
4. Мохнаткин В. Г. Совершенствование конструкций и оптимизация параметров измельчителей грубых кормов для поточных линий кормоперерабатывающих предприятий : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.01 : защищена 26.11.86 : утв. 06.05.87 / Мохнаткин Виктор Германович. Рязань, 1986. 252 с.
5. Машины и технологии в животноводстве : учебник / В. Г. Мохнаткин, П. Н. Солонщиков, Е. А. Софронов [и др.]. Киров : Вят. ГАТУ, 2022. 460 с.
6. Мохнаткин В. Г., Кириллов И. А., Кошурников Д. Н. Теоретические исследования процесса разрушения стебельных материалов молотковым рабочим органом в результате ударного воздействия // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2008. Т. 18, № 2. С. 171-180.
7. Мохнаткин В. Г., Поярков М. С., Горбунов Р. М. Исследование рабочего процесса роторного измельчителя с осевой подачей материала // Пермский аграрный вестник. 2020. № 2 (30). С. 4-14.
8. Мохнаткин В. Г., Поярков М. С. Обоснование конструктивно-режимных параметров измельчителей кормов путем моделирования рабочего процесса // Вестник Вятской ГСХА. 2020. № 1. С. 2.

УДК 631.361:633.1

ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА МАШИНЫ МВС-1,0 В ХОЗЯЙСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Саитов А. В., аспирант[1]
E-mail: alexeysaitov@yandex.ru
Гатауллин Р. Г., кандидат технических наук[2]
E-mail: rinat.gataullin.1970@mail.ru
Саитов В. Е., доктор технических наук, профессор[1]
E-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный агротехнологический университет», г. Киров, Россия
[2]Акционерное общество «Малмыжский ремзавод», г. Малмыж, Россия

Аннотация

Осуществлены в реальных производственных условиях испытания разработанной и изготовленной машины МВС-1,0, предназначенной для сепарации вредных примесей из зерновых культур методом обработки водными растворами неорганических солей. Установлено, что машина соответствует требованиям работоспособности, обеспечивает полное удаление вредных примесей из зерна за один цикл обработки, при этом потери зерна не превышают допустимые значения, установленные для машин окончательной очистки. МВС-1,0 может быть интегрирована в существующую технологическую цепочку послеуборочной обработки зерна.

Ключевые слова: посевные материалы зерновых, потери зерна при обработке, засоренность, вредная примесь, зерноочистительная машина, водный раствор соли

QUALITY INDICATORS RESEARCH OF THE WORKING PROCESS OF THE MVS-1.0 MACHINE EXPERIMENTAL MODEL IN ECONOMIC CONDITIONS

Saitov A. V., post-graduate student[1]
E-mail: alexeysaitov@yandex.ru
Gataullin R. G., candidate of technical sciences[2]
E-mail: rinat.gataullin.1970@mail.ru
Saitov V. E., doctor of technical sciences, professor[1]
E-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

[1]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Vyatka State Agrotechnological University », Kirov, Russia
[2]Joint-stock company «Malmyzh repair plant», Malmyzh, Russia

Annotation

The MVS-1.0 machine, designed for separating harmful impurities from grain crops using aqueous solutions of inorganic salts, has been tested under real-world production conditions. It has been found out that the machine meets performance requirements, ensuring the complete removal of harmful impurities from grain in a single processing cycle, while grain losses do not exceed the permissible limits established for final cleaning machines. The MVS-1.0 model can be integrated into existing post-harvest grain processing systems.

Keywords: grain seeds, grain losses during processing, contamination, harmful impurities, grain cleaning machine, aqueous salt solution

Введение. Зерно различных сельскохозяйственных культур применяется в первую очередь для пищевых целей населению страны, служит для приготовления комбикормов сельскохозяйственным животным, а также закладывается на семенные цели.

Среди всех зерновых культур, составляющих основу урожая, особенно важны пшеница, рожь, овес и ячмень. К сожалению, посевы этих культур часто страдают от грибковых болезней, таких как головня и спорынья. Эти грибки, попадая в зерно, ухудшают его качество. Спорынья чаще всего поражает рожь. Рожь традиционно выращивают в Нечерноземной зоне, так как она хорошо приспосабливается к различным условиям и дает стабильные урожаи даже на не очень плодородных почвах. Рожь особенно подвержена спорынье из-за длительного периода цветения и особенностей строения цветков, которые открыты для перекрестного опыления в течение долгого времени. Во влажные годы спорынья может поражать и другие зерновые культуры: пшеницу, ячмень и овес. Если спорынья заражает колосья этих культур, то вместо зерен образуются ядовитые склероции.

Существующие зерноочистительные машины не способны эффективно отделить вредные примеси от зерен хлебных культур за один цикл обработки. Сложность заключается в том, что вредные примеси часто схожи по размеру, форме, способности к парению в воздухе, а также по цвету и коэффициенту трения с зерном, что обусловлено мутациями. Для качественной очистки требуется многократное прохождение зерна через очистительное оборудование, что приводит к увеличению расходов на очистку. К сожалению, даже модернизация конструкции машин не обеспечивает необходимого повышения эффективности очистки, оставляя проблему качества нерешенной.

Поэтому ключевым фактором, влияющим на продуктивность зернового производства, является техническое совершенство зерноочистительной техники и оборудования. Многие ученые [2, 4-7, 11-15, 25, 30] занимаются разработкой новых зерноочистительных машин и поточных линий для послеуборочной обработки зерна, применяя принципы механики [29].

Несмотря на значительные достижения в работах выдающихся ученых и инженеров, до сих пор остается открытым вопрос об эффективном удалении нежелательных примесей из зерна, поступающего на послеуборочную обработку. В частности, не разработаны методы, использующие водные растворы неорганических солей для одновременной очистки семенного зерна от этих загрязнений в рамках одного технологического цикла.

На основе анализа трудов известных ученых была предложена научная гипотеза, согласно которой можно получить продовольственное зерно, соответствующее стандартам, и элитные семена с высокой биологической жизнеспособностью, очищенные от вредных примесей в рамках одного технологического процесса. Это станет возможным благодаря разработке машины для разделения компонентов зернового материала по плотности с использованием водных растворов неорганических солей, которая будет отличаться простотой конструкции и низкой удельной энергоемкостью процесса.

На основании выдвинутой научной гипотезы разработана машина выделения вредных примесей из семян зерновых культур [22], изготовлен опытный образец машины МВС-1,0 [31] с учетом оптимальных конструктивно-технологических параметров, полученных в результате проведенных экспериментальных исследований на лабораторной установке [26-28].

В рамках дальнейших испытаний разработанной и изготовленной машины МВС-1.0, предназначенной для сепарации вредных примесей из семян зерновых культур с использованием водных растворов неорганических солей, планируется проведение исследований качественных показателей ее рабочего процесса в условиях реальной эксплуатации.

Цель исследования – экспериментально проверить и изучить качественные параметры рабочего цикла опытного образца машины МВС-1,0 в реальных производственных условиях.

Материал и методы. С целью агротехнической оценки в условиях реального производства, опытный образец машины МВС-1,0 был интегрирован в зерноочистительно-сушильную линию микропредприятия «ИП Хабибрахманов Р. Р.», занимающегося выращиванием зерновых и зернобобовых культур и расположенного в деревне Пахотная Малмыжского района Кировской области (Российская Федерация).

Общий вид поточной технологической зерноочистительно-сушильной линии микропредприятия «ИП Хабибрахманов Р. Р.» и опытного образца машины МВС-1,0, установленного в данную технологическую линию, представлены на рисунке 1.

а б

Рисунок 1. Общий вид поточной технологической зерноочистительно-сушильной линии микропредприятия «ИП Хабибрахманов Р. Р.» (а) и опытного образца машины МВС-1,0 (б), установленного в данную технологическую линию очистки зернового материала

Схема поточной технологической зерноочистительно-сушильной линии микропредприятия «ИП Хабибрахманов Р. Р.» в составе с опытным образцом машины МВС-1,0 приведена на рисунке 2.

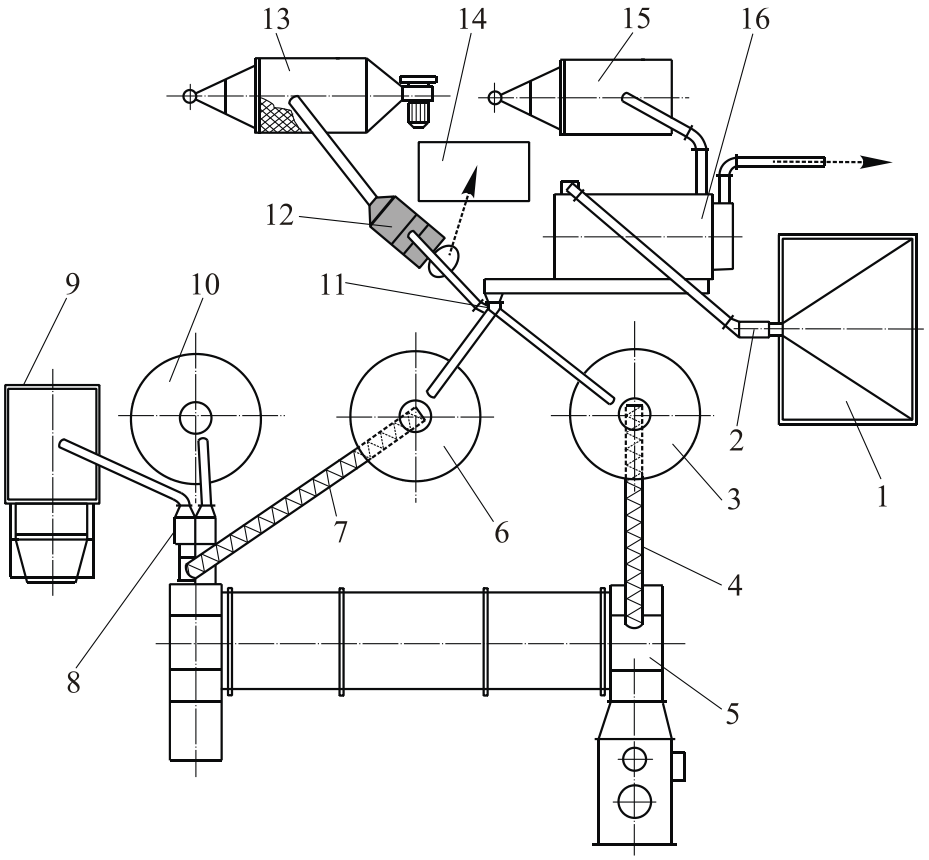


Рисунок 2. Схема поточной зерноочистительно-сушильной линии микропредприятия «ИП Хабибрахманов Р. Р.» в составе с опытным образцом машины МВС-1,0:

1 – приемный бункер для зерна (завальная яма); 2 – зерновой элеватор производительностью 10 т/ч (однопоточная нория НПЗ-10); 3 – накопитель для зерна, прошедшего предварительную очистку (бункер для хранения предварительно очищенного зерна); 4 и 7 – шнековый транспортер для выгрузки зерна (шнековые разгрузчики); 5 – зерносушилка барабанного типа с теплогенератором (барабанная зерносушилка СЗСБ-8А с топочным агрегатом ТАУ-0,75); 6 – хранилище для зерна после первичной обработки (бункер для хранения зерна после первичной очистки); 8 – зерновой элеватор производительностью 10 т/ч (двухпоточная нория 2НПЗ-10); 9 – автотранспорт (транспортное средство); 10 – бункер для хранения высушенного зерна (бункер высушенного зерна); 11 – устройство для направления зернового потока (переключатель потока зерна); 12 – экспериментальная зерноочистительная машина МВС-1,0 (опытный образец машины МВС-1,0); 13 – передвижная зерносушилка на базе тракторного прицепа (сушилка очищенного зерна на базе прицепа 2ПТС-4); 14 – прицеп для транспортировки отходов зерна (тракторная тележка для отходов); 15 – прицеп для перевозки фуражного зерна (тракторная тележка для фуражного зерна); 16 – зерноочистительная машина для предварительной очистки (машина ОВС-25 предварительной очистки зерна)

Технологический процесс работы зерноочистительно-сушильной линии микропредприятия «ИП Хабибрахманов Р. Р.» в составе с опытным образцом машины МВС-1,0 заключается в следующем. Зерновой материал, доставляемый транспортным средством с поля от зерноуборочного комбайна, сгружается в завальную яму 1. При запуске линии из завальной ямы зерновой материал однопоточной норией НПЗ-10 подается в машину ОВС-25 для предварительной очистки. Очищенное зерно из машины ОВС-25 поступает по скатному желобу в бункер 3 для предварительного хранения, а фуражное зерно также по другому скатному желобу направляется в тракторную тележку 15. Отходы (органические и минеральные примеси) от машины ОВС-25 выводятся за пределы технологической линии и

отвозятся в отвал. Предварительно очищенное зерно от примесей из бункера 3 направляется шнековым разгрузчиком 4 в барабанную зерносушилку 5 (СЗСБ-8А) для сушки, а затем двухпоточной норией 2НПЗ-10 отправляется для охлаждения в накопительный бункер 10, откуда в дальнейшем отгружается этой же двухпоточной норией 8 в транспортное средство 9, которым отвозится на склад для напольного хранения, а для последующей первичной очистки машиной ОВС-2 сгружается снова в завальную яму 1.

Зерно после первичной очистки из машины ОВС-25 направляется по скатному желобу в бункер 6 либо при помощи переключателя 11 периодически по скатному желобу направляется в загрузочный бункер опытного образца машины 12 (МВС-1,0).

При обработке зернового материала машиной МВС-1,0 по плотности в водном растворе соли зерно через скатный желоб отгружается в малогабаритную сушилку 13 на базе прицепа 2ПТС-4, а отходы направляются в тракторную тележку 14. По окончании сушки зерно направляется для хранения либо поверхностно увлажненное, очищенное зерно машиной МВС-1,0 без сушки может непосредственно использоваться в качестве семян для посева, что ускорит их всхожесть. Очищенное зерно из бункера 6 шнековым разгрузчиком 7 через двухпоточную норию 8 отгружается в автомобиль-загрузчик семян 9 для последующего посева.

При исследовании показателей рабочего процесса опытного образца машины МВС-1,0 использовали рабочий водный раствор плотностью $\rho_{ж}$ = 1150 кг/м^3 из неорганической соли хлористого натрия (NaCl). Осуществлялась очистка семян озимой ржи сорта Фаленская 4 и яровой пшеницы сорта Ирень от разных примесей. Свойства и параметры исходного семенного материала приведены в таблице 1.

Таблица 1. Свойства и параметры исходного семенного материала

Наименование показателя	Значение показателя	
	озимая рожь сорта Фаленская 4	яровая пшеница сорта Ирень
Влажность зерна, %	15,0	15,0
Всхожесть, %	87	92
Чистота (содержание семян основной культуры), %	99,69	99,67
Содержание склероциев спорыньи, %	0,3	0,3
Головневые образования, %	-	-
Другие сорные примеси, %	0,01	0,03
Масса 1000 зерен, г	25,6	34,3

Эффективность технологического процесса очистки семенного материала от вредных примесей солевым раствором, реализованного в опытном образце машины МВС-1,0, оценивалась количеством P_C извлеченных склероциев спорыньи из очищаемого семенного материала и уровнем потерь $П_З$ зерна в отходы, которые выводились из машины вместе со склероциями спорыньи.

Количество P_C извлеченных склероциев спорыньи из очищаемого семенного материала машиной МВС-1,0 определялось с помощью процентной формулы (%)

$$P_C = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot 100, \quad (1)$$

где m_1 – количество склероциев спорыньи, извлеченных машиной МВС-1,0 из очищаемого семенного материала, кг; m_2 – количество склероциев спорыньи, не извлеченных машиной МВС-1,0 из очищаемого зернового материала, кг.

Уровень потерь $П_З$ зерна в отходы, которые выводились из машины МВС-1,0 вместе со склероциями спорыньи, оценивались по выражению (%)

$$П_З = \frac{m_3}{m_3 + m_4} \cdot 100, \quad (2)$$

m_3 – количество зерна, которые выводились из машины МВС-1,0 вместе со склероциями спорыньи, кг; m_4 – количество очищенного машиной МВС-1,0 зерна от сорных примесей и склероциев спорыньи, кг.

Результаты и обсуждение. Результаты работы опытного образца машины МВС-1,0 по очистке семян озимой ржи сорта Фаленская 4 и яровой пшеницы сорта Ирень, представленные на рисунке 3, показывают корреляцию между удельной зерновой нагрузкой $q_{уд}$ и количеством P_C извлеченных склероциев спорыньи из очищаемого семенного материала, а также уровнем потерь $П_З$ зерна в отходы, которые выводились из машины вместе со склероциями спорыньи.

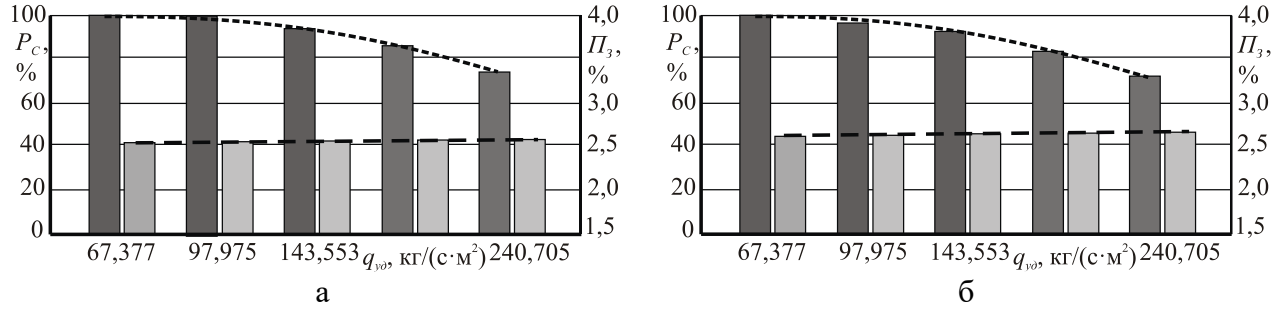


Рисунок 3. Корреляция между удельной зерновой нагрузкой $q_{уд}$ и показателями эффективности очистки семян озимой ржи сорта Фаленская 4 (а) и яровой пшеницы сорта Ирень (б) опытным образцом машины МВС-1,0: количеством извлеченных склероциев спорыньи P_C из очищаемого семенного материала и уровнем потерь зерна $П_З$ в отходы

– количество P_C извлеченных склероциев спорыньи из очищаемого семенного материала;
– уровень потерь $П_З$ зерна в отходы, которые выводились из машины вместе со склероциями спорыньи

Варьирование удельной зерновой нагрузки $q_{уд}$ в переделах 67,377; 97,975; 143,553; 177,990 и 240,705 кг/(с м^2) на площадь поперечного сечения выпускного отверстия загрузочного бункера осуществлялось последующим открытием его регулировочной заслонкой, что соответствовало зазору (10,0; 15,0; 20,0; 25,0 и 30,0)·10^{-3} м соответственно. Высота подачи зернового материала относительно поверхности водного раствора соли составляла 0,060 м.

