

ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА

ISSN 2072-9642



Machinery and Equipment for Rural Area
Сельхозпроизводство • Агротехсервис • Агробизнес

RSM 3000

ЭФФЕКТИВНОСТЬ
В ЛЮБЫХ УСЛОВИЯХ

ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ
ВЫСШИХ
РЕЗУЛЬТАТОВ!



Подробные ТТХ по ссылке:



РОСТСЕЛЬМАШ
Агротехника Профессионалов

№ 12 | Декабрь 2021
December 2021



Поздравляем

**АКАДЕМИЮ ФСИН РОССИИ
с 20-летием образования
факультета управления**



Факультет управления в Академии права и управления Минюста России образован приказом Министерства юстиции Российской Федерации от 19 марта 2001 г. № 409К для подготовки управленческих кадров уголовно-исполнительной системы. За период существования факультет подготовил более 500 специалистов. Выпускники успешно работают на руководящих должностях в различных отраслях экономики и органах государственной власти всех уровней. В настоящее время успешным продолжателем традиций факультета управления является кафедра управления и организации деятельности УИС, осуществляющая подготовку кадров по направлению «Государственное и муниципальное управление».

Уважаемые коллеги!

Коллектив ФГБНУ «Росинформагротех» поздравляет вас с 20-летием образования факультета управления.

Желаем вам творческих успехов, высоких профессиональных достижений, здоровья, удачи, тепла и мира в ваших семьях!

Академия ФСИН России –
надежный партнер
ФГБНУ «Росинформагротех»
в области научного сотрудничества
(соглашение о творческом
сотрудничестве № 455 от 25.08.2020).



Врио директора
ФГБНУ «Росинформагротех»,
кандидат юридических наук
П. А. Подъяблонский

Редакционная коллегия:

главный редактор – **Федоренко В.Ф.**,
д-р техн. наук, проф., академик РАН,
зам. главного редактора – **Мишуев Н.П.**,
канд. техн. наук.

Члены редколлегия:

Буклагин Д.С., д-р техн. наук, проф.,
Голубев И.Г., д-р техн. наук, проф.,
Ерохин М.Н., д-р техн. наук, проф., академик РАН,
Завражнов А.И., д-р техн. наук, проф.,
академик РАН,
Кешуев С.А., д-р техн. наук, проф.,
академик НАН Республики Казахстан,
Конкин Ю.А., д-р экон. наук, проф., академик РАН,
Кузьмин В.Н., д-р экон. наук,
Левшин А.Г., д-р техн. наук, проф.,
Лобачевский Я.П., д-р техн. наук, проф.,
академик РАН,
Морозов Н.М., д-р экон. наук, проф.,
академик РАН,
Некрасов А.И., д-р техн. наук,
Цой Ю.А., д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РАН,
Черноиванов В.И., д-р техн. наук, проф.,
академик РАН,
Шичков Л.П., д-р техн. наук, проф.

Editorial Board:

Chief Editor – **Fedorenko V.F.**, Doctor of Technical
Science, professor, academician of the
Russian Academy of Sciences,
Deputy Editor – **Mishurov N.P.**, Candidate
of Technical Science.

Members of Editorial Board:

Buklagin D.S., Doctor of Technical Science, professor,
Golubev I.G., Doctor of Technical Science, professor,
Erokhin M.N., Doctor of Technical Science, professor,
academician of the Russian Academy of Sciences,
Zavrazhnov A.I., Doctor of Technical Science,
professor, academician of the Russian
Academy of Sciences,
Keshuov S.A., D.E., professor, academician
of the National Academy of Sciences
of the Republic of Kazakhstan,
Konkin Yu.A., Doctor of Economics, professor,
academician of the Russian Academy of Sciences,
Kuzmin V.N., Doctor of Economics,
Levshin A.G., Doctor
of Technical Science, professor,
Lobachevsky Ya.P., Doctor of Technical Science,
professor, academician
of the Russian Academy of Sciences,
Morozov N.M., Doctor of Economics, professor,
academician of the Russian Academy of Sciences,
Nekrasov A.I., Doctor of Technical Science,
Tsoi Yu.A., Doctor of Technical Science,
professor, corresponding member
of the Russian Academy of Sciences,
Chernoivanov V.I., Doctor of Technical Science,
professor, academician
of the Russian Academy of Sciences
Shichkov L.P., Doctor of Technical Science, professor

Отдел рекламы
Горбенко И.В.

Верстка
Речкина Т.П.
Художник Жуков П.В.

ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА
MACHINERY AND EQUIPMENT FOR RURAL AREA

В НОМЕРЕ

Техническая политика в АПК

Черноиванов В.И., Толоконников Г.К. Системный подход для агропромыш-
ленного комплекса 2

Технико-технологическое оснащение АПК: проблемы и решения

Таркинский В.Е., Трубицын Н.В., Иванов А.Б. Техническое средство для
эксплуатационно-технологической оценки сельскохозяйственной техники 7
Сверхмощная линейка для сверхсложных задач 10

Инновационные технологии и оборудование

Сидоркин В.И., Гайбарян М.А., Гапеева Н.Н. Новые технические решения
по модернизации конструкций четырехрядных клонных картофелесажалок 12
Панферов Н.С., Тетерин В.С., Митрофанов С.В., Благов Д.А., Пехнов С.А.,
Сухоруков Д.Г. Тенденции развития машин с центробежными рабочими органами
для поверхностного внесения твердых минеральных удобрений 18
Костенко М.Ю., Тетерин В.С., Панферов Н.С., Пехнов С.А., Сухоруков Д.С.,
Пехнов А.С. Теоретическое обоснование движения гранул минеральных удо-
брений после схода с разбрасывающего диска 25
Зауля А.Н., Филиппова О.Б., Голубев И.Г. Способ определения давления
пневматического колеса на почву 29
Скорляков В.И., Назаров А.Н., Петухов Д.А. Сравнительные показатели
перевозок зерна при разгрузке комбайнов на краю поля 32

Агротехсервис

Пестряков Е.В. Программное обеспечение для диагностирования и прогно-
зирования технического состояния сельскохозяйственных машин 37

Аграрная экономика

Мишуев Н.П., Свиридова С.А., Семизоров С.А. Оценка эффективности
кормоуборочных самоходных косилок 42

События

Выставка «ЮГАГРО 2021» вернула деловую активность в АПК 46

В записную книжку

Перечень основных материалов, опубликованных в 2021 г. 47

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
Входит в ядро РИНЦ и базу данных RSCI

Полные тексты статей размещаются на сайте электронной научной библиотеки eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru>

Журнал включен в международную базу данных AGRIS ФАО ООН, в Перечень рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени
кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Научные специальности и соответствующие им отрасли науки, по которым издание включено в Перечень ВАК:

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки);
05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки);
05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки);
08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности) (экономические науки).

Редакция журнала:

141261, г.п. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60. Тел. (495) 993-44-04
fgnu@rosinformagrotech.ru; r_technica@mail.ru <https://rosinformagrotech.ru>

© «Техника и оборудование для села», 2021

Отпечатано в ФГБНУ «Росинформагротех»

Подписано в печать 23.12.2021 Заказ 915



Перепечатка материалов, опубликованных в журнале,
допускается только с разрешения редакции.

УДК 636.03; 512.581

DOI: 10.33267/2072-9642-2021-12-2-6

Системный подход для агропромышленного комплекса

В.И. Черноиванов,

д-р техн. наук, акад. РАН,
vichernoivanov@mail.ru

Г.К. Толоконников,

канд. физ.-мат. наук,
gktolo@mail.ru
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Аннотация. Представлены строгое описание системного подхода к наиболее разработанным эргатическим системам и единая методика исследования и построения систем, опирающиеся на общие системные принципы и постулаты. Даны адаптация общей методики системного подхода для АПК и применение к анализу реализуемых программ цифровизации сельского хозяйства.

Ключевые слова: категории, склейки, категорные системы, функциональные системы, биомашсистемы, решатели, цифровизация.

Постановка проблемы

Существует несколько десятков определений системы и, соответственно, понятий системного подхода [1-3]. Для сельскохозяйственных машин интерес представляют лишь подходы, получившие достаточную формализацию ввиду того очевидного факта, что без точных расчетов параметров, которых не придерживаются физиологи и биологи, машину нельзя спроектировать. Таким образом, в АПК системы, подобные традиционным функциональным системам П.К. Анохина-К.В. Судакова [4], не могут быть применены без подходящей формализации интуитивных построений, лежащих в их основе. Системный подход определяли как набор действий и мероприятий для построения той или иной системы. Для АПК специфическими являются биомашсистемы и системный подход в них.

Известные эргатические системы, математические теории систем [5] были подвергнуты объективной и исчерпывающей критике П.К. Анохиным [4], в первую очередь, в отношении того, что они не используют понятия системообразующего фактора, являющегося важнейшим атрибутом не только функциональных, но и категорных [5] и биомашсистем [1]. Эргатических систем и традиционных подходов математической теории систем для АПК оказывается недостаточно. Возникла задача с учетом проведенной категорной формализации дать строгое описание системного подхода. Общая категорная теория систем [6] позволяет выработать математически строго обоснованное понятие системного подхода [7].