Корреляция между удельной зерновой нагрузкой $q_{уд}$ и показателями эффективности очистки семян озимой ржи сорта Фаленская 4 (количеством извлеченных склероциев спорыньи P_C из очищаемого семенного материала и уровнем потерь зерна $П_З$ в отходы) опытным образцом машины МВС-1,0 описываются следующими уравнениями регрессии (%):

$$P_C = 98{,}0 + 4{,}214 q_{уд} - 1{,}786 q_{уд}^2, \qquad R^2 = 0{,}994; \quad (3)$$

$$П_З = 2{,}514 + 0{,}008 q_{уд}, \qquad r = 0{,}941, \quad (4)$$

а яровой пшеницы сорта Ирень характеризуется следующими регрессионными моделями (%):

$$P_C = 99{,}0 + 2{,}429 q_{уд} - 1{,}571 q_{уд}^2, \qquad R^2 = 0{,}997; \qquad (5)$$

$$П_З = 2{,}599 + 0{,}011 q_{уд}, \qquad r = 0{,}945. \qquad (6)$$

Из уравнения (3) следует, что на выделение ядовитых склероциев спорыньи удельная зерновая нагрузка $q_{уд}$ оказывает существенное влияние. Коэффициент детерминации R^2 (Adj Rsqr) показывает, что 99,4 % изменения функции $P_C = f(q_{уд})$ объясняется вариацией удельной зерновой нагрузки $q_{уд}$, являющейся переменной величиной. Изменения функции $P_C = f(q_{уд})$ в объеме 0,6 % показывают факторы, которые не были учтены в этой модели.

Из выражения (4) следует, что на потери $П_З$ зерна в отходы удельная зерновая нагрузка $q_{уд}$ практически не влияет. Линия тренда этого выражения имеет линейную зависимость. Коэффициент r корреляции исследуемой зависимости практически близок к значению 1,0, что свидетельствует о высокой степени соответствия трендовой модели экспериментальным данным.

Из уравнения (5), как и в выражении (3), следует, что на выделение ядовитых склероциев спорыньи удельная зерновая нагрузка $q_{уд}$ оказывает существенное влияние. Коэффициент детерминации R^2 (Adj Rsqr) данного выражения составляет 99,7 %, который объясняется вариацией ее переменной величины $q_{уд}$, а 0,3 % изменения рассматриваемой функции $P_C = f(q_{уд})$ объясняются факторами, не учтенными в принятой модели регрессии.

Из полученной модели регрессии (6), как и в модели регрессии (4), следует, что на потери $П_З$ зерна в отходы удельная зерновая нагрузка $q_{уд}$ практически не влияет. Линия тренда этого выражения также имеет линейную зависимость. Коэффициент r корреляции исследуемой зависимости, равный 0,945, практически близок к значению 1,0, что свидетельствует о высокой степени соответствия трендовой модели экспериментальным данным.

В результате регрессионного анализа математических моделей (3), (4), (5) и (6), описывающих связь между зависимыми переменными P_C и $П_З$ и независимой переменной $q_{уд}$, следует, что полученные модели информационно значимо описывают качественные показатели рабочего процесса опытного образца машины МВС-1,0 выделения вредных примесей из семян зерновых культур в растворе соли.

Анализ графиков, представленных на рисунке 3, позволяет заключить, что полная (100 %) элиминация ядовитых склероций спорыньи достигается при удельной зерновой нагрузке 67,377 кг/(с·м²). При дальнейшем увеличении удельной зерновой нагрузки часть склероций спорыньи увлекаются потоком зерна на дно ванны; для ржи и пшеницы соответственно при $q_{уд}$ = 97,975 кг/(с·м^2) количество P_C составляет 98 и 97 %, при $q_{уд}$ = 143,553 кг/(с·м^2) количество P_C равна 95 и 93 %, при $q_{уд}$ = 177,990 кг/(с·м^2) значение P_C = 85 и 83 %, а при $q_{уд}$ = 240,705 кг/(с·м^2) количество P_C снижается до 75 и 72 %. Это обусловлено при высоких удельных зерновых нагрузках $q_{уд}$ захватом склероций спорыньи ядром потока зерна, погружающегося на дно ванны машины МВС-1,0. Это приводит к тому, что ядро потока зерна распадается только на более глубоких уровнях солевого раствора. Вследствие этого, оказавшись на дне ванны машины, некоторое количество склероций спорыньи впоследствии выносится транспортером в составе очищенных семян.

Для исключения захвата склероций спорыньи зерном, погружающимся в растворе соли, в конструкции опытного образца необходимо предусмотреть разрушающее устройство ядра потока зерна, устанавливаемое в ванне непосредственно на определенной глубине.

Практически полное отсутствие зависимости уровня потерь $П_З$ зерна при окончательной очистке семенного материала (в пределах 2,52-2,65 %) от удельной зерновой нагрузки $q_{уд}$ свидетельствует о высокой эффективности процесса. Эти потери существенно ниже допустимых агротехнических требований, которые составляют

не более 5,0 %.

Семена зерновых культур, очищенные опытным образцом машины МВС-1,0 от вредных примесей, пребывают в растворе соли непродолжительное время (не более 30 секунд), а потому смачиваются только поверхностно и чрезмерного повышения их влажности проникновением жидкости внутрь семени не происходит. После обработки машиной МВС-1,0 для устранения поверхностного увлажнения и увеличения сыпучести семян достаточно их продуть напором наружного атмосферного воздуха или навал увлажненных семян периодически перелопачивать либо расстелить небольшим слоем на площадке для просушивания до нормальной влажности, удовлетворяющей условиям посева сеялками.

Для оценки эффективности в выделении из зерна трудноотделимых примесей, в том числе склероций спорыньи, в таблице 2 проведено сравнение технических характеристик машины МВС-1,0 с влагосъемным устройством [19] и пневмосортировальных столов ПСС-1, СП-0,5 и ССП-1,5 [3, 16, 32].

Для привода вентилятора влагосъемного устройства предусмотрен электродвигатель асинхронный трехфазный АИР 80А4 мощностью 1,1 кВт и частотой вращения вала ротора 1500 мин$^{-1}$ [1]. Тогда суммарная мощность опытного образца машины МВС-1,0 с влагосъемным устройством составит 1,85 кВт.

Согласно таблице 2 машина МВС-1,0 демонстрирует значительно более низкие показатели удельной металлоемкости (в 1,88-8,83 раза) и удельных энергозатрат (в 1,89-6,27 раза) по сравнению с пневмосортировальными столами ПСС-1, СП-0,5 и ССП-1,5.

Если сравнивать машину МВС-1,0 с влагосъемным устройством и пневмосортировальный стол ПСС-1, то по размеру и тому, какое количество семян они могут обработать, они почти одинаковы. Но МВС-1,0 гораздо экономичнее: она тратит в 2,03 раза меньше энергии и для ее производства нужно в 2,5 раза меньше металла.

Таблица 2. Ключевые технические характеристики машины МВС-1,0, включающей влагосъемное устройство, и пневмосортировальных столов, ориентированных на эффективное отделение трудноудаляемых примесей из зерна

Наименование показателей и единица измерения	Наименование машины			
	МВС-1,0 с влагосъемным устройством	ПСС-1	СП-0,5	ССП-1,5
Производительность, т/ч	1,0	1,0	0,6-1,0	1,5-2,0
Суммарная установленная мощность, кВт	1,85	3,75	5,5-7,0	7,0
Габаритные размеры, мм:				
- длина	2000	1500	2100	2635
- ширина	700	1100	1600	1350
- высота	1500	1750	1500	1290
Масса, кг	200	500	1060	750
Удельные энергозатраты, кВт·ч/т	1,85	3,75	5,5-11,6	3,5-4,7
Удельная металлоемкость, кг/(т/ч)	200	500	1060-1766	375-500

Преимущества машины МВС-1,0 с влагосъемным устройством, такие как снижение удельной металлоемкости и удельных энергозатрат по сравнению с пневмосортировальным столом ПСС-1, обусловлены ее простой конструкцией. Эта простота конструкции позволяет при изготовлении машины МВС-1,0 обойтись без сложного производственного оборудования и специальных приспособлений. Также машина МВС-1,0 отличается простотой настроек технологического процесса на оптимальный рабочий режим.

При оценке уровня шума, создаваемого вращающимися частями во время работы опытного образца машины МВС-1,0 при выделении вредных примесей из семян зерновых культур в растворе соли, установлено, что его предельное значение не превышало 70 ДбА,

что не превосходит величину 80 ДбА, предусмотренную санитарными нормами для работы технического персонала [8, 10, 17].

При замере концентрации пыли в зоне работы машины МВС-1,0 выделения вредных примесей из семян зерновых культур в растворе соли установлено, что ее значение составило 4,8 мг/м^3 и не превышает значения 6,0 мг/м^3 согласно требованию системы стандартов безопасности труда (ССБТ) [9].

Анализ безопасности и эргономических характеристик опытного образца машины МВС-1,0 свидетельствует о том, что конструкция в целом соответствует требованиям удобства и безопасности для пользователей при эксплуатации и проведении технического обслуживания. В качестве рекомендации предлагается оснастить машину системой транспортера для вывода отходов.

Выводы. Таким образом, в ходе испытаний опытного образца машины МВС-1,0 в реальных производственных условиях установлено, что она соответствует требованиям работоспособности, обеспечивает 100 % выделение вредных примесей из семян зерновых культур в водном растворе соли за один технологический процесс при потерях $П_З$ зерна в отходы, которые не превышают агротехнические требования к машинам окончательной очистки зерна. Функционал разработанной машины полностью соответствует задачам, решаемым в поточной технологии послеуборочной обработки зерна и семян. Дальнейшее совершенствование конструкции разработанной машины возможно использованием технических решений, представленных в следующих работах [18, 20, 21, 23, 24].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. АИР 80А4 электродвигатель 1,1 кВт 1500 об/мин. URL: https://agregat.me/trekhfaznye-elektrodvigateli-380v/487-air80a4-elektro dlvigatel-1-1-kvt-1500-ob-trehfaznyj-ua/ (дата обращения: 29.07.2021).
2. Бурков А. И. Разработка и совершенствование пневмосистем зерноочистительных машин. Киров : ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока», 2016. 380 с.
3. Вибропневмосепараторы и их использование в линиях очистки семян : учебное пособие / В. Д. Галкин, А. Ф. Кошурников, А. А. Хавыев [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп. Пермь : ИПЦ «Прокростъ», 2014. 102 с.
4. Волхонов М. С. Обоснование и совершенствование процессов и аэроложобных устройств для послеуборочной обработки зерна : дис. … д-ра техн. наук : 05.20.01 / Волхонов Михаил Станиславович. Кострома : [б. и.], 2007. 480 с.
5. Галкин В. Д., Галкин А. Д., Елисеев С. Л. Технологии, машины и агрегаты послеуборочной обработки зерна и подготовки семян. Пермь : ИПЦ «Прокростъ», 2021. 234 с.
6. Гладков Н. Г. Зерноочистительные машины. Конструкции, расчет, проектирование и эксплуатация. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Машгиз, 1961. 368 с.
7. Гортинский В. В., Демский А. Б., Борискин М. А. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях. Москва : Колос, 1980. 304 с.
8. ГОСТ 12.1.003-83 (СТ СЭВ 1930-79). Шум. Общие требования безопасности : введ. 01.07.84 // Система стандартов безопасности труда : сборник ГОСТов. Москва : ИПК Изд-во стандартов, 2002. С. 44-53.
9. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны : введ. 01.01.89. Москва : Стандартинформ, 2006. 94 с.
10. ГОСТ 33735-2016. Техника сельскохозяйственная. Машины зерноочистительные. Методы испытаний : введ. 01.01.2018. Москва : Стандартинформ, 2017. 58 с.
11. Дринча В. М., Борисенко И. Б. Применение и функциональные возможности пневмосортировальных столов // Научно-агрономический журнал. 2008. № 2 (83). С. 33-36.
12. Ермольев Ю. И. Перспективные технологии и технические средства для очистки зерна // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2002. № 6. С. 28-29.

13. Зюлин А. Н., Чижиков А. Г. Перспективы механизации послеуборочной обработки и хранения зерна и семян // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2002. № 6. С. 10-14.
14. Машины для послеуборочной обработки зерна / Б. С. Окнин, И. В. Горбачев, А. А. Терехин, В. М. Соловьев. Москва : Агропромиздат, 1987. 238 с.
15. Машины для послеуборочной обработки семян: Теория и расчет машин, технология и автоматизация процессов / под общ. ред. З. Л. Тица. Москва : Машиностроение, 1967. 447 с.
16. Машины окончательной очистки – пневматические сортировальные столы МОС-9Н и ПСС-1. URL: http: // www. agroyug. Ru / htmledit / download / 76. pdf (дата обращения: 26.08.2021).
17. ОСТ 10 10.02-2002. Испытания сельскохозяйственной техники. Зерноочистительные машины и агрегаты, зерноочистительно-сушильные комплексы. Методы оценки функциональных показателей : введ. 03.03.2003. Москва : Минсельхоз России, 2003. 47 с.
18. Патент № 2667066 Российская Федерация, МПК B03B 5/48, B02B 1/04. Машина для отделения спорыньи от семян ржи : № 2017115170/03 : заявл. 27.04.2017 : опубл. 18.09.2018 / Сысуев В. А., Саитов В. Е., Гатауллин Р. Г., Саитов А. В., Уткина Е. И., Шешегова Т. К. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого».
19. Патент № 2701660 Российская Федерация, МПК B03B 5/48, B02B 1/04. Машина для отделения спорыньи от семян ржи : № 20181143946 : заявл. 11.12.2018 : опубл. 30.09.2019 / Сысуев В. А., Саитов В Е., Фарафонов В. Г., Гатауллин Р. Г., Саитов А. В., Уткина Е. И., Шешегова Т. К. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого».
20. Патент № 2616037 Российская Федерация, МПК B03B 5/48, B02B 1/04. Машина для отделения спорыньи от семян ржи : № 2015148311 : заявл. 10.11.2015 : опубл. 12.04.2017 / Сысуев В. А., Саитов В. Е., Савиных П. А., Саитов А. В. ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого».
21. Патент № 2631556 Российская Федерация, МПК B65D 88/26. Бункер для сыпучих материалов: № 2016140581 : заявл. 14.10.2016 : опубл. 25.09.2017 / Саитов В. Е., Фарафонов В. Г., Суворов А. Н., Саитов А. В. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятская государственная сельскохозяйственная академия».
22. Патент № 2689470 Российская Федерация, МПК B03B 5/48, B02B 1/04. Машина для отделения спорыньи от семян ржи : № 2018136461/03 : заявл. 15.10.2018 : опубл. 28.05.2019 / Саитов А. В., Гатауллин Р. Г., Саитов В. Е. ; заявитель и патентообладатель Саитов Алексей Викторович.
23. Патент № 2701905 Российская Федерация, МПК B03B 5/48, B02B 1/04. Машина для отделения спорыньи от семян ржи : № 2017117998 : заявл. 23.05.2017 : опубл. 02.10.2019 / Саитов А. В., Гатауллин Р. Г., Саитов В. Е., Фарафонов В. Г. ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятская государственная сельскохозяйственная академия».
24. Патент № 2710715 Российская Федерация, МПК B02B 1/04. Машина для отделения спорыньи от семян ржи : № 2019114802 : заявл. 14.05.2019 : опубл. 10.01.2020 / Сысуев В. А., Саитов А. В., Фарафонов В. Г., Гатауллин Р. Г., Саитов В. Е., Уткина Е. И., Шешегова Т. К. ; заявитель Федеральное государственное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр имени Н. В. Рудницкого».
25. Рыжов С. В. Новая сельскохозяйственная техника Кировских предприятий // Техника и оборудование для села. 2006. № 6. С. 18-21.
26. Саитов А. В., Гатауллин Р. Г., Саитов В. Е. Анализ величины расхода рабочего водного

раствора соли при очистке семян зерновых культур от вредных примесей // Вестник Вятского ГАТУ. 2025. № 3 (25). С. 93-98. URL : https://v-vgsha.info/wp-content/uploads/journal/2025/3/vypusk_3-2025_2.pdf (дата обращения: 25.11.2025).
27. Саитов А. В., Гатауллин Р. Г., Саитов В. Е. Вынос водного раствора соли из ванны машины выделения спорыньи // Вестник Вятского ГАТУ. 2025. № 3 (25). С. 99-104. URL : https://v-vgsha.info/wp-content/uploads/journal/2025/3/vypusk_3-2025_2.pdf (дата обращения: 25.11.2025).
28. Саитов А. В., Гатауллин Р. Г., Саитов В. Е. Исследование равномерности распределения зернового материала по ширине ванны опытного образца машины МВС-1,0 // Вестник Вятского ГАТУ. 2025. № 3 (25). С. 105-111. URL : https://v-vgsha.info/wp-content/uploads/journal/2025/3/vypusk_3-2025_2.pdf (дата обращения: 25.11.2025).
29. Сысуев В. А., Алешкин А. В., Кормщиков А. Д. Методы механики в сельскохозяйственной технике. Киров : Киров. обл. тип., 1997. 218 с.
30. Сычугов Ю. В. Модернизация объектов послеуборочной обработки зерна. Киров : Вятская ГСХА, 2015. 188 с.
31. Установка для отделения спорыньи из зерна ржи / В. А. Сысуев, В. Е. Саитов, Р. Г. Гатауллин, А. В. Саитов. DOI: https: //doi.org/ 10.47336/0131-7393-2020-9-16-18 // Сельский механизатор. 2020. № 9. С. 16-18.
32. Федоренко В. Ф., Ревякин Е. Л. Зерноочистка – состояние и перспективы. Москва : Росинформагротех, 2006. 204 с.

УДК 629.22.1

ВОЗМОЖНОСТИ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА В КАБИНАХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Сайкин А. М., доктор технических наук, старший научный сотрудник,
главный специалист Центра интеллектуальных систем
Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ»,
г. Москва, Россия
E-mail: a.saykin@nami.ru, ec02@bk.ru

Аннотация

В статье рассматриваются возможности очистки воздуха в кабинах транспортных средств с применением систем пылегазоочистки воздуха российского производства, которые обеспечивают очистку воздуха от пыли, оксида углерода, оксидов азота, акролеина и других вредных веществ с производительностью 100 м^3/час и более.

Ключевые слова: пылегазоочистка, воздух, кабина, вещества, пыль, смог, транспорт, атмосфера

POSSIBILITIES OF AIR PURIFICATION IN VEHICLE CABINS

Saykin A. M., doctor of technical sciences, senior researcher,
chief specialist of the Center for Intelligent Systems
Federal State Unitary Enterprise «Central Scientific Research Automobile and Motor Institute of the Order of the Labour Red Banner “NAMI”», Moscow, Russia
E-mail: a.saykin@nami.ru, ec02@bk.ru

Annotation

The article discusses the possibilities of air purification in vehicle cabins using Russian-made air purification systems, which provide air purification from dust, carbon monoxide, nitrogen oxides, acrolein, and other harmful substances with the capacity of 100 m^3/hour or more.

Keywords: air purification, air, cabin, substances, dust, smog, transport, atmosphere

Движение транспорта и функционирование промышленных предприятий неминуемо сопровождаются загрязнением атмосферы выбросами токсичных газообразных и твердых веществ, транспортным шумом, тепловым, электромагнитным излучением движущихся автомобилей, вибрацией зданий и сооружений. Суммарные выбросы вредных веществ промышленными предприятиями и автотранспортом достигают 130 млн тонн в год в США и 100 млн тонн в год в странах СНГ [1].

По зарубежным данным, общий ущерб от загрязнения атмосферы в развитых странах составляет несколько десятков миллиардов долларов ежегодно.

В крупных городах, промышленных центрах автотранспорт является основным источником загрязнения атмосферного воздуха, что отражено в таблице 1 [1].

Таблица 1. Доля выбросов автотранспортом в общем количестве выбрасываемых вредных веществ, %

Город	Оксид углерода	Углеводороды	Оксиды азота
Москва	96	64	33
Санкт-Петербург	88	79	32
Мадрид	95	90	35
Стокгольм	99	93	53
Токио	99	95	33
Торонто	98	69	19
Лос-Анджелес	98	66	72
Нью-Йорк	97	63	31

Продукты сгорания топлива накапливаются в воде, растениях, на сооружениях и в почве. В воздухе они часто превращаются в другие вещества, которые в определенных условиях могут быть даже более токсичными, чем исходные продукты (явление смога).

Наиболее опасны для человека, животного и растительного мира оксиды азота, сажа, оксид углерода (CO – угарный газ), углеводороды, альдегиды, бенз(а)пирен, оксиды серы, аммиак, диоксид углерода, а также запах и слезоточивое действие отработавших газов (ОГ) двигателей внутреннего сгорания.

Вредные выбросы ОГ двигателей отрицательно воздействуют на здоровье людей и животных, вызывают повреждения растений, ускоряют коррозию металлов и вызывают преждевременное разрушение строительных материалов, ухудшают видимость для водителей всех видов транспорта [1, 2].

Наличие вредных веществ в кабинах автомобилей приводит к кислородному голоданию, вредно воздействует на центральную нервную систему человека, вызывает головную боль и оказывает другое вредное воздействие (притупляется сознание, развивается состояние слабости, равнодушие, наступает сонливость, оцепенение, теряется сознание и др.). Эти факторы являются одной из причин высокой аварийности на дорогах и снижения производительности труда.

Загрязнение атмосферы в городах, на автомагистралях формируется в большей мере вредными выбросами автотранспорта (отработавшие газы, картерные газы, топливные испарения), промышленными предприятиями, а также поднимаемой с дорог пылью.

Для салонов и кабин автотранспортных средств установлены государственные нормы по предельно допустимым концентрациям вредных веществ в воздухе (ГОСТ Р 51206-98 Содержание вредных веществ в воздухе салона и кабины и ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Эти нормы даны в таблице 2.

Таблица 2. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочих зон ($ПДК_{РЗ}$) салона и кабины автотранспортных средств

Вредное вещество	$ПДК_{РЗ}$, мг/м^3
Оксиды азота (в пересчете на NO_2)	5
Пыль (Si)	2
Оксид углерода (CO)	20
Углеводороды суммарные (C_mH_n)	300
Акролеин (C_2H_3CHO)	0,2

По данным официальных экологических служб, в Москве и Санкт-Петербурге превышение предельно допустимых концентраций веществ на улицах в часы пик и при неблагоприятных климатических условиях достигает 2-10 и более раз, особенно по оксидам азота, пыли и оксиду углерода (угарный газ). В меньшей мере это касается других вредных веществ [2, 3, 4, 5].

В карьерах горнорудной промышленности при работе технологического транспорта: экскаваторов, буровых станков, большегрузных самосвалов и др. машин, в основном с дизельным приводом, – происходит интенсивное загрязнение атмосферы пылью (в т. ч. сажей), оксидами азота, акролеином, формальдегидом, оксидом углерода и другими вредными веществами. При глубине более 150-200 м из-за загрязнения атмосферы сверх предельно-допустимых значений ($ПДК_{РЗ}$) все работы в карьерах прекращались до 40-60 дней в году [6-10].

Для снижения загрязнения воздуха в кабинах современных автомобилей, строительно-дорожных машин и на карьерной технике устанавливаются кондиционеры, которые, кроме подачи воздуха и регулирования температурного режима в салонах машин, в режиме рециркуляции обеспечивают также очистку воздуха. Однако даже в грузовых автомобилях высшего класса (не только легковых автомобилях, но и на самосвалах и т. п.) очистку воздуха производят только от пыли (воздушные фильтры на кондиционерах), а в самом лучшем случае и от углеводородов (с помощью угольных фильтров). За рубежом и в России серийно не производятся автомобильные кондиционеры и воздухоочистители, очищающие воздух от оксидов азота и оксида углерода [4, 11].

С учетом вышеизложенного становится ясно, что даже в салонах машин высшего класса воздух не очищается от двух из наиболее опасных соединений – от оксидов азота и оксида углерода, а очищается только от пыли, углеводородов и запаха, т. е., устраняя запах в салонах, фактически создается иллюзия чистоты воздуха, хотя сама проблема чистого воздуха в салонах остается почти не решенной [5]. Это связано с серьезными техническими проблемами комплексной задачи очистки воздуха от всех вредных веществ, с высокой стоимостью установки для очистки воздуха, с большими ежегодными затратами на обслуживание (замену фильтров, поглотительных блоков и катализатора), с тем, что зарубежом ситуация со снижением загрязнения воздуха в городах и на автодорогах стала намного более благоприятной в сравнении с уровнем 1980-90-х годов и чисто коммерческими соображениями.

В начале 90-х годов XX века в России были разработаны установки для очистки воздуха в кабинах транспортных средств, в первую очередь для карьерной техники [6, 7, 10]. Это установки пылегазоочистки типа СПГО 1 (ЗАО НПП «Конверсмаш») и СГЗ-20М (ООО «Газозащита и комфорт»). Установки пылегазоочистки СПГО 1, СПГО 2, СПГО 3 обеспечивают очистку воздуха от пыли, оксида углерода, оксидов азота, акролеина и других вредных веществ. Их производительность 100 $м^3$/час и более. Установки СПГО включают вентагрегат, воздухораспределитель, пульт управления и индикации, блок очистки со сменными кассетами, воздуховоды. Кроме больших габаритов, веса, сложной и большой длины воздуховодов для подвода и отвода очищаемого воздуха, особенностью вентагрегатов является то, что они приводятся электродвигателями с мощностью от 0,3 до 0,8 кВт.

При значительных размерах и большой производительности данные установки ранее применялись в основном в кабинах машин с внутренним объемом не менее 12 $м^3$, например на экскаваторах.

Системы противогазо-аэрозольной защиты типа СГЗ-20М, предназначенные для стационарной установки в кабинах автомобилей, экскаваторов и др. машин, также очищают воздух от оксидов азота, оксида углерода, пыли и прочих вредных веществ. В соответствии с паспортом приводим технические данные системы газовой защиты СГЗ-20М.

Технические данные СГЗ-20М:

1. Комплект СГЗ-20М применяется, как и другие противогазы, в атмосфере, содержащей не менее 18 объемных процентов свободного кислорода и не более 0,5 процента вредных веществ.
2. Температура очищаемого воздуха .....+10 °С…+50 °С.
3. Фильтрующе-поглощающая система – восемь параллельно работающих фильтрующих коробок с аэрозольными фильтрами.
4. Номинальная производительность …… ..... 20 $м^3$/час.
5. Напряжение питания .....– 24 В (до 6 А).

(в вариантном исполнении) .....– 12 В (до 12 А); ~220 В.

6. Габаритные размеры ..... 240×320×600 мм.
7. Масса (без выпрямителя ФПЭ) ..... 16 кг.
8. Время непрерывной работы без замены защитных патронов определяется ресурсом применяемых патронов и условий эксплуатации.

В последние годы при установке СГЗ-20М в кабинах самосвалов КАТ-785В, Юклид R-170 и ряда других машин в карьерах «Удачный», «Айхал» (Якутия), «Мурунтау» (Узбекистан) комплект защитных патронов на СГЗ-20М заменяется через 250 моточасов работы. Ежегодные затраты на замену защитных патронов по каждой установке СГЗ-20М (на каждом автосамосвале) составляют более 3200 долларов США в карьере «Удачный» и более 4000 долларов США в карьере «Мурунтау». По рекомендации ООО «Газозащита и комфорт», служб ВГСЧ и ТБ, в этих карьерах применяются защитные патроны, обеспечивающие очистку воздуха от оксидов азота и оксида углерода.

Недостатком установок СПГО и СГЗ в первую очередь являются очень высокая стоимость их при покупке и завышенные затраты на замену отработавших фильтроэлементов, а также большие габаритные размеры и вес. Также они не устанавливаются в кабинах самосвалов БелАЗ, Холпак и другой карьерной техники (бульдозеров, погрузчиков, виброкатков и пр.) без специальных приемов, которые ограничивают работу персонала либо требуют его обучения.

С учетом указанного, а также положительно оценивая потребительский рынок, автором была разработана новая система очистки воздуха для кабин автомобилей, в первую очередь грузовых автомобилей. Система очистки воздуха (СОВ) предназначена для очистки воздуха от всех вредных веществ в кабинах и салонах машин (карьерных самосвалов, грузовых и легковых автомобилей и т. д.) (рисунок 1).

Система очистки воздуха состоит из корпуса 1 с входным 2 и выходным 3 окнами. В корпусе имеется пульт управления 4, размещенный в зоне выходного окна, заглубленный на одном уровне с корпусом 1.

В корпусе 1 размещены также: вентилятор 5 с корпусом 6 и электродвигателем 7 и нагнетательным колесом с лопатками 8, блок очистки воздуха 9 с фильтрующими элементами от пыли 10 и сорбирующим элементом от углеводородов 11.

Блок очистки воздуха 9 дополнительно содержит сорбирующий элемент от оксида азота 12. В корпусе 1 системы размещен карман для установки пульта управления 4, причем вентилятор 5 с корпусом 6 вентилятора, с нагнетательным колесом, снабженным лопатками 8, размещен в зоне выходного окна 3, а электродвигатель 7, сблокированный с нагнетательным колесом, направлен вдоль оси корпуса 1 в сторону входного окна 2. Блок очистки воздуха 9 с фильтрующими элементами от пыли 10, сорбирующим элементом от углеводородов (акролеина, формальдегида и др.) 11 и сорбирующим элементом от оксидов азота 12 выполнен в виде охватывающего электродвигатель 7 блока 9 с внутренней нишей для размещения электродвигателя 7 и герметичной центральной проставкой со стороны входного окна 2, а по внешней стороне герметично размещен в корпусе 1 системы. Внутренняя перегородка 13 со стороны блока очистки воздуха 9 имеет центральное отверстие для поступления очищенного воздуха изнутри к лопаткам 8 нагнетательного колеса, по внешней стороне корпус 6 вентилятора соединен с выходным окном 3 корпуса системы 1.

В системе очистки воздуха модификация блока очистки воздуха 9 дополнительно содержит каталитический элемент 14 (в виде низкотемпературного катализатора), очищающий воздух от оксида углерода. Очистка воздуха в кабине от оксида углерода требуется для городского транспорта в первую очередь.

Блок очистки воздуха 9 изготавливается также с элементами очистки воздуха от отравляющих веществ и запаха.

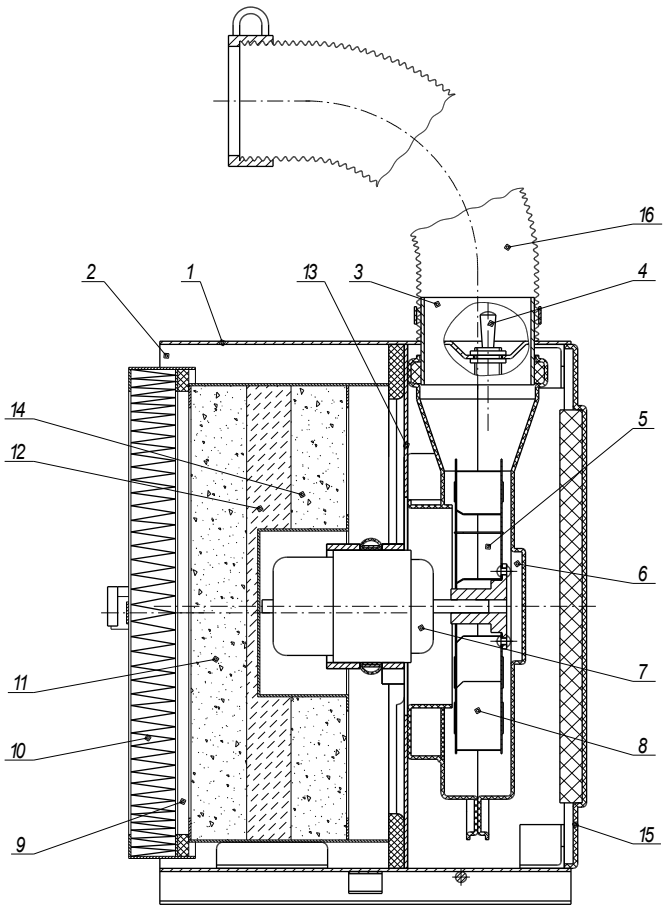


Рисунок 1. Система очистки воздуха:

1 – корпус системы; 2 – входное окно; 3 – выходное окно; 4 – пульт управления; 5 – вентилятор; 6 – корпус вентилятора; 7 – электродвигатель; 8 – нагнетательное колесо с лопатками; 9 – блок очистки воздуха; 10 – фильтрующий элемент от пыли; 11 – фильтрующий элемент по углеводородам; 12 – сорбирующий элемент от оксидов азота; 13 – перегородка с центральным отверстием; 14 – каталитический элемент очистки от оксида углерода; 15 – шумопоглощающий кожух с шумопоглощающим покрытием; 16 – гибкий элемент (воздуховод) для подачи очищенного воздуха в зону дыхания водителя

Система очистки воздуха снабжена системой индикации с индикатором, выполненным в виде канала с заглушкой, соединяющего зону в районе центрального отверстия в перегородке 13 с атмосферой.

СОВ выполняется и в модификации, при которой она снабжена двумя индикаторами, из которых первый размещен в зоне выходного окна 3 системы, а второй – в зоне входного окна 2 системы.

Корпус системы очистки воздуха с внешней торцевой стороны корпуса 6 вентилятора снабжен шумопоглощающим кожухом 15, соединенным с корпусом 1 системы очистки воздуха. Шумопоглощающий кожух 15 изнутри дополнительно может покрываться шумопоглощающим материалом.

В системе очистки воздуха в блоке 9 очистки воздуха элементы очистки установлены по направлению движения воздуха в следующей последовательности: элемент очистки от пыли 10, далее – от углеводородов 11, оксидов азота 12, оксида углерода 14.

Система очистки воздуха работает следующим образом.

При включенном с помощью пульта управления 4 электродвигателя 7 начинает работать вентилятор 5. В результате из кабины (помещения) воздух через окно 2 в корпусе 1 подается (обтекая герметичную проставку) в блок 9 очистки воздуха. В блоке 9, проходя

элемент 10 и элементы 11, 12, загрязненный воздух очищается последовательно от пыли и углеводородов (акролеина, формальдегида), оксидов азота, снижается запах. Очищенный воздух из блока очистки 9 подается к лопаткам 8 вентилятора. Из корпуса 6 вентилятора очищенный воздух через выходное окно 3 выбрасывается обратно в кабину (помещение) машины.

Для более жестких требований, предъявляемых к очистке воздуха, и повышения эффективности работы, блок очистки воздуха 9 изготавливается с дополнительными элементами очистки воздуха от оксида углерода 14, других отравляющих веществ, выполненных в виде слоев (плоских или гофрированных) с сорбирующими, фильтрующими материалами или катализатором, разделенными между собой газопроницаемыми перегородками.

Эффективность очистки воздуха по любому из вредных компонентов находится в пределах 90-95 %.