Цель исследования – адаптация общей категорной теории систем на основе теории биомашсистем к специфике АПК.

Материалы и методы исследования

Методологической основой исследования является математическое моделирование процессов с помощью разрабатываемой теории биомашсистем и категорных склеек. Многочисленные системные подходы имеют, как правило, интуитивный характер, их использование несет элемент неполноты и возможных противоречий. В разработанной одним из авторов [6] категорной теории систем используются строгие математические методы, которые являются методами исследования.

Результаты исследований и обсуждение

Рассмотрим более подробно представленные элементы концепции, начав с математических основ.

Категорные склейки и категорные системы

Рассмотрим счётное число сортов с переменными и функциональными символами проекций $x_k^{(i)}$, $C_i^{(j)}$, $i, j, k = 1, 2, \dots$. Вводим функциональные символы ξ_{ij} вида $(i \rightarrow j)$ со свойствами $\xi_{ij} x_k^{(i)} = x_k^{(j)}$. Для каждого i обозначим $C_i^{(j)} = \xi_{ij} C_i^{(i)}$ и вводим аксиомы $C_i^{(k)} C_i^{(j)} = C_i^{(j)}$. Функциональные символы образуют алгебру с таблицей умножения, отвечающей последним аксиомам. Вводим обозначения для формул $Ob^{(i)}(x_k^{(i)}) = (x_k^{(i)} = C_i^{(i)}(x_k^{(i)}))$, а также переменные $a_k^{(i)}$, $k = 1, 2, 3 \dots$ сорта i , ограниченные на область $Ob^{(i)}(x_k^{(i)})$. Вводим: предикаты равенства вида $(i \rightarrow j)$ $(x_k^{(i)} = x_k^{(j)}) = (x_k^{(i)} = \xi_{ij} x_k^{(j)})$; для каждого сорта набор базовых функциональных символов $\mu_l^{(i)}$, $\nu_l^{(i)}$, $l = 1, 2, \dots$, называемых n -арными операциями $n = 0, 1, 2, 3, \dots$, и набор тождеств, как равенств термов одного сорта $t_m^{(i)} = t_k^{(i)}$, счётное число $\alpha = 1, 2, 3, \dots$ указанных наборов сортов, добавляя дополнительный индекс и рассматривая переменные, символы, равенства, тождества и изоморфизмы, соответственно, $x_k^{(i, \alpha)}$, $C^{(i, \alpha)}$, $\mu_l^{(i, \alpha)}$, $\dots$, $=_{i, \alpha, i', \alpha'} \xi_{ij}^{(\alpha)}$.

Назовем сигнатурой набор букв проекций и операций $C^{(i)}$, $\mu_l^{(i)}$.

Вводим три копии сортов $x_k^{(i, \alpha)}$, $C^{(i, \alpha)}$, $\mu_l^{(i, \alpha)}$, $\dots$, $=_{i, \alpha, i', \alpha'} \xi_{ij}^{(\alpha)}$, первая из которых используется для внешних свёрток, в ней все буквы для их отличия от основных букв внешней склейки наделяются штрихом $x_k^{(i, \alpha)}$, $C^{(i, \alpha)}$, $\mu_l^{(i, \alpha)}$, $\dots$, $=_{i, \alpha, i', \alpha'} \xi_{ij}^{(\alpha)}$, вторая используется для внутренних свёрток и наделяется, помимо штриха, еще надчеркиванием $\bar{x}_k^{(i, \alpha)}$, $\bar{C}^{(i, \alpha)}$, $\bar{\mu}_l^{(i, \alpha)}$, $\dots$, $=_{i, \alpha, i', \alpha'} \bar{\xi}_{ij}^{(\alpha)}$, третья – для внутренней склейки и наделяется лишь надчеркиванием $\bar{x}_k^{(i, \alpha)}$, $\bar{C}^{(i, \alpha)}$, $\bar{\mu}_l^{(i, \alpha)}$, $\dots$, $=_{i, \alpha, i', \alpha'} \bar{\xi}_{ij}^{(\alpha)}$.