По мере работы сорбирующие, фильтрующие элементы и катализатор теряют эффективность своей работы. Для определения времени начала снижения эффективности очистки воздуха в корпусе 1 системы очистки воздуха установлена система индикации. Индикатор 19 выполнен в виде полой трубки (трубки Пито), с помощью которой измеряют величину сопротивления блока очистки 9 путем подключения ее к U-образному водяному манометру либо любому другому устройству для измерения давления. Повышение перепада давления выше определенного уровня свидетельствует о необходимости обслуживания блока 9, например о необходимости замены либо регенерации фильтрующего элемента 10 от пыли. Индикатор также используется в виде пробоотборника для отбора проб воздуха с последующим его анализом на газоанализаторе по любому из вредных веществ.

При необходимости в корпусе 1 СОВ размещается второй индикатор (или индикаторная трубка), позволяющий проводить измерения газодинамического сопротивления блока очистки воздуха 9 либо использовать его в виде пробоотборника для последующего газового анализа.

В качестве индикаторов используются съемные либо неразъемные индикаторы, выполненные в виде электронных датчиков (или в виде таблеток с поглотителем, изменяющим свой цвет при превышении концентрации измеряемого вредного вещества выше заданного уровня).

Крепление электродвигателя 7 к перегородке 13 с помощью стоек позволяет обеспечить минимальное сопротивление данного участка газовоздушного тракта.

Размещение вентилятора 5 с нагнетательным колесом, имеющим лопатки 8 в зоне выходного окна 3, и электродвигателя 7, сблокированного с нагнетательным колесом, вдоль оси корпуса 1 в сторону входного окна 2 в нише блока очистки воздуха 9, позволило сделать конструкцию системы очистки воздуха максимально компактной, простой конструктивно и в обслуживании, отличающуюся малыми габаритами и весом, а простота газодинамической схемы позволила до минимума довести потребляемую мощность электродвигателя 7 на привод вентилятора 5 – она составляет < 24 Вт.

Система очистки воздуха является малошумной благодаря специально принятым мерам, в том числе за счет использования электродвигателя фирмы «БОШ» и установки дополнительного кожуха 15, который может быть покрыт шумопоглощающим материалом, обеспечивая любой требуемый уровень шума при работе системы.

Система очистки воздуха является универсальной и может применяться для очистки воздуха в салонах автомобилей и в кабинах водителей автобусов, грузовых машин, при эксплуатации в городских условиях, в кабинах самосвалов с дизельным приводом при работе в карьерах, в кабинах экскаваторов, грейдеров, виброкатков, фронтальных автопогрузчиков, буровых установок и т. д., в производственных помещениях (химических лабораториях, в цехах и т. д.), в помещениях и кабинах транспортных средств, находящихся в зонах пожаров и других экологически неблагоприятных условиях.

Система очистки воздуха выпускается по ТУ 2568-001-31880673-00. На СОВ и фильтрующее-сорбирующие блоки получены гигиенические заключения Минздрава РФ и сертификаты соответствия.

В результате испытаний и массовой эксплуатации в карьерах «Удачный», «Юбилейный» (Якутия), «Мурунтау» (Узбекистан) подтверждена эффективность очистки воздуха по каждому компоненту на уровне 90-95 % при ресурсе блоков очистки не менее 1000 моточасов работы систем СОВ в карьере «Удачный» и не менее 1500 моточасов в карьере «Мурунтау» на автосамосвалах КАТ-785В, ЮКЛИД R-170, ХОЛПАК, КОМАЦУ НД-1200, БелАЗ всех модификаций с грузоподъемностью от 70 до 136 тонн, бульдозерах и других карьерных машинах.

Технические данные СОВ (ТУ 2568-001-31880673-00)

Производительность, $м^3$/час, не менее	
при нормальном режиме работы	20
при повышенном режиме работы	30
Количество установок СОВ в салоне объемом до 3 $м^3$, шт.	1
Напряжение питания, В	– 24; – 12; ~ 220
Потребляемый ток, А, не более	0,7; 1,4; 0,1
Содержание вредных веществ в воздухе на выходе из СОВ	Ниже ПДК по ГОСТ 5106-98 (оксиды азота, оксид углерода, акролеин), ГОСТ 12.1.005-88 (пыль, формальдегид и др.)
Габариты, мм	240×240×200
Масса (с блоком очистки), кг, не более	7,3
Масса (без блока очистки), кг, не более	5,0
Блок очистки	Повышенной длительности работы, ЕКТЦ 061429.014.000 ТУ
Электродвигатель	Фирмы «БОШ» (Германия)
Ресурс СОВ, моточасы, не менее	6000
Месяцы, не менее	12
Ресурс блока очистки, моточасы, не менее	1000
Ресурс электродвигателя, месяцы, не менее	12

Очищаемые компоненты и равный ресурс блоков очистки по каждому компоненту подбирается в блоках очистки для каждого карьера индивидуально.

Таким образом, использование систем очистки воздуха в кабинах позволяет практически полностью исключить остановку работы технологического транспорта в карьерах из-за загрязнения атмосферы рабочих мест.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гетманец Г. В., Лиханов В. А. Социально-экологические проблемы автомобильного транспорта. Москва : ФГУП «Издательство «Наука», 1993. 330 с. EDN WLOBYH
2. Козлов М. Чем дышит водитель. Полезные страницы // За рулем. 1999. № 4. С. 212-215.
3. Горбунов В. В., Патрахальцев Н. Н. Токсичность двигателей внутреннего сгорания : учебное пособие. Москва : Изд-во РУДН, 1998. 214 с.
4. Автомобильные кондиционеры. Полезные страницы // За рулем. 1999. № 4. С. 145-150.
5. Легкое дыхание в замкнутом цикле // Деньги. 1998. № 33. С. 31-33.
6. Сытенков В. Н. О целесообразности искусственного проветривания глубоких карьеров // Горный журнал. 1997. № 3 С. 47-49.
7. Ржевский Б. Н., Душин А. С. Теория и практика борьбы с загазованностью глубоких карьеров ОАО «АПАТИТ» // Горный журнал. 1998. № 4. С. 85-88.

8. Иванов В. П., Сытенков В. Н., Лепешкин С. М. Оперативный контроль санитарно-гигиенических параметров воздушной среды в карьерах // Горный журнал. 1994. № 2. С. 50-53.
9. Шитько В. В., Михайлов А. М. Зависимость количества выбросов вредных веществ от состояния технологического транспорта карьеров Кривбасса // Горный журнал. 1997. № 3. С. 51-52.
10. Бойко А. Н., Кочетов А. В., Савицкий В. И. Обеспечение допустимых санитарно-гигиенических условий труда при работе в загрязненной атмосфере карьеров // Горный журнал. 1998. № 8. С. 71-74.
11. Система обеспечения микроклимата в кабине // Грузовик. 1996. № 1. С. 38-41.

УДК 621.43

ДВИГАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА С ДИЗЕЛЕМ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ТРАНСПОРТА

Сайкин А. М., доктор технических наук, старший научный сотрудник,
главный специалист Центра интеллектуальных систем
Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ»,
г. Москва, Россия
E-mail: a.saykin@nami.ru, ec02@bk.ru

Аннотация

В настоящей работе автор представляет на уровне схемного решения некоторые основные идеи перспективной двигательной установки (ДУ), разрабатываемой на протяжении ряда лет. В сравнении с традиционной ДУ, включающей многоцилиндровый двигатель внутреннего сгорания (ДВС) с кривошипно-шатунным механизмом, механические сцепление и коробку переключения передач (КПП), предлагаемая ДУ характеризуется существенно меньшими затратами на ее проектирование и изготовление, меньшими эксплуатационными расходами топлива и пониженными требованиями к его качеству и качеству масла, а также улучшенными технико-экономическими показателями, в частности ремонтопригодностью и приспосабливаемостью к требованиям различных потребителей механической энергии и повышенными компоновочной способностью, ресурсом и надежностью.

Ключевые слова: гидромотор, двигательная установка, клапан, дренаж, гидроаккумулятор, ресивер

ENGINE UNIT WITH THE DIESEL ENGINE FOR FUTURE VEHICLES

Saykin A. M., doctor of technical sciences, senior researcher,
chief specialist of the Center for Intelligent Systems
Federal State Unitary Enterprise «Central Scientific Research Automobile and Motor Institute of the Order of the Labour Red Banner “NAMI”», Moscow, Russia
E-mail: a.saykin@nami.ru, ec02@bk.ru

Annotation

In this paper, the authors present some basic ideas of the promising engine unit that has been under development for a number of years. The presentation is made at the schematic solution level. In comparison with the traditional engine unit, which includes a multi-cylinder internal combustion engine (ICE) with a crank mechanism, a mechanical clutch and a gearbox, the proposed engine unit is characterized by significantly lower costs for its design and manufacture, lower operating fuel consumption and reduced requirements for its quality and oil quality. It also has improved technical and economic indicators, in particular, maintainability and adaptability to the requirements of various consumers of mechanical energy and increased layout capacity, resource and reliability.

Keywords: hydraulic oil motor, engine unit, valve, drainage, hydraulic accumulator, receiver

В соответствии с принятой концепцией развития автомобильной промышленности России, рассчитанной на период до 2035 года, развитие автомобилестроительной отрасли базируется на фундаментальных и прикладных исследованиях, направленных на создание новых видов автомобильной техники, отвечающих перспективным российским и международным требованиям по надежности, безопасности и экологии. Приоритетными являются работы по совершенствованию конструкции ДВС и трансмиссии автомобиля.

Реализация поставленных в концепции задач путем доводки и модернизации существующих конструкций двигателей внутреннего сгорания и трансмиссий автомобилей, как показывает практика, маловероятна. Достижение этой цели возможно на пути разработок новых схемных решений, позволяющих максимально использовать уже достигнутые успехи в различных областях практического двигателестроения и колоссальный теоретический багаж.

В настоящей работе автор представляют на уровне схемного решения некоторые основные идеи перспективной ДУ, разрабатываемой на протяжении ряда лет. В сравнении с традиционной ДУ, включающей многоцилиндровый ДВС с кривошипно-шатунным механизмом, механические сцепление и коробку переключения передач (КПП), предлагаемая ДУ характеризуется существенно меньшими затратами на ее проектирование и изготовление, меньшими эксплуатационными расходами топлива и пониженными требованиями к его качеству и качеству масла, а также улучшенными технико-экономическими показателями, в частности ремонтопригодностью и приспосабливаемостью к требованиям различных потребителей механической энергии и повышенной компоновочной способностью, ресурсом и надежностью.

Важно отметить, что в основе предлагаемой ДУ лежат уже практически освоенные машиностроением технические решения, примененные в сочетании, обеспечивающем значительный прогресс и резкое повышение конкурентоспособности.

1. Основные особенности схемного решения перспективной ДУ.

На рисунке 1 представлена упрощенная схема, позволяющая уяснить некоторые из основных идей, заложенных в перспективную ДУ, и дающая возможность добиться значительного прогресса. Для простоты на схеме не показаны многие широко известные в двигателестроении узлы и системы (системы очистки воздуха и рабочих жидкостей, дренажа, охлаждения и подогрева, диагностики, регулирования, электросистема и т. п.).

В результате всестороннего анализа достигнутых успехов в различных областях двигателестроения в разработанной схеме ДУ принята идея совместного использования достоинств поршневого ДВС и гидропривода путем, что важно, глубокого их конструктивного совмещения. В рассматриваемом варианте предлагаемой схемы глубокое конструктивное совмещение заключается прежде всего в том, что одноцилиндровый ДВС 2 (рисунок 1) и насос высокого давления гидравлической системы 17 представляют по существу единый агрегат, рассчитанный на мощность, которая в традиционных конструкциях реализуется в 4-8-цилиндровых ДВС. В этом агрегате рабочий поршень 8 ДВС жестко соединен со штоком 22, свободный конец которого является вытеснителем 18 объемного гидравлического насоса высокого давления 17, питающего рабочей жидкостью регулируемый (по рабочему объему) реверсивный гидромотор (ГМ) высокого давления 12, способный работать и в режиме насоса.

Заметим, что отечественной промышленностью уже освоен серийный выпуск таких гидромоторов (суммарный КПД гидромотора ~92 %), работающих на давлениях вплоть до 350 атмосфер, что предопределяет их малые габариты, удельные массу (до ~0,135 кг/кВт) и цену (до ~100 руб/кВт). С освоением более высоких рабочих давлений эти удельные показатели будут уменьшаться в дальнейшем (имеются сведения о гидростатических передачах с рабочим давлением до ~700 атмосфер и более).

Для уменьшения отрицательного влияния на работу ДУ большой неравномерности хода одноцилиндрового ДВС (особенно четырехтактного) между насосом высокого давления 17 и ГМ 12 включена батарея гидроаккумуляторов 10, устраняющая жесткую кинематическую

связь между ДВС и ГМ. Отметим этот пример простого решения важной задачи согласования работы ДВС и ГМ как свидетельство широкой адаптационной способности гидравлических систем к работе в различных условиях (при более детальной проработке проекта ДУ эта способность использовалась во многих случаях, на которых в данной статье не акцентируется внимание). Предварительные оценки показали, что предлагаемая схема ДУ с дизельным автомобильным ДВС наиболее оптимальна в диапазоне мощностей от 50 до 400 кВт (причем прогресс в технологии способствует расширению допустимого диапазона мощности). При бóльших мощностях возможно использование ДВС с бóльшим числом рабочих поршней, но также с существенно большей цилиндровой мощностью в сравнении с традиционными автомобильными ДВС.

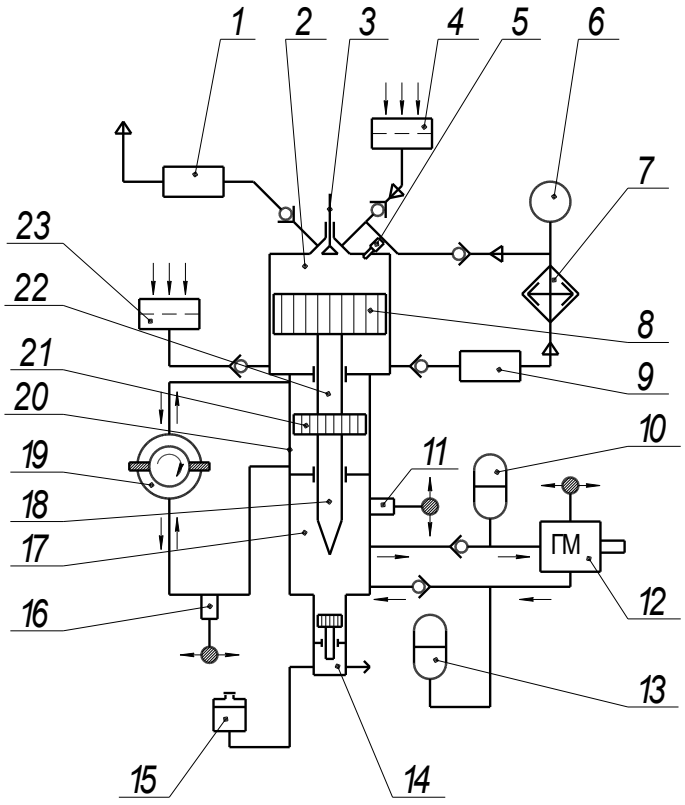


Рисунок 1. Упрощенная принципиальная схема перспективной ДУ:
– обратный клапан; – воздушный ресивер;
– гидроаккумулятор; – орган управления:

1 – система очистки ОГ; 2 – рабочий объем; 3 – управляемые клапаны рабочего объема; 4 – фильтр воздуха, поступающего в рабочий объем; 5 – форсунки; 6 – ресивер продувочного воздуха; 7 – теплообменник-охладитель продувочного воздуха; 8 – рабочий поршень ДВС; 9 – фильтр внутренний продувочного воздуха; 10 – батарея гидроаккумуляторов силовых; 11 – регулятор максимального давления; 12 – реверсивный регулируемый гидромотор высокого давления; 13 – гидроаккумулятор «обратки»; 14 – гидроцилиндр топливного насоса высокого давления системы подачи аккумуляторного типа; 15 – топливный бак; 16 – регулятор степени сжатия; 17 – насос высокого давления гидросистемы; 18 – плунжер насоса высокого давления гидравлической системы; 19 – задатчик движения поршня ДВС; 20 – гидроцилиндр задатчика движения 19; 21 – поршень гидроцилиндра; 22 – шток ДВС; 23 – фильтр входной продувочного воздуха

2. Отметим некоторые достоинства предлагаемого схемного решения.

Вместо традиционного 4-8-цилиндрового ДВС, имеющего в своем составе коленчатый вал, подшипники коренные и шатунные, шатуны, шатунные пальцы, поршни сложной формы, в предлагаемой схеме ДУ имеется одноцилиндровый ДВС, к тому же лишенный всех этих

сложных узлов и деталей. Поэтому при данной схеме значительно снижены затраты на разработку, производство ДВС, на его техническое обслуживание и значительно повышен его ресурс (в частности, из-за неотмеченных выше отсутствия перекладки поршня в верхней мертвой точке и бокового давления поршня на рабочий цилиндр).

Так как отечественной промышленностью уже освоено массовое производство гидромоторов высокого давления, имеющих широкий спектр потребительских свойств, данная схема позволяет удовлетворить требования конкретного потребителя механической мощности путем выбора и установки ГМ, соответствующего этим требованиям. Не исключается применение нескольких ГМ или применение гидравлической турбины высокого давления (вместо гидромотора объемного типа), что позволит увеличить максимальную рабочую частоту вращения выходного вала ДУ и удешевить ДУ.

Данная схема обладает широкими компоновочными возможностями, так как позволяет располагать на транспортном средстве гидроаккумуляторы, гидромотор (или гидромоторы, гидротурбину) в удобных местах, достаточно независимых от мест расположения ДВС.

Подчеркнем, что ГМ с регулируемым рабочим объемом позволяет обойтись без традиционных механических сцеплений КПП, исполняя их роль более успешно во многих отношениях. Отсутствие указанных узлов традиционной ДУ и жесткой связи между ДВС и выходным валом ГМ не только увеличивает надежность ДУ, но и резко снижает требования к квалификации водителя, повышает комфортность управления автомобилем и безопасность движения.

Значительно повышает безопасность на дорогах запас сжатого газа в аварийных гидроаккумуляторах (на схеме условно не показаны), который и при неработающем ДВС позволяет с помощью ГМ произвести работу по перемещению автомобиля в безопасное место.

Запас сжатого воздуха в гидроаккумуляторах позволяет значительно увеличить приемистость автомобиля благодаря большой мощности на ГМ, даже если ДВС не успел увеличить частоту рабочих циклов и свою мощность. Более плавный набор мощности ДВС, допустимый в предлагаемой схеме без потери приемистости, существенно уменьшает выбросы вредных веществ с отработавшими газами (ОГ) на переходных режимах ДУ.

Работа ГМ в режиме гидронасоса в процессе торможения или спуска автомобиля позволяет запасать в гидроаккумуляторах даровую энергию, повышая топливную экономичность и уменьшая выбросы вредных веществ с ОГ автомобиля, особенно в городском цикле и в горной местности (на схеме условно не показана система автоматического переключения гидромотора в режим работы насоса при смене знака крутящего момента на выходном валу ГМ).

В схему включен гидравлический задатчик движения 19, получающий энергию в рабочем ходе поршня 8 от гидроцилиндра 20 с поршнем 21 и возвращающий энергию поршню ДВС во время других тактов. В простейшем виде задатчик движения 19 представляет собой эксцентриковую гидравлическую машину, работающую попеременно в режимах гидромотора и гидронасоса, на гидравлически уравновешенном валу которой размещается маховик для стабилизации возвратно-поступательного движения поршня 8, особенно необходимой на малых частотах (важно, что мощность, воспринимаемая и возвращаемая задатчиком движения, мала в сравнении с мощностью затрачиваемой поршнем ДВС на работу насоса высокого давления 17, поэтому даже не очень высокий КПД задатчика движения не может сильно повлиять на общий КПД ДУ). Можно обойтись вообще без задатчика движения, осуществляя возвратный ход поршня ДВС энергией, запасенной сжатым воздухом в буферной полости, как это, например, осуществляется в известных компрессорных установках со свободно движущимися поршнями.

Схема позволяет относительно просто реализовать изменение степени сжатия воздушного заряда в ДВС. Действительно, введя с помощью дозирующего устройства 16 некоторый объем рабочей жидкости в пространство гидроцилиндра 20, находящееся «под» поршнем 21, увеличим степень сжатия ДВС, и наоборот. Регулирование степени сжатия

позволяет заметно улучшать пусковые свойства ДВС в особо холодных условиях, топливную экономичность и/или экологические показатели.

Относительно просто решается вопрос создания топливного насоса высокого давления 14. Такой насос не имеет вращающихся частей. В нем для привода поступательно движущегося плунжера используется пульсирующее давление рабочей жидкости насоса 17 гидростатической передачи. Реализуя известный способ работы гидравлического пресса (или трансформатора давления), относительно просто можно достичь давления $(400\text{-}600)\cdot10^5$ Па (здесь рассматривается система топливоподачи аккумуляторного типа, которая не нашла пока широкого применения, но активно разрабатывается). Возможно применение топливного насоса высокого давления, плунжер которого жестко связан со штоком двигателя и который подает топливо непосредственно в форсунку, а не в аккумулятор топлива. Достигаемые высокие давления, повышающие, в частности, скорость и качество распыла топлива, требуют уменьшения проходных сечений распылителей форсунок (острота этого требования значительно выше для многоцилиндрового ДВС, в каждую камеру сгорания (КС) которого нужно подать меньшее количество топлива, чем в единственную КС ДВС предлагаемой ДУ). Отметим, что при столь высоких давлениях возможно использование повышенной способности воздуха растворяться в топливе. Растворенный воздух способствует улучшению распыла топлива благодаря его «кессонному вскипанию» при истечении из области высокого давления в область относительно малого давления КС. Улучшению сгорания и стабильности работы ДВС в широком диапазоне мощностей способствует наличие нескольких форсунок 5, рассчитанных на различные расходы топлива, что, в частности, позволяет относительно просто осуществлять (по желанию водителя) или наиболее экономический, или наиболее экологический закон подачи топлива.

3. Отметим дополнительно некоторые положительные особенности собственно ДВС предлагаемой ДУ. Известно, что уменьшение отвода тепла от газа в рабочем цилиндре способствует улучшению многих показателей ДВС. Поэтому поверхности головки поршня, контактирующие с газом, покрыты теплоизоляционным слоем, а площадь поверхности гильзы цилиндра, покрытой нетеплоизолирующим антифрикционным слоем, уменьшена благодаря относительно малому ходу поршня. Отношение хода поршня 8 к диаметру цилиндра меньше ½, т. е. ДВС короткоходный, что уменьшает потери механической энергии, обусловленные трением поршневых колец о гильзу цилиндра. Заметим, что относительно большой диаметр означает относительно большую силу давления, приходящуюся на поршень, что допустимо по причине отсутствия в рассматриваемом ДВС подшипников, бокового усилия поршня на гильзу и «перекладки» поршня. По этой же причине допустимы гораздо большие степени сжатия (это способствует повышению КПД и надежному запуску при низких температурах) и скорости нарастания давления (что снижает требования к дизельному топливу по цетановому числу). Наконец, большой диаметр цилиндра позволяет обеспечить достаточно большие числовые значения «времени-сечения» открытых клапанов для хорошего заполнения рабочего объема свежим воздухом и удаления ОГ. Для имеющегося одного цилиндра нетрудно обеспечить не только переменную степень сжатия (как уже упоминалось), но и переменную степень расширения, причем всегда превосходящую степень сжатия не менее, чем на 20 % (это обеспечивает уменьшение температуры ОГ в конце такта расширения и повышение термического КПД цикла на 7-15 %, где меньшее число относится к режиму большой мощности, а большее число – к режиму малой мощности). Повышенные степени расширения, в сравнении со степенью сжатия, достигаются путем выпуска части воздушного заряда из рабочего цилиндра благодаря более позднему закрытию выпускных клапанов, что также, как и уменьшенная температура выпускаемых ОГ, обеспечивает малую тепловую напряженность выпускных клапанов и повышает надежность их работы, улучшает охлаждение внутренних поверхностей КС.

Предлагаемый ДВС является штоковым, т. е. в нем отсутствует шатун, что позволяет относительно просто решить задачу смазки пары поршень-гильза, эффективно использовать

подпоршневое пространство для охлаждения поршня и гильзы, в частности с помощью воздуха, обеспечив при этом симметричность их температурных полей, что существенно упрощает конструкцию поршня, не требуя разработки и изготовления сложных поверхностей. Не составляет труда и получение достаточного давления воздуха в подпоршневом пространстве для обеспечения хорошей продувки и заполнения им рабочего объема ДВС в случае работы по двухтактному циклу.

В заключение отметим, что в сравнении с традиционным ДВС предлагаемый ДВС имеет полный КПД (рассчитанный по мощности на штоке поршня), превышающий на ~20-28 % КПД (рассчитанный по мощности на выходном валу) традиционного ДВС, за счет:

– уменьшенной теплоотдачи в систему охлаждения (увеличение КПД на ~3 %);

– уменьшенных потерь тепла с уходящими ОГ (увеличение КПД на ~7-15 %);

– уменьшенных потерь механической работы, обусловленных трением поршня о гильзу цилиндра (увеличение КПД на ~5 %) и поршневых колец (увеличение КПД на ~5 %).

Однако потери механической энергии в гидравлической системе уменьшают КПД всей установки в целом на ~12 %, так что увеличение общего КПД ДУ (без учета возврата энергии в гидроаккумуляторы при торможении автомобиля) составит 8-16 %, где меньшее число относится к работе двигателя на большей мощности, а большее число – к работе на меньшей мощности. Настолько же примерно следует ожидать и уменьшение расхода топлива при неработающей системе аккумуляции энергии. При работающей системе в городском цикле или в горной местности следует ожидать уменьшение расхода топлива на ~13-26 %.

4. Проведенные дополнительно численные оценки повышения технико-экономических показателей изложенной схемы перспективной ДУ показывают, что предлагаемая ДУ в сравнении с традиционной имеет следующие отличия:

– уменьшенные (в 2-4 раза) удельную массу и себестоимость, при этом литровая мощность практически не изменится;

– уменьшенный расход топлива (на 8-26 %);

– уменьшенное (в 1,5-2 раза) минимально допустимое цетановое число;

– уменьшенную токсичность (в 1,5-2 раза) отработавших газов;

– уменьшенные (в 2-4 раза) расходы на техническое обслуживание и ремонт;

– уменьшенный шум (на ~4-8 дБ (А));

– увеличенный ресурс (в 2-5 раз);

– увеличенную приемистость (в 3-5 раз).

Кроме того, перспективная ДУ будет иметь:

– повышенные простоту, надежность при запуске и управлении, плавность хода;

– повышенные приспособляемость к требованиям потребителя механической энергии, ремонтопригодность;

– новые компоновочные возможности;

– уменьшенные требования к качеству топлива и масла.

Выводы. 1. Предложена перспективная ДУ для наземного автотранспорта, использующая в значительной степени накопленный теоретический потенциал и практические достижения путем использования достоинств бесшатунного (штокового) дизельного ДВС и гидропривода.

2. В основе предлагаемой ДУ лежит идея глубокого конструктивного совмещения в едином агрегате однопоршневого ДВС, не имеющего механизма преобразования поступательного движения поршня во вращательное движение, и гидравлического насоса высокого давления, плунжер которого жестко связан с рабочим поршнем.

3. Предложенная ДУ обещает значительный прогресс в части уменьшения затрат на производство и обслуживание, уменьшения удельного расхода топлива, снижения токсичности ОГ, требований к качеству топлива, маслу и к квалификации водителя, шума,

а также и в части повышения надежности, ресурса, ремонтопригодности, компоновочных возможностей, приспособляемости к разнообразным требованиям потребителя механической энергии.

4. В силу исключительной конструктивной простоты и использования в основном уже освоенных промышленностью устройств и технических решений, создание предлагаемой ДУ позволит быстро достичь значительного прогресса и резко повысить конкурентоспособность автомобиля.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Стратегия развития автомобильной промышленности Российской Федерации до 2035 года (В редакции Распоряжения Правительства Российской Федерации от 21.10.2024 № 2963-р) // URL: http://government.ru/docs/all/145481/ (дата обращения: 15.08.2025).
2. Лиханов В. А., Сайкин А. М. Снижение токсичности автотракторных дизелей. Москва : Агропромиздат, 1991. 208 с. ISBN 5-10-000789-3. EDN XAQVSV.
3. Гетманец Г. В., Лиханов В. А. Социально-экологические проблемы автомобильного транспорта. Москва : ФГУП «Издательство «Наука», 1993. 330 с. EDN WLOBYH.

УДК 631.3:636.084

АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДБОРА КОМБИКОРМОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Симачкова М. С., старший преподаватель
Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный инженерно-экономический университет»,
г. Княгинино, Россия
E-mail: marina_w@inbox.ru

Аннотация

В статье рассмотрен вопрос разработки алгоритма функционирования эргатической системы подбора комбикормового оборудования. Данная система, предназначенная для подбора оборудования при производстве комбикормов, является человеко-машинной системой. Она ориентирована на выбор оптимального набора устройств и машин с учетом эффективности использования ресурсов, энергозатрат, экономической целесообразности, качества и стабильности на рынке. Предложенная эргатическая система поможет улучшить процесс подбора комбикормового оборудования, учитывая различные факторы, а также обеспечит высокую эффективность итогового решения. Статья носит методологический характер.

Ключевые слова: алгоритм, выбор, машина, методология, оборудование, система, человек, эффективность

THE FUNCTIONING ALGORITHM OF THE ERGATIC SYSTEM OF SELECTING THE FEED EQUIPMENT

Simachkova M. S., senior lecturer
State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics», Knyaginino, Russia
E-mail: marina_w@inbox.ru

Annotation

The article discusses the issue of developing a functioning algorithm of the ergatic system of selecting the feed equipment. This system, designed for selecting equipment in the production of compound feed, is a human-machine system. It is focused on selecting the optimal set of devices and machines, taking into account the efficiency of resource use, energy consumption, economic feasibility, quality, and stability in the market. The proposed ergatic system will help to improve the process of selecting the feed equipment, taking into account various factors, and it will ensure high efficiency of the final decision. The article is methodological in nature.

Keywords: algorithm, selection, machine, methodology, equipment, system, person, efficiency

Проектирование и эксплуатация современных животноводческих комплексов немыслимы без эффективной системы комбикормового обеспечения [1-10]. В этой сложной структуре ключевую роль играет эргатическая система подбора оборудования, объединяющая человеческий интеллект, знания и автоматизированные инструменты для достижения оптимальных результатов [11-14].

Настоящая работа посвящена вопросу создания алгоритма функционирования эргатической системы подбора комбикормового оборудования, основанная на разработанной ранее модели подбора комбикормового оборудования, которая помогает выбрать наиболее эффективные технологические линии и технические средства для производства (рисунок 1) [15].

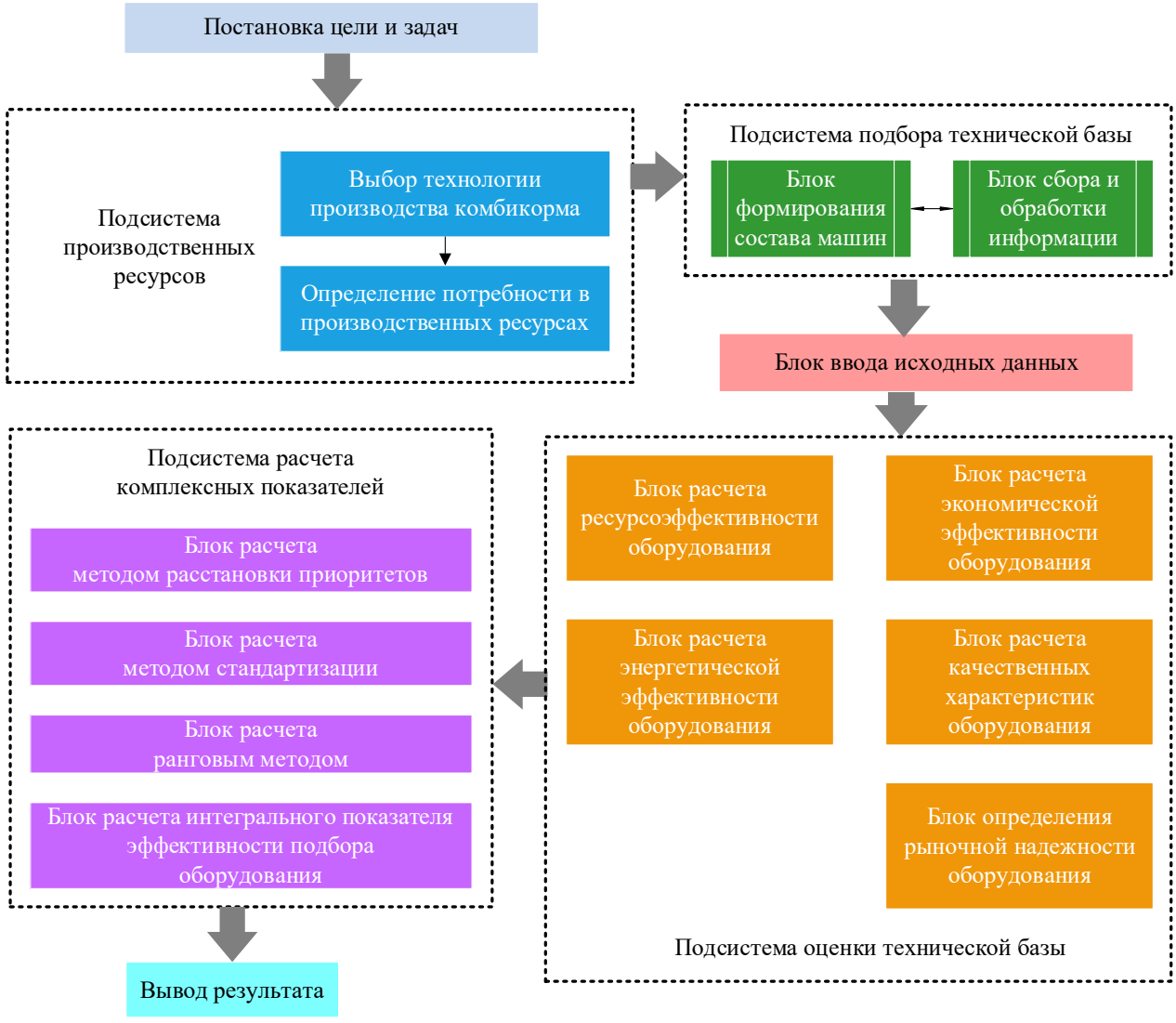


Рисунок 1. Модель подбора комбикормового оборудования

Эргатическая система подбора комбикормового оборудования представляет собой человеко-машинный комплекс, направленный на оптимальный выбор оборудования для производства комбикормов с учетом технических, энергетических, технологических, экономических критериев и критериев качества.

Структура системы:

а) человеческий компонент (оператор) – специалист по подбору оборудования, технолог кормопроизводства и т. п.;

б) машинный компонент – программа для подбора комбикормового оборудования;

в) интерфейс взаимодействия – средства ввода/вывода информации.

Функциональные блоки и подсистемы системы:

Блок 1. Постановка цели и задач.

А. Подсистема производственных ресурсов: выбор технологии производства комбикорма; определение потребности в производственных ресурсах; пространственные ограничения производственных площадей.

Б. Подсистема подбора технической базы: формирования состава машин; сбор и обработка информации.

Блок 2. Ввод настроек и исходных данных: ввод настроек, необходимых для дальнейшего сравнения технологических линий/технических средств; ввод исходных данных рассматриваемых линий/оборудования.

Блок 3. Оценка технической базы:

А. Подсистема расчета ресурсоэффективности оборудования.

Б. Подсистема расчета экономической эффективности оборудования.

В. Подсистема расчета энергетической эффективности оборудования.

Г. Подсистема расчета качественных характеристик оборудования.

Блок 4. Расчет комплексных показателей:

А. Подсистема расчета методом расстановки приоритетов.

Б. Подсистема расчета методом стандартизации.

В. Подсистема расчета ранговым методом.