Определение. Полной базовой склейкой называется формула, составленная из конъюнкций формул $a_k^{(i, \alpha)} =_{i, \alpha} C^{(i, \alpha)}(x_k^{(i, \alpha)})$, $a_k^{(i, \alpha)} =_{i, \alpha} C^{(i, \alpha)}(x_k^{(i, \alpha)})$, $\bar{a}_k^{(i, \alpha)} =_{i, \alpha} \bar{C}^{(i, \alpha)}(\bar{x}_k^{(i, \alpha)})$, $\bar{a}_k^{(i, \alpha)} =_{i, \alpha} \bar{C}^{(i, \alpha)}(\bar{x}_k^{(i, \alpha)})$ и равенств

$\eta_k^{(i, \alpha)} = \theta_m^{(j, \beta)}$, $\eta_k^{(i, \alpha)}$, $\theta_m^{(j, \beta)}$ являются любыми из символов $a_n^{(i)}$, $x_m^{(j)}$, $n, m \in N$ указанных сортов.

Разнесём конъюнкции для каждой формулы полных склеек по четырем ячейкам таблицы 2×2 , в ячейку (1,1) размещаем называемые по определению формулы внешних склеек нештрихованные и без надчеркивания, в ячейку (1,2) – внешних свёрток штрихованные, в ячейку (2,1) – внутренних склеек надчеркнутые и в ячейку (2,2) – внутренних свёрток надчеркнутые штрихованные конъюнкции:

u	v'
w	w'

Знаки равенства можно исключить из таблицы, заменив формулы равенства пунктирами, соединяющими буквы переменных, входящих в них. Зададим специфические для категорных склеек правила вывода M_p , M_r , M_b , переводящие одни формулы полных склеек в другие. M_l перемещает в верхние ячейки из нижних те формулы, которые имеют соединения. M_l перемещает связанные по вертикали и внутри пары из правых ячеек в левые, M_r перемещает связанные пары из левых ячеек в правые. Вводится правило вывода Ev и обратное ему – Ev^{-1} , основанное на функциональных символах операций $\mu_l^{(i, \alpha)}$ и расстановке в соответствующих местах знаков «=». Вводятся правила вывода проекций Pr_{ij} , $i, j = 1, 2$, переводящие формулу полной склейки в формулу ij -ячейки. Применение свёртки, имеющейся в ячейке (1,2) таблицы склейки, состоит из последовательного применения правил вывода M_b , M_r , Ev . Операция, обратная указанной, состоит из последовательного применения правил вывода Ev^{-1} , M_r , M_l .

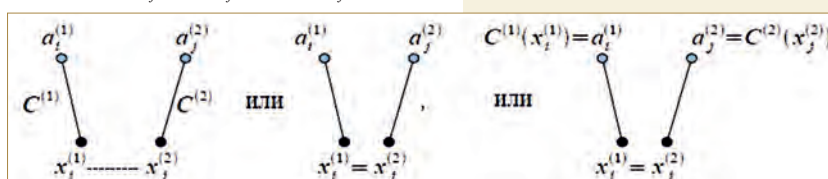
Определение. Полной склейкой называется базовая склейка, в которой переменные x (с индексами) заменены на термы формального языка сигнатуры из функциональных букв операций и проекций.

Определение. Процедура применения свёртки, указанная для полных базовых склеек, дословно применима к полным склейкам и даёт индуктивное построение формульных термов: полная базовая склейка является формульным термом; если имеется формульный терм, то результат применения к нему операции свёртки также является формульным термом, других термов не имеется.

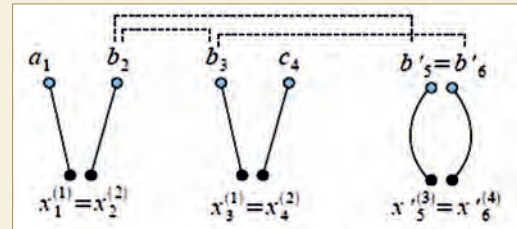
Теперь можно дать определение теории категорных склеек.

Определение. Формальной теорией категорных склеек называется сигнатура и набор тождеств вместе с совокупностью построенных формульных термов.

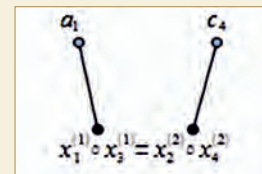
Следуя Хетчеру, введём аналогичные использованным в его книге [8] графические обозначения, например, для формулы $C^{(1)}(x_i^{(1)}) = a_i^{(1)} \wedge C^{(2)}(x_j^{(2)}) = a_j^{(2)} \wedge x_i^{(1)} = x_j^{(2)}$ имеем:



Категорные склейки содержат в качестве частных случаев категории и высшие категории. Рассмотрим для иллюстрации случай категорий. Пусть имеются две склейки, их произведение задаётся процедурой свёртки в графических обозначениях



Проводя определенную операцию свёртки и применив проекцию $Pr_{1,1}$, получим:



Накладывая на предикаты свойства ассоциативности и наличия единиц, получим формальную теорию, включающую в себя при рассмотрении внешних склеек стандартную формальную теорию категорий. Категорные склейки моделируют также свёрточные поликатегории, на основе которых строился первый вариант категорной теории систем [1]. Далее приводится определение категорных систем, включающее в себя формулировку системообразующего фактора. Категорные склейки со склеечными функторами образуют обычную категорию – категорию склеек.