Г. Подсистема расчета интегрального показателя эффективности подбора оборудования.

Блок 5. Вывод результатов.

Принцип взаимодействия человека и системы: интерфейс взаимодействия с оператором предоставляет удобный и доступный способ для ввода данных, просмотра результатов оценки и выбора оборудования. Эффективность эргатической системы напрямую зависит от качества исходных данных. Оператор, обладая экспертными знаниями и опытом, выступает в роли ключевого звена в системе, принимая окончательные решения на основе предоставленной информации и собственных соображений.

На основании данной модели разработан алгоритм функционирования эргатической системы (рисунок 2).

Человеческим компонентом системы (оператором) формируются цели и задачи. На основании анализа кормовой базы, потребностей предприятия и его производственного потенциала осуществляется подбор оптимальной технологии приготовления комбикормов, а также определяется необходимый объем производства. В соответствии с производственными ресурсами, следует подбор технической базы: выбор типа оборудования, которое напрямую участвует в создании комбикорма, а также оборудования, необходимого для обеспечения работы технологической линии.

Далее происходит переход к работе с машинным компонентом системы (оператор переходит к работе с программой). Оператор производит ввод настроек, необходимых для дальнейшего сравнения технологических линий/технических средств: ввод количества линий/оборудования, которое будет подлежать сравнению, а также количества знаков после запятой в результатах расчетов. Результирующим действием является проверка оператором введенных данных параметров. Если настройки неточны, то производится их корректировка в соответствии с поставленными целями и задачами. Если настройки корректны, то следующий шаг – ввод исходных данных анализируемых линий/оборудования. В случае правильного заполнения данных – они сохраняются, в противном случае – производится их уточнение.

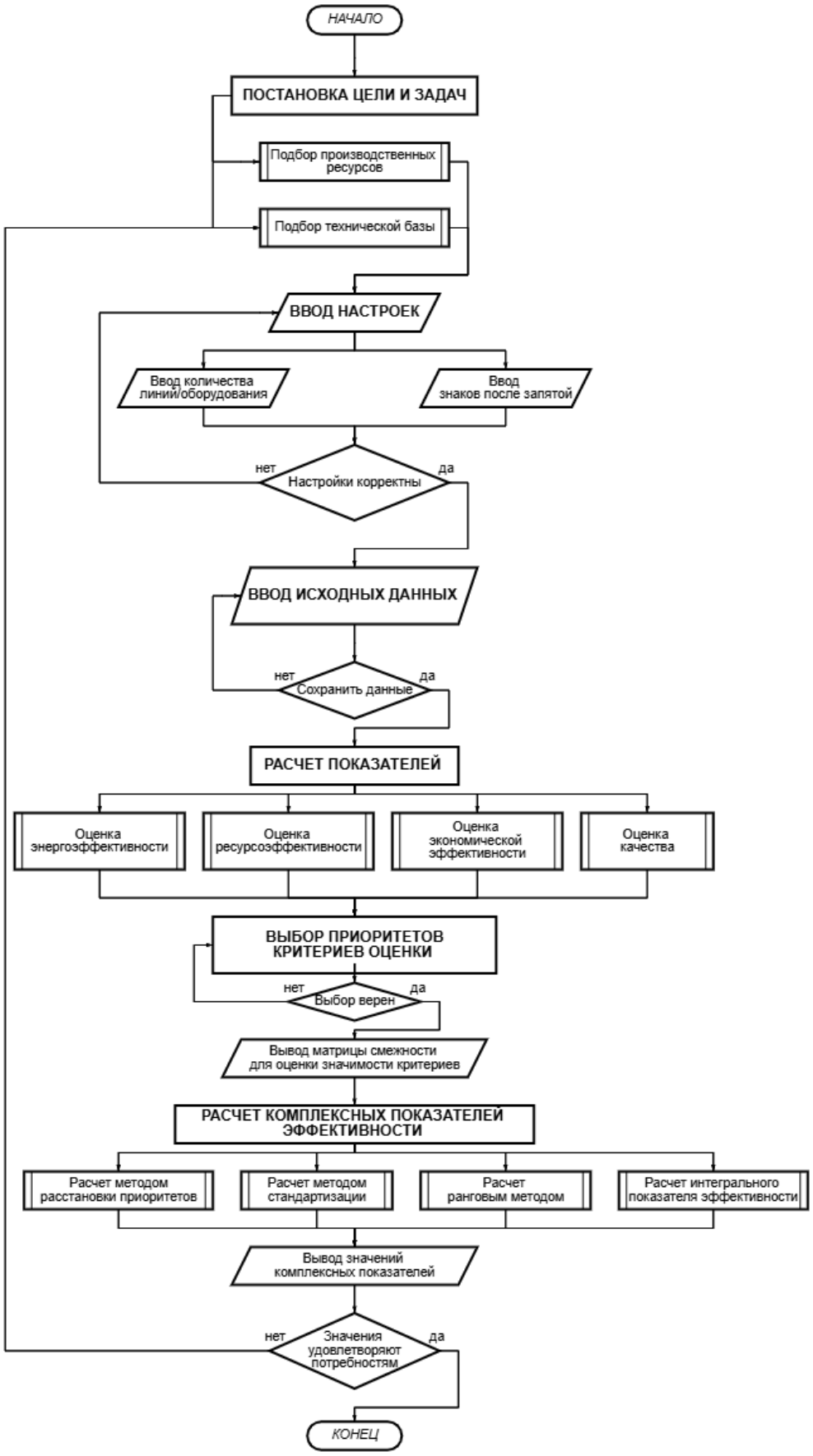


Рисунок 2. Алгоритм функционирования эргатической системы подбора комбикормового оборудования

После этого машинный компонент приступает к расчету показателей эффективности сравниваемого оборудования: ресурсоэффективности, энергоэффективности, экономической эффективности и показателей качества. Оператор может оценить результаты расчетов по каждому из показателей.

Для дальнейшей оценки человеческий компонент системы производит выбор приоритетов критериев, устанавливая степень значимости каждого показателя. И, если выбор верен, то машинный компонент выводит матрицу смежности для оценки значимости критериев, необходимую для расчета комплексных показателей эффективности оборудования. Если оператора не утраивают выбранные приоритеты, то он производит их корректировку.

Расчет комплексных показателей машина производит по четырем методам: методом расстановки приоритетов, методом стандартизации, ранговым методом и расчет интегрального показателя эффективности [16].

После вывода значений комплексных показателей оператор, в соответствии с поставленными целями и задачами, производит выбор наиболее оптимального оборудования. Если результаты расчетов не удовлетворяют заявленным требованиям, то он должен пересмотреть, либо скорректировать состав оборудования и произвести расчеты в соответствии с алгоритмом заново до тех пор, пока итоги расчетов не удовлетворят его потребностям.

Критерии оптимальности выбора.

– соответствие выбранного оборудования поставленной цели и задачам;

– оптимальное значение показателей эффективности подбора.

Разработанная эргатическая система позволит оптимизировать процесс выбора комбикормового оборудования с учетом множества факторов и обеспечит высокую эффективность конечного решения. Ключом к ее успешному использованию являются следующие условия:

– разработка инструкций по эксплуатации и обслуживанию;

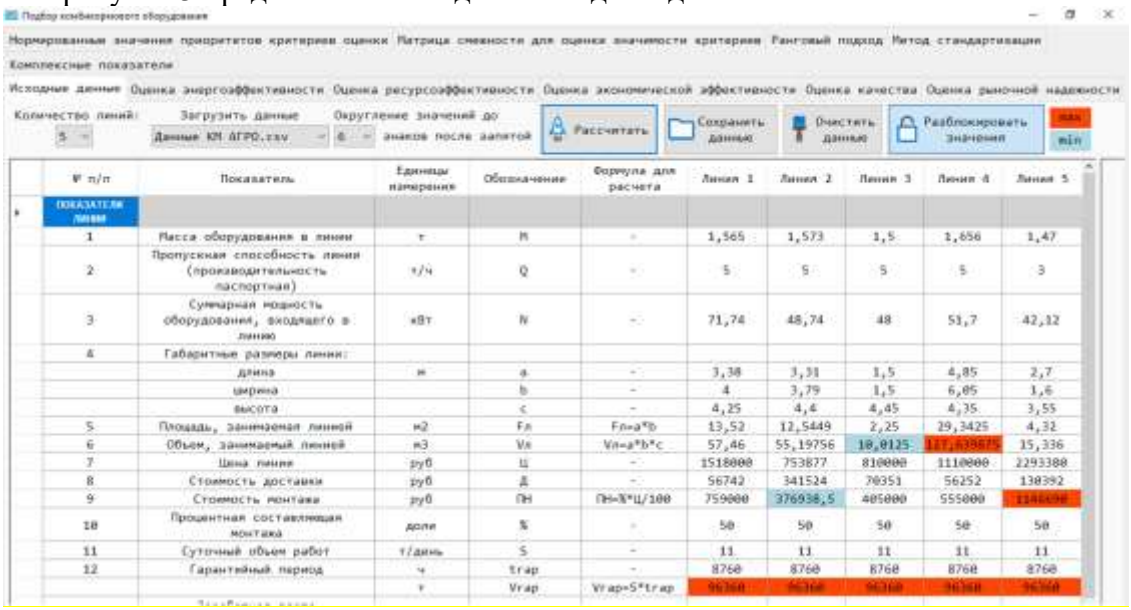
– проведение обучения для операторов и технического персонала;

– регулярный анализ эффективности работы оборудования;

– внесение корректировок в процесс, если это необходимо.

Разработанный алгоритм является основой программы для оценки комбикормовых линий на стадии их покупки [17, 18]. Пример расчета технологических линий для ООО «КМ АГРО» Княгининского района Нижегородской области показан на рисунках 3-6.

На рисунке 3 представлена вкладка «Исходные данные».



№ п/п	Показатель	Единицы измерения	Обозначение	Формула для расчета	Линия 1	Линия 2	Линия 3	Линия 4	Линия 5
	ПОКАЗАТЕЛИ ЛИНИИ								
1	Масса оборудования в линии	т	M	-	1,565	1,573	1,5	1,656	1,47
2	Пропускная способность линии (производительность паспортная)	т/ч	Q	-	5	5	5	5	3
3	Суммарная мощность оборудования, входящего в линию	кВт	N	-	71,74	48,74	48	51,7	42,12
4	Габаритные размеры линии:								
	длина	м	a	-	3,38	3,31	1,5	4,85	2,7
	ширина		b	-	4	3,79	1,5	6,85	1,6
	высота		c	-	4,25	4,4	4,45	4,35	3,55
5	Площадь, занимаемая линией	м2	Fл	Fл=a*b	13,52	12,5449	2,25	29,3425	4,32
6	Объем, занимаемый линией	м3	Vл	Vл=a*b*c	57,46	55,19756	18,0125	117,638875	15,336
7	Цена линии	руб	Ц	-	1518000	753877	810000	1110000	2293388
8	Стоимость доставки	руб	Д	-	56742	341524	70351	56252	138392
9	Стоимость монтажа	руб	ПН	ПН=Ц*Ц/100	759000	376938,5	405000	555000	1146694
10	Процентная составляющая монтажа	доли	Ц	-	50	50	50	50	50
11	Суточный объем работ	т/день	S	-	11	11	11	11	11
12	Гарантийный период	ч	tгар	-	8760	8760	8760	8760	8760
		г	Vгар	Vгар=S*tгар	96360	96360	96360	96360	96360

Рисунок 3. Исходные данные для расчета технологических линий

На основе введенных исходных данных, включающих технические характеристики и эксплуатационные параметры сравниваемых технологических линий, система переходит к этапу многокритериальной оценки эффективности оборудования.

Оценка технологического оборудования производится по показателям энергоэффективности, ресурсоэффективности, экономической эффективности и показателям качества. В качестве примера на рисунке 4 представлены результаты оценки ресурсоэффективности.

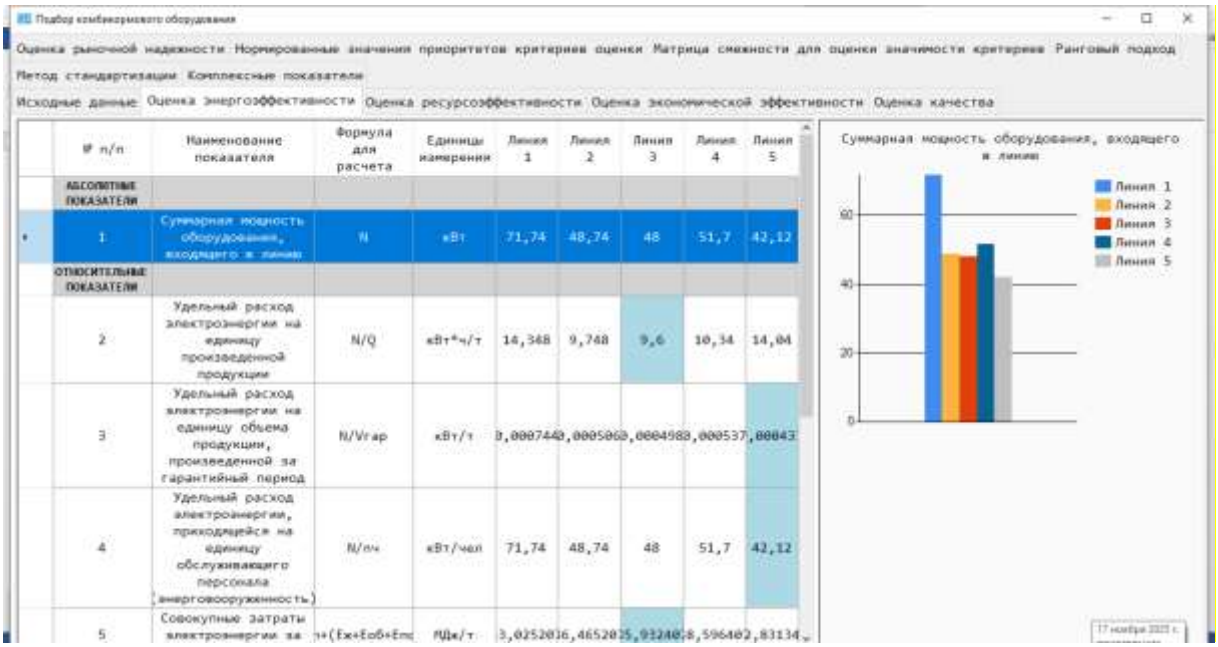
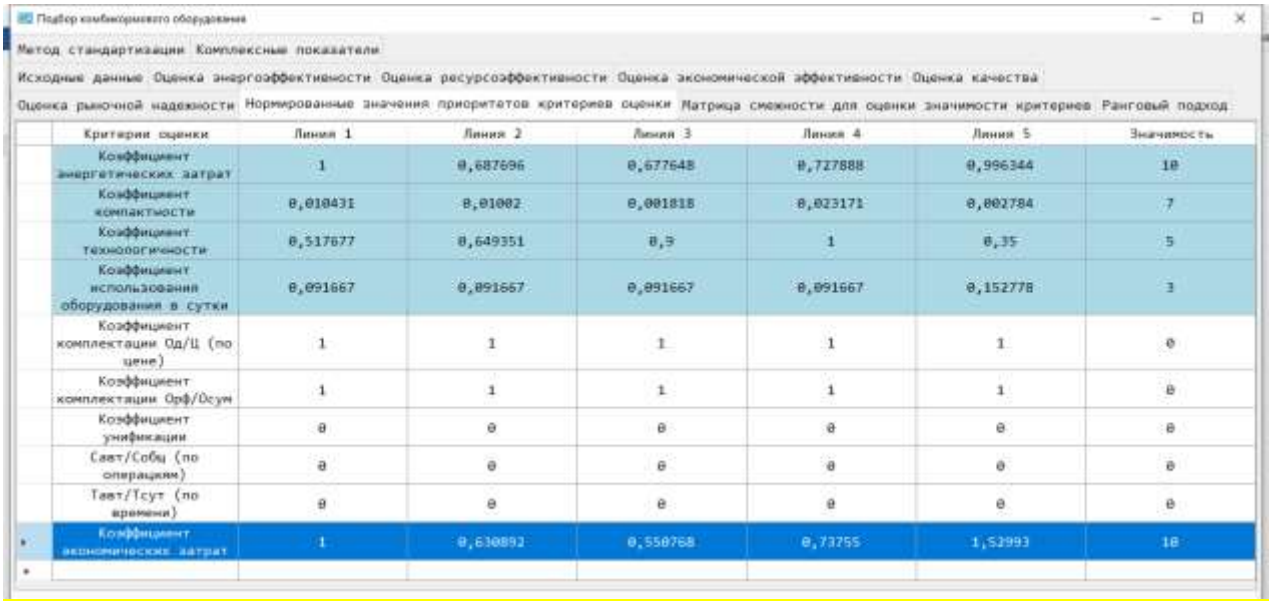


Рисунок 4. Расчет показателей ресурсоэффективности

На рисунке 5 представлена вкладка «Нормированные значения приоритетов критериев». На ней производится выбор значимость критериев эффективности для дальнейшего расчета комплексных показателей.



Критерии оценки	Линия 1	Линия 2	Линия 3	Линия 4	Линия 5	Значимость
Коэффициент энергетических затрат	1	0,687696	0,677648	0,727888	0,996344	10
Коэффициент компактности	0,010431	0,01002	0,001818	0,023171	0,002784	7
Коэффициент технологичности	0,517677	0,649351	0,9	1	0,35	5
Коэффициент использования оборудования в сутки	0,091667	0,091667	0,091667	0,091667	0,152778	3
Коэффициент комплектации Од/Ц (по цене)	1	1	1	1	1	0
Коэффициент комплектации Орф/Осум	1	1	1	1	1	0
Коэффициент унификации	0	0	0	0	0	0
Савт/Собщ (по операциям)	0	0	0	0	0	0
Тавт/Тсут (по времени)	0	0	0	0	0	0
Коэффициент экономических затрат	1	0,630892	0,550768	0,73755	1,52993	10

Рисунок 5. Выбор приоритетов критериев для расчета комплексных показателей эффективности

На рисунке 6 показан внешний вид вкладки «Комплексные показатели», где продемонстрированы значения комплексных показателей для сравниваемых комбикормовых линий, рассчитанные по методу расстановки приоритетов, методу стандартизации, ранговому методу, а также с помощью интегрального показателя эффективности подбора оборудования [19].