Определение. Пусть задана категорная склейка как модель формальной метасклейки. Тогда всякая склейка или набор конусов категорной склейки называется категорной системой, или просто системой. Система называется составной, если она представима в виде свёрток других систем, называемых подсистемами исходной системы. Если систему нельзя представить в виде свёртки других систем, то она называется простой системой.

Системообразующий фактор по П.К. Анохину также моделируется.

Определение. Пусть задана совокупность категорных систем $\{S_\alpha, S_r, \alpha \in I\}$, I – индексное множество, S_r – выделенная система, называемая результатом, склеечный эндифунктор F в категории систем и свёртка Δ . Тогда, если свёртка применима к совокупности преобразованных систем $\{FS_\alpha, FS_r, \alpha \in I\}$, то (F, S_r, Δ) называется системообразующим фактором составной системы $S = \Delta(\{FS_\alpha\})$, имеющей систему S_r в качестве результата.

Перейдем к строгому описанию понятия системного подхода на основе категорной теории систем и методике его применения. Системный подход на основе категорной теории систем опирается на системную парадигму: в окружающем мире, который моделируется категорной теорией систем, все объекты являются исключительно системами и их совокупностями.

Системный подход состоит из двух этапов:

- определение будущих подсистем желаемой системы и формирование свёртки, которая указанные системы должна при своей реализации привести к желаемой системе;

- реализация на практике полученной свёртки к указанным системам.

Итак, краткое определение системного подхода состоит в построении требующейся категорной системы на основе проводимого формирования свёртки и её дальнейшего применения к выбранным необходимым системам, которые превращаются свёрткой в подсистемы требующейся системы.

Все действия методики осуществляются на основе системообразующего фактора, изучения предметной области системы и применения к формируемым ее фрагментам математических методов категорной теории систем.

Поскольку желаемая система является категорной склейкой, на первом шаге методики системного подхода устанавливаются ее связи с другими системами. В идеале все её связи определяют систему однозначно (с точностью до изоморфизма) вместе с количеством, иерархией и свойствами всех её подсистем. Аналог этому утверждению даёт стандартный факт теории категорий: «Учет $\text{Hom}C(Y, X)$ (совокупность стрелок из Y в X) для всех Y несёт полную информацию об объекте X с точностью до изоморфизма» [9].

Если такое определение удаётся, то задача решена, свёртка сформирована и можно приступить к реальному подбору необходимых будущих подсистем и применению к ним найденной свёртки. На практике подобный идеал недостижим, поэтому на втором шаге после частичного определения внешних связей системы с другими системами проводится определение наличия подсистем первого уровня.

Для каждой выявленной подсистемы определяются ее системообразующий фактор, связи между подсистемами, а также с внешними системами и вышестоящей системой. Дальнейшие шаги методики, если это необходимо, многократно повторяют второй шаг до момента приемлемой для практики точности. Методика системного подхода требует завершения построения свёртки для системы со всеми ее связями и подсистемами. На этом описание методики системного подхода в общем случае заканчивается.

Системный подход для агропромышленного комплекса

Для систем агропромышленного производства ключевым объектом является продуктивное живое, сель-

скохозяйственные животные и растения, биомассы и другие биообъекты, именно то, на что направлены усилия машины и человека для производства сельхозпродукции. Адекватным системным образованием здесь являются биомашсистемы «человек-машина-живое» [1].

Основные системные принципы:

1. При построении или исследовании систем движение происходит от целого к частям, от системы к подсистемам, адекватным языком здесь является язык теории категорий;

2. Системная парадигма (аналог теоретико-множественной и категорной парадигм): все вокруг суть системы и совокупности;

3. Всякая подсистема сама является системой (принцип иерархии);

4. Системообразующий фактор как результат, который должен быть достигнут системой, полностью определяет систему;

5. Принцип изоморфизма для типовых систем: всякое системное образование является типовой системой, если содержит подсистемы со свойствами, определяющими тип системы.

Применение системного подхода реализуется следующими позициями:

1. Методика основывается на системных принципах;

2. При построении или исследовании систем следует двигаться от целого к частям, от системы к подсистемам;

3. Первый шаг методики состоит в выявлении системообразующего фактора на основе четвертого общего принципа;

4. Следует установить, для какой вышестоящей системы данная система является подсистемой, как