Наименование показателя	Линия 1	Линия 2	Линия 3	Линия 4	Линия 5
Интегральный показатель эффективности подбора оборудования	0,059204	0,095133	0,051564	0,146046	0,025106
Комплексный показатель по методу расстановки приоритетов	0,62833	0,465313	0,477525	0,56036	0,750126
Показатель по ранговому методу	4	3	2	1	5
Показатель по методу стандартизации	4	3	2	1	5

Рисунок 6. Расчет комплексных показателей

Разработанный алгоритм функционирования эргатической системы подбора комбикормового оборудования представляет собой методологически обоснованный подход к решению многокритериальной задачи выбора технической базы для производства комбикормов. Система интегрирует экспертные знания оператора и аналитические возможности машинного компонента, обеспечивает комплексную оценку оборудования по критериям ресурсо-, энерго- и экономической эффективности, качественным показателям, а также при помощи расчета комплексных показателей. Данная эргатическая система позволит оптимизировать процесс выбора комбикормового оборудования с учетом множества факторов и обеспечит высокую эффективность конечного решения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Технологии и оборудование для производства комбикормов и премиксов : учебное пособие / В. И. Пахомов, Д. В. Рудой, С. В. Брагинец [и др.]. Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2019. 228 с.
2. Тарасова Т. В. Основные направления повышения эффективности использования сельскохозяйственной техники // Гуманитарные научные исследования. 2016. № 10. URL: http://human.snauka.ru/2016/10/16720 (дата обращения: 04.11.2025).
3. Федоренко И. Я., Садов В. В. Многокритериальный выбор комплекта оборудования для хозяйственного производства комбикормов // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 1 (41). С. 81-88.
4. Федоренко И. Я., Садов В. В. Методы выбора оборудования для технологических линий комбикормовых цехов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 7 (165). С. 147-152.
5. Крыгин С. Е. Обеспеченность предприятий АПК сельскохозяйственной техникой // Инновационное развитие аграрной науки: традиции и перспективы, Рязань, 22 нояб. 2024 года. Рязань, 2024. С. 72-78.
6. Технологический расчет кормоприготовительной линии / Н. Е. Лузгин, В. В. Утолин, С. А. Куликов [и др.] // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2024. № 2 (21). С. 47-54.
7. Анализ результатов исследований по вопросу определения качества кормовой смеси / А. Д. Плотников, М. С. Слащев, Б. В. Прохоров [и др.] // Инновационный вектор развития

отечественного АПК : материалы III Национальной научно-практической конференции с международным участием, Рязань, 23 нояб. 2023 года. Рязань, 2023. С. 101-108.
8. Совершенствование и разработка новых технологических процессов, машин и методик исследований в животноводстве / П. Н. Солонщиков, В. Г. Мохнаткин, В. Н. Шулятьев [и др.] // Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики : материалы XVII Международной научно-практической конференции «Наука – Технология – Ресурсосбережение», Киров, 05 февр. 2024 года. Киров, 2024. С. 187-191.
9. Солонщиков П. Н. Технологический расчёт линии для приготовления и раздачи кормов : учебно-методическое пособие. Киров : Вят. ГАТУ, 2024. 57 с.
10. Солонщиков П. Н. Обзор технологических линий приготовления и раздачи жидких кормов // Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики : материалы XVIII Международной научно-практической конференции «Наука – Технология – Ресурсосбережение, Киров, 03 февр. 2025 года. Киров, 2025. С. 164-169.
11. ГОСТ 26387-84. Система «человек-машина». Термины и определения. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200009516 (дата обращения: 29.09.2025).
12. Волкова В. Н., Денисов А. А. Теория систем и системный анализ : учебник для вузов. Москва : Юрайт, 2025. 562 с.
13. Хаджибаева Н. Х. Понятие эргастических систем их классификация и свойства // Евразийский научный журнал. 2017. № 6. С. 260-261.
14. Winter J.C.F. de, Dodou D. Why the Fitts list has persisted throughout the history of function allocation // Cognition, Technology & Work. 2014. V. 16, № 1. P. 1-11.
15. Симачкова М. С. Модель подбора комбикормового оборудования // EurasiaScience : сборник статей LXX международной научно-практической конференции. Москва : ООО «Актуальность.РФ», 2025. С. 106-108.
16. Симачкова М. С. Интегральный показатель эффективности подбора комбикормового оборудования на стадии его покупки // Техника и технологии в животноводстве. 2024. Т. 14, № 2. С. 42-47.
17. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024661687 Российская Федерация. Программа для оценки комбикормовых линий на стадии их покупки : № 2024619266 : заявл. 27.04.2024 : опубл. 21.05.2024 / С. Ю. Булатов, М. С. Симачкова, Д. С. Иванченко ; заявитель Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет».
18. Булатов С. Ю., Симачкова М. С. Последовательность оценки эффективности комбикормового оборудования на стадии его покупки // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2025. № 7 (249). С. 71-78.
19. Симачкова М. С. Интегральный показатель эффективности подбора комбикормового оборудования на стадии его покупки // Техника и технологии в животноводстве. 2024. Т. 14, № 2. С. 42-47.

УДК 631.3:636.084

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОМБИКОРМОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ЭТАПЕ ЕГО ПОДБОРА

Симачкова М. С., старший преподаватель
Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный инженерно-экономический университет»,
г. Княгинино, Россия
E-mail: marina_w@inbox.ru

Аннотация

Успешность изготовления комбикормов тесно связана с безотказностью и мощностью применяемой техники. Однако при выборе оборудования сложно сразу оценить его характеристики. Данные, полученные из научных работ, и собственный опыт приобретателя не являются официальными и не могут считаться полностью объективными. Самые точные сведения можно получить экспериментальным путем, включающим испытания и создание базы данных. Такие результаты можно найти в отчетах машиноиспытательных станций (МИС). В статье рассмотрен вопрос разработки показателей качества технологических линий, технических средств и готового продукта, помогающих в оценке их соответствия заданным критериям эффективности оборудования комбикормовой промышленности и его функциональных параметров.

Ключевые слова: критерий, показатель, соответствие, техническое средство, технологическая линия, эффективность

EVALUATING THE FEED EQUIPMENT QUALITY AT THE STAGE OF ITS SELECTION

Simachkova M. S., senior lecturer
State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics», Knyaginino, Russia
E-mail: marina_w@inbox.ru

Annotation

The success of feed production is closely related to the reliability and power of the equipment used. However, it is difficult to assess the equipment's performance immediately when choosing it. The data obtained from scientific studies and the purchaser's own experience are not official and cannot be considered completely objective. The most accurate information can be obtained through experimentation, including testing and creating a database. These results can be found in the reports of machine testing stations (MTS). The article discusses the development of quality indicators for technological lines, technical equipment, and finished products, which help to assess their compliance with the specified criteria for the efficiency of feed industry equipment and its functional parameters.

Keywords: criterion, indicator, compliance, technical equipment, technological line, efficiency

Эффективность комбикормового производства напрямую зависит от надежности и производительности используемого оборудования [1, 2, 3]. Но на этапе подбора невозможно оценить его качественные показатели.

Одним из решений в данном случае может стать анализ научных публикаций и результатов исследований, посвященных изучению рабочих показателей различных типов оборудования. Сравнительный анализ позволяет выделить модели, демонстрирующие наилучшие показатели, и определить их соответствие требованиям нормативных документов. Вторым решением может стать сбор информации из практического опыта: сельхозтоваропроизводители, годами работающие в отрасли, зачастую обладают ценными знаниями, основанными на личном опыте и наблюдениях. Они знают, какие модели оборудования лучше всего зарекомендовали себя в их условиях и каким производителям можно доверять.

Однако данная информация не имеет юридической силы и не может быть признана объективной. Наиболее объективные данные могут быть получены опытным путём, предполагающим проведение испытаний и создание соответствующей базы данных. Такие результаты можно взять из заключений машиноиспытательных станций (МИС), в которых отражается одно из трех решений о соответствии машин пункту 24 Положения № 740 [4]:

а) сельскохозяйственная техника (оборудование) соответствует установленным критериям определения эффективности, ее функциональные характеристики соответствуют характеристикам, указанным заявителем;

б) сельскохозяйственная техника (оборудование) соответствует установленным критериям определения эффективности, но ее функциональные характеристики не соответствуют характеристикам, указанным заявителем;

в) сельскохозяйственная техника (оборудование) не соответствует установленным критериям определения эффективности.

Испытание комбикормового оборудования на машиноиспытательных станциях (МИС) является важным этапом в обеспечении его надежной и эффективной работы в сельскохозяйственном производстве. Эти испытания позволяют оценить соответствие оборудования заявленным техническим характеристикам, выявить недостатки конструкции и определить оптимальные режимы эксплуатации.

Система государственных зональных машиноиспытательных станций (ФГБУ МИС) в РФ включает в себя 10 машиноиспытательных станций: Алтайскую, Владимирскую, Кировскую, Кубанскую, Подольскую, Поволжскую, Северо-Западную, Северо-Кавказскую, Сибирскую, Центрально-Черноземную [5].

Основной целью испытаний, проводимых МИС в отношении комбикормового оборудования, является подтверждение его соответствия требованиям нормативных документов и технических условий [6]. Задачи включают в себя:

– определение производительности и энергоэффективности оборудования;
– оценку качества измельчения и смешивания компонентов комбикорма;
– измерение уровня шума и вибрации;
– исследование надежности и долговечности узлов и агрегатов;
– определение безопасности эксплуатации оборудования.

МИС представляют собой комплекс специализированных стендов и измерительных приборов, позволяющих воспроизводить реальные условия работы комбикормового оборудования и регистрировать широкий спектр параметров. Например, общепринятыми критериями оценки дробилок в нормативной документации и в научных исследованиях являются остаток на сите 3 мм, 2 мм, наличие целых зерен и удельные энергозатраты на процесс измельчения [7-11], а параметры испытания дробилок, предусмотренные Перечнем критериев определения функциональных характеристик (потребительских свойств, качества готовой продукции) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования,

утвержденные постановлением Правительства № 740, включают четыре наименования (таблица 1).

Таблица 1. Перечень критериев определения функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности дробилок для кормов [4]

Наименование параметра	Значение параметра
Средневзвешенный размер частиц, мм, не более	3,0
Средневзвешенный размер частиц, мм, не менее	1,0
Содержание целых зерен в продукции, %, не более	1
Наработка на отказ единичного изделия, ч, не менее	200

Испытания на МИС проводятся в соответствии с разработанными методиками, которые включают в себя как лабораторные, так и полевые испытания. Методики учитывают особенности конкретного типа оборудования и предъявляемые к нему требования (в соответствии с Положением) [4].

Этапы испытаний включают в себя:

1. Подготовительный этап: изучение технической документации, подготовка оборудования и измерительных приборов.
2. Предварительные испытания: оценка работоспособности оборудования, выявление явных дефектов.
3. Основные испытания: проведение измерений и наблюдений для определения основных характеристик оборудования.
4. Обработка результатов: анализ полученных данных, составление протокола испытаний.
5. Заключительный этап: формулирование выводов о соответствии оборудования требованиям нормативных документов.

Результаты испытаний дробилки КД-2А, проведенные ФГБУ «Кировская государственная зональная МИС» (Протокол испытаний № 06-01-2022 от 13.12.2022 г.), представлены в таблице 2 [12].

Таблица 2. Результаты испытаний дробилки КД-2А [12]

Наименование параметра	Значение параметра			Решение комиссии по результатам испытаний
	в Перечне	в технической и эксплуатационной документации	по результатам испытаний	
Средневзвешенный размер частиц, мм, не более	не более 3,0	не более 2,5	1,0	Соответствует установленным критериям определения эффективности (подпункт А)
Средневзвешенный размер частиц, мм, не менее	не менее 1,0	не менее 1,0	1,0	Соответствует установленным критериям определения эффективности (подпункт А)
Содержание целых зерен в продукции, %, не более	не более 1	не более 1	0	Соответствует установленным критериям определения эффективности (подпункт А)
Наработка на отказ единичного изделия, ч, не менее	не менее 200	не менее 200	210	Соответствует установленным критериям определения эффективности (подпункт А)

Результаты испытаний служат основанием для принятия решений о допуске оборудования к эксплуатации, его сертификации и включении в реестр рекомендованной техники. Они также используются для совершенствования конструкции оборудования и разработки новых технологий производства комбикормов. Проведение испытаний на МИС

обеспечивает уверенность в качестве и безопасности комбикормового оборудования, что в свою очередь способствует повышению эффективности сельскохозяйственного производства.

Оборудование, успешно прошедшее тестирование в рамках МИС и получившее одобрение по результатам протокола, характеризуется гарантированно высоким уровнем качества и отказоустойчивости. Его соответствие заданным нормативам и требованиям подтверждено, что сводит к минимуму потенциальные риски возникновения неисправностей или других проблем в процессе эксплуатации.

Любая техника, прошедшая проверку МИС на предмет соответствия ключевым показателям, отличается оптимальными параметрами и функциональными возможностями, необходимыми для решения поставленных задач АПК. Ее применение способствует повышению производительности труда сельхозтоваропроизводителей, увеличению общего объема производства в сельскохозяйственной отрасли и получению готового продукта нормированного качества.

В связи с вышеизложенным для оценки качества приобретаемых технологических линий и технических средств для приготовления комбикормов предлагаем использовать показатель k, который связан с результатами проверки машиноиспытательными станциями и выражен функцией, описывающей соответствие приобретаемого оборудования установленным в Положении № 740 [4] критериям определения эффективности, являющийся дискретной величиной и способный принимать три значения:

$$k(m_i)\begin{cases} 0 - \text{не соответствует установленным критериям определения эффективности;} \\ 0{,}5 - \text{соответствует установленным критериям определения эффективности, но ее функциональные характеристики не соответствуют характеристикам, указанным заявителем;} \\ 1 - \text{соответствует установленным критериям определения эффективности, ее функциональные характеристики соответствуют характеристикам, указанным заявителем.} \end{cases} \quad (1)$$

В случае несоответствия технического средства критериям определения эффективности $k = 0$. При $k = 0{,}5$ фактические значения характеристик оборудования не соответствуют заявленным в паспорте. В случае полного соответствия машины всем заявляемым требованиям $k = 1$.

Данный подход может быть использован для определения качества не только комбикормового оборудования, но и других технических средств, прошедших испытания на машиноиспытательных станциях, на этапе их подбора.

Так как технологические линии состоят из отдельных технических средств, каждое из которых может соответствовать одному из трех решений требований Положения № 740, то показатель качества технологической линии может быть определен через значения показателей качества отдельных технических средств и общее количество машин в линии:

$$k_{\text{лин}} = \frac{\Sigma N_{i(1)}}{\Sigma N}, \quad (2)$$

где ΣN – общее количество технических средств в линии, шт.;

$\Sigma N_{i(1)}$ – количество технических средств в линии, имеющих заключение МИС о соответствии установленным критериям определения эффективности, их функциональные характеристики соответствуют характеристикам подпункта А пункта 24 Положения № 740 [4].

Физический смысл показателя качества заключается в отражении доли технических средств, входящих в состав технологической линии, соответствующих требованиям подпункта А пункта 24 Положения № 740 [4], от общего числа оборудования, входящего в данный производственный комплект оборудования. Значение $k_{\text{лин}}$ должно стремиться к 1.

В то же время ряд сельхозтоваропроизводителей стремится к получению качественного готового продукта. Они готовы принять отклонение фактических значений параметров машин от паспортных. В этом случае стоит говорить не о качестве машины как таковой, а о качестве продукции, получаемой на данной машине. Тогда коэффициент k в выражении (1) может принимать значения 1 и 0,5, а показатель качества продукции $k_{\text{кач.пр}}$, получаемой на рассматриваемой технологической линии, по аналогии с выражением (2) можно рассчитать по формуле

$$k_{\text{кач.пр}} = \frac{\Sigma N_{i(1)} + \Sigma N_{j(0,5)}}{\Sigma N}, \quad (3)$$

где $\Sigma N_{j(0,5)}$ – количество технических средств в линии, имеющих заключение МИС о соответствии установленным критериям определения эффективности, но с расхождением функциональных и заявленных характеристик в соответствии с подпунктом Б пункта 24 Положения № 740.

Коэффициент $k_{\text{кач.пр}}$ показывает долю оборудования в технологической линии, способного производить готовый продукт, соответствующий требованиям, прописанным в Постановлении Правительства РФ № 740 [4].

При анализе выражения (3) необходимо отметить: чем ближе значение $k_{\text{кач.пр}}$ к 1, тем выше качество готовой продукции, получаемой на рассматриваемой технологической линии.

Таким образом предложены показатели, с помощью которых можно определить качество технологических линий, технических средств и готовой продукции, соответствующих установленным критериям определения эффективности комбикормового оборудования и функциональных характеристик (потребительских свойств, качества готовой продукции).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Костомахин М. Н. Нормирование показателей надежности с учетом требований потребителей и конкурентоспособности сельхозтехники // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2020. № 8. С. 48-54.
2. Мишуров Н. П. Анализ надежности машин и оборудования для животноводства // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : материалы VIII Международной научно-практической конференции "ИнформАгро – 2016", Москва, 25-27 мая 2016 года. Москва, 2016. С. 140-145.

3. Буклагина Г. В. Об оценке машинных технологий производства и переработки сельхозпродукции [Механизация растениеводства] // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. 2001. № 2. С. 469-471.
4. Об определении функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования (с изменениями и дополнениями от 8 мая 2025 г.) : Постановление Правительства РФ от 1 августа 2016 г. № 740.
5. Система государственных зональных машиноиспытательных станций (ФГБУ МИС) // ФГБУ «Государственный испытательный центр». URL: http://sistemamis.ru/mis/ (дата обращения: 01.10.2025).
6. Зайцева Н. Л., Рябова Н. Ю. Машинно-испытательная станция как база практической подготовки агроинженеров. DOI 10.26897/2687-1149-2023-5-78-83 // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 5. С. 78-83.
7. Булатов С. Ю. Влияние диаметра входного патрубка на технологические и энергетические показатели дробилки зерна ДКР-1 // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 1 (81). С. 148-155.
8. Савиных П. А., Булатов С. Ю., Миронов К. Е. Влияние конструктивно-технологических параметров дробилки зерна ударно-отражательного действия на ее энергетические показатели // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве : труды международной научно-технической конференции. 2014. Т. 3. С. 142-148.
9. ГОСТ 18221-2018. Комбикорма полнорационные для сельскохозяйственной птицы. Общие технические условия.
10. ГОСТ Р 51550-2000. Комбикорма-концентраты для свиней. Общие технические условия.
11. ГОСТ 9268-2015 Комбикорма-концентраты для крупного рогатого скота. Технические условия.
12. ФГБУ Кировская МИС : сайт. URL: http://www.kirovmis.ru/ (дата обращения: 01.10.2025).

УДК 636(09)

ПАМЯТИ ДОКТОРА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК, ПРОФЕССОРА ПЕРШИНОЙ ЗИНАИДЫ НИКОЛАЕВНЫ

Дурсенев М. С., кандидат биологических наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Вятский государственный агротехнологический университет»,
г. Киров, Россия
E-mail: kaf.rkz.bio@mail.ru

Аннотация

Статья посвящена памяти доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного работника науки Российской Федерации, кавалера ордена «Знак Почёта» Зинаиды Николаевны Першиной. Включает основные этапы и достижения за период её научной деятельности.

Ключевые слова: юбилей, профессор, доктор наук, Вятский ГАТУ, частная зоотехния

IN MEMORY OF THE DOCTOR OF AGRICULTURAL SCIENCES, PROFESSOR ZINAIDA NIKOLAEVNA PERSHINA

Dursenev M. S., candidate of biological sciences, associate professor
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Vyatka State Agrotechnological University», Kirov, Russia
E-mail: kaf.rkz.bio@mail.ru

Annotation

The article is dedicated to the memory of Zinaida Nikolaevna Pershina, the doctor of agricultural sciences, professor, honored worker of science of the Russian Federation, and holder of the order of 'Honor'. The paper includes the main stages and achievements of her scientific career.

Keywords: anniversary, professor, doctor of science, Vyatka State Agrotechnological University, private zootechnics

20.10.2025 исполнилось 100 лет со дня рождения Першиной Зинаиды Николаевны, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ, кавалера ордена «Знак почёта», обладателя звания «Ветеран труда» (рисунок 1).

Рисунок 1. Першина Зинаида Николаевна

Зинаида Николаевна родилась 20 октября 1925 года в селе Роговое Слободского района Кировской области.

В период с 1932 по 1942 год училась в средней школе села Рогового, затем – в школе № 7 г. Слободского [1, 2, 3].

Период окончания средней школы Зинаиды Николаевны пришёлся на начало Второй мировой войны. Из её воспоминаний о данном периоде известно следующее: «Начало войны застало меня старшеклассницей школы № 7 г. Слободского. Многие ребята, даже не получив аттестат, уходили на фронт. Мы, девочки, старались во всём помогать взрослым: опекали эвакуированных, дежурили в госпиталях, собирали грибы и сдавали их в столовую госпиталя, пилили и кололи дрова для школы».

В период войны, с июня 1942 по сентябрь 1943 года, работала счетоводом, затембухгалтером на Слободском СВЗ. «Работа с 8.00 до 20.00-22.00 часов, часто снимали на разгрузку барж – таскали мешки с зерном, картофелем, на погрузку брёвен – зимой, в лесу, в сугробах, девочки 17-ти лет загружали древесину в вагоны. Всё для фронта, всё для победы! – это был не просто лозунг, это была наша жизнь». С октября 1943 по сентябрь 1944 года училась в Ленинградском электротехническом институте (ЛЭТИИСС) г. Алма-Аты, где окончила лишь первый курс по причине болезни и тяжелого материального положения.

В сентябре 1944 г. поступила на 1 курс зоотехнического факультета Кировского сельскохозяйственного института и в июне 1948 г. с отличием окончила институт, получив квалификацию «учёный зоотехник».

Из воспоминаний Зинаиды Николаевны о студенческих годах: «Осенью 1944 года я поступила на зоотехнический факультет Кировского сельскохозяйственного института, с ним накрепко связала судьба – окончив с отличием, осталась на этом же факультете, работаю здесь по сей день. Тогда, конечно, было трудно. Некоторые из поступивших не выдерживали, уезжали домой. Скудное питание, по карточкам, зимой холод такой, что в «непроливашках»

замерзали чернила, спали по двое на кровати. Летом после 1 и 2 курсов вместо каникул ездили на лесозаготовки в Просницкий район. На ногах лапти и онучи, двуручными пилами валили толстенные, в обхват, деревья, сортировали. Что получше – на крепёж для восстановления шахт Донбаса, остальное – на дрова для института. А ещё занятия на курсах медсестёр, дежурство в госпиталях, расчистка железнодорожных путей от заносов и, конечно, учёба. Учиться мне нравилось, получала сначала повышенную, а потом, уже со второго семестра и до самого конца учебы, Сталинскую стипендию. И вот – долгожданная Победа! Всем общежитием бежим на Театральную площадь. Наши слёзы радости сливаются со струями дождя…».

В августе 1948 года, являясь одной из лучших выпускниц, была принята на должность ассистента кафедры частной зоотехнии.

В октябре 1951 г. поступила в заочную аспирантуру при Всероссийском институте животноводства (ВИЖ) под руководством профессора Е. А. Арзуманяна. Итогом обучения в аспирантуре стала защита кандидатской диссертации на тему: «Хозяйственно-биологические качества истобенского скота и племенная работа с ним» и получение степени кандидата сельскохозяйственных наук.

В 1960 году избрана на должность доцента кафедры частная зоотехния. С 1962 по 1967, а также с 1973 по 1989 год заведовала кафедрой частной зоотехнии Вятской ГСХА.

В 1974 году успешно защитила докторскую диссертацию на тему: «Состояние и совершенствование молочных пород скота в Кировской области», в 1976 году присвоено звание профессора.

Всю свою научную жизнь Зинаида Николаевна посвятила изучению и совершенствованию истобенской породы крупного рогатого скота, которая создавалась и совершенствовалась в Оричевском районе Кировской области, начиная с 60-70 годов XIX века. Ею изучены вопросы, связанные с продуктивностью и воспроизводством истобенского скота, созданием племенных стад как основы успеха в молочном скотоводстве, выращиванием ремонтных тёлок как основы повышения продуктивности молочных стад, жирномолочностью истобенского скота и многим другим.

Рисунок 2. Книжное издание Першиной З. Н. «Истобенский скот»

С 1962 по 1989 г. Зинаида Николаевна являлась председателем «Совета по племенной работе с истобенской породой крупного рогатого скота». Одним из первых печатных изданий по истобенской породе скота Зинаиды Николаевны является книга «Истобенский скот» (1958 г.) (рисунок 2).

В 1976 году награждена орденом «Знак почёта», а также медалями и почётными грамотами Президиума ВАСХНИЛ и Главного управления ВУЗов при ГКЕ СМ СССР (рисунок 3).

С 1994 по 2008 год – председатель диссертационного Совета по защите кандидатских и докторских диссертаций при нашем университете.

28 февраля 1995 года за заслуги в научной деятельности Зинаида Николаевна удостоена почетного звания «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

С 2009 по 2014 год работала в должности профессора-консультанта при кафедре частной зоотехнии (ныне кафедра разведения, кормления и частной зоотехнии) ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ (рисунок 3).

Рисунок 3. Зинаида Николаевна в день 80-летнего юбилея

За время работы в вузе Зинаида Николаевна подготовила тысячи дипломированных специалистов в области сельского хозяйства, руководила более чем 50 выпускными квалификационными (дипломными) работами студентов, издала более 200 научных трудов, статей, методических рекомендаций и публикаций, подготовила 5 кандидатов наук, двое из которых в настоящее время трудятся на кафедре разведения, кормления и частной зоотехнии: канд. с-х. наук, доцент Кузякина Людмила Ивановна и канд. с-х. наук, доцент, заместитель директора института биологии и ветеринарной медицины Семенихина Ольга Николаевна [4, 5, 6, 7].

Начиная со времени учебы в институте, более 40 лет читала лекции по линии общества «Знание». Неоднократно была делегатом съездов общества «Знание» от Кировской области. Постоянно ездила по районам области, по колхозам, фермам, знала практически всех

зоотехников области – ведь она учила студентов более 60 лет! А они, как правило, почти все заканчивали Кировский СХИ.

Зинаида Николаевна снискала уважение коллег, студентов, сотрудников, а также специалистов многих сельскохозяйственных предприятий Кировской области, многократно выступала оппонентом при защитах кандидатских и докторских диссертаций, возглавляла советы по защите выпускных квалификационных работ в сельскохозяйственных вузах России (Пермь, Тюмень и др.).

Из воспоминаний Зинаиды Николаевны о своей малой родине с. Роговое: «Почему с. Роговское стали называть селом Роговое, не знаю, возможно, по ошибке чиновников. Знаю, что недалеко от села была деревня Роговая, которую уже во времена моего детства называли Большой Починок. Название села произошло, скорее всего, от того, что три речки: Роговка, Кокорка и Маклаковка (Маклаковку, вытекающую из пруда, называли Барденка) – сливаясь в одну, образовывали рисунок в виде рога. То место так и называли «рог», некоторые называли «вилы».

Немного о семье Зинаиды Николаевны. «Мужа звали Першин Николай Петрович, он также окончил Кировский СХИ по специальности «Агрономия». Долгое время работал в сортоиспытании Кировской области: был начальником инспектуры Госсортсети, руководил 12 сортоучастками в Кировской области. В 1967 году защитил кандидатскую диссертацию. Муж, друг, соратник (говорил, что он уже наполовину зоотехник, а она – наполовину агроном!), отец их детей. Дочь Надежда окончила пединститут, много лет работала переводчиком в Кировском политехническом институте, затем в «Вятка-банке» и других местах. Сын Сергей – художник, окончил Кировское училище искусств, затем – Академию художеств в Ленинграде. Внуки также добиваются успехов, работают, растят своих детей, которые, как это принято в семье, хорошо учатся».

Надо сказать, что оба родителя Зинаиды Николаевны были из династий священнослужителей. Её отец, представитель рода Овчинниковых, – священник в девятом поколении. Мать Зинаиды Николаевны также принадлежала к духовной династии – семье священнослужителей Орловых. Все они были людьми высоконравственными, образованными, воспитанными и пользовались заслуженным уважением в обществе.

Из воспоминаний её коллег, учеников и знакомых сохранилось следующее. Сергей Сырнев (г. Ижевск): «Мне посчастливилось познакомиться с Зинаидой Николаевной. Я восхищаюсь Человеком! Несмотря на тяготы, гонения власти (дочь священника), Зинаида Николаевна своим талантом, упорством достигла звания доктора наук и вела большую научную и преподавательскую деятельность. В общении была очень простой, душевной. Очень интересным собеседником, рассказчиком. Благодаря ее рассказам много узнал о довоенной жизни в Роговом, о школе, об учителях. Мой отец, Михаил Павлович Сырнев, был учителем у Зинаиды Николаевны. Очень жалею, что не довелось съездить с ней в Роговое. Посетить с. Роговое было её мечтой. Светлая память Зинаиде Николаевне!».

Светлана Кошкина (с. Роговое, историк): «…мы с ней недолго переписывались, к сожалению, после нашего знакомства в скором времени её не стало. Я дважды была у неё в гостях, она была удивительно доброй, приятной, общительной, сумела пронести через всю свою жизнь любовь к своей малой родине. Село Роговое она называла «милое сердцу».

Что касается её студентов, то и после окончания учебы они продолжали общаться со своим преподавателем, приходили в гости, писали письма и открытки.

Сотрудники университета и кафедры разведения, кормления и частной зоотехнии с глубоким уважением вспоминают профессора Зинаиду Николаевну Першину, помнят её выдающийся научный и педагогический вклад, чтут память выдающегося учёного и гордятся тем, что были связаны с личностью, оставившей значительный след в отечественной зоотехнии.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дурсенев М. С. Эффективность использования протеиновых кормов в период лактации коров // Зоотехническая наука в условиях современных вызовов : сборник трудов IV научно-практической конференции с международным участием. Киров, 2022. С. 50-52.
2. Ковров А. В., Дурсенев М. С. Разведение сельскохозяйственных животных : методические указания по выполнению курсовых работ для студентов очной и заочной форм обучения биологического факультета направления подготовки 111100.62 – "Зоотехния". Киров : Вятская ГСХА, 2015. 26 с.
3. Кабанова А. А., Дурсенев М. С. Влияние гранулированного кукурузного глютена на приросты живой массы и развитие телят черно-пестрой породы // От импортозамещения к экспортному потенциалу: научное обеспечение инновационного развития животноводства и биотехнологий. Екатеринбург, 2021. С. 50-52.
4. Овсянников Ю. С., Дурсенев М. С. Разработка технологии приготовления ферментативного гидролизата отработанных куриных эмбрионов // Биопрепараты. Профилактика, диагностика, лечение. 2021. Т. 21, № 3. С. 200-205.
5. Першина З. Н. "Жила бы страна родная..." : о военных годах // Сеятель. 2005. 6 мая. С. 2.
6. Першина З. Н., Кузякина Л. И., Кривошеина Е. В. Молочная продуктивность, морфологические признаки и физиологические свойства вымени коров разных биотипов // Науке нового века – знания молодых : тезисы докладов 2-й научной конференции аспирантов и соискателей. Киров, 2002. С. 100-102.
7. Семенихина О. Н., Дурсенев М. С. Служебное собаководство : учебно-методическое пособие по выполнению курсовых работ для обучающихся биологического факультета очной формы по направлению подготовки 36.03.02 – Зоотехния. Киров : Вятская ГСХА, 2017. 28 с.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Научные статьи по тематике журнала принимаются в течение года и при получении положительной рецензии включаются в очередной номер журнала в порядке поступления. Если к моменту подготовки макета очередного номера статьи авторов не получили положительные отзывы рецензентов, сроки публикации переносятся в будущие номера.

Подача рукописей статей и сопроводительных документов (заявка и сведения об авторах), оформленных в соответствии установленными правилами, осуществляется на электронную почту info@v-vgsha.info.

Правила оформления статей

Направляемые для публикации статьи должны быть оформлены в соответствии с указанными требованиями.

1. К публикации принимаются статьи на русском языке объемом не менее 5 и не более 10 страниц.

2. Оригинальность текста должна составлять не менее 70 %.

3. Статья не должна быть ранее опубликована, а также не должна быть представлена для рассмотрения и публикации в другом издании.

4. Текст статьи необходимо структурировать, используя подзаголовки соответствующих разделов: введение, методика, результаты, выводы, список источников.

5. Статьи принимаются к публикации в формате .doc или .docx с выставлением следующих параметров:

- формат листа – А4;
- ориентация листа – книжная;
- поля – 2 см;
- шрифт Times New Roman;
- размер – 12 пунктов;
- межстрочный интервал – 1,0;
- выравнивание текста – по ширине;
- абзацный отступ – 1,25 см;
- автоматический перенос слов не допускается.

6. Расположение и структура текста внутри статьи:

- В верхнем левом углу статьи требуется указать код УДК (классификация приведена на сайте http://teacode.com/online/udc/).
- Через одну строку по центру страницы прописными буквами с применением полужирного начертания одинарным интервалом указывается заголовок на русском языке.
- Фамилия автора(-ов) и инициалы на русском языке, через запятую – учёная степень, учёное звание (строчные буквы, выравнивание по центру).
- Контактная информация (электронная почта).
- Полное наименование (в соответствии с Уставом организации) места работы (учёбы) в именительном падеже (выравнивание по центру). Если место работы или учебы авторов различается, то информация повторяется для каждого автора.
- Через одну строку приводится аннотация статьи. Объем аннотации от 200 до 1000 знаков. Аннотация должна содержать сведения об основной идее и цели исследования, описывать полученные результаты, включать основные выводы.
- После аннотации приводятся ключевые слова, отражающие основное содержание статьи (5-10 слов или словосочетаний).
- Указанная выше информация (название статьи, данные об авторе (авторах), аннотация, ключевые слова) через пробел дублируется на английском языке.

7. Оформление рисунков. Рисунки могут быть выполнены в черно-белом и цветном исполнении средствами компьютерной графики. Допускаются импортированные рисунки только в формате .jpg. Рисунки размещаются непосредственно в тексте статьи без обтекания текстом исходя из логики изложения. Рисунки должны сопровождаться подписью с выравниванием по центру страницы и иметь сквозную нумерацию. На все рисунки должны быть даны ссылки в тексте статьи. От текста рисунок отделяется сверху и снизу пустой строкой.

8. Оформление таблиц. Табличные рамки должны быть выполнены в чернобелом исполнении. Все таблицы должны быть пронумерованы (таблица 1, таблица 2 и т.д.). Каждая таблица должна иметь заголовок с выравниванием по центру. Шрифт в заголовке: Times New Roman, 12, межстрочный интервал – 1,0, выравнивание по центру. Ссылки на таблицы в тексте обязательны. Оформление текста в таблице: Times New Roman, 10, межстрочный интервал – 1,0. От текста таблица отделяется сверху и снизу пустой строкой.

9. Оформление формул. Уравнения и формулы следует набирать с использованием штатного плагина Microsoft Equation. Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют. Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле. Формулы следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всей статьи арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке. Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в круглых скобках.

10. Оформление списка источников. В конце статьи помещается список источников, который оформляется в соответствии с требованиями Национального стандарта РФ ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Источники приводятся в алфавитном порядке. При ссылке на литературный источник в тексте приводится порядковый номер работы в квадратных скобках. Средняя длина списка литературы – 10 позиций. При этом доля самоцитирований, а также ссылок на работы одного автора не должна превышать 30 % от общего количества ссылок. Приветствуются ссылки на статьи, опубликованные в журнале «Вестник Вятского ГАТУ»

Перед отправкой текста статьи автор принимает на себя обязательства в том, что текст статьи является окончательным вариантом, содержит достоверные сведения, касающиеся результатов исследования, и не требует доработок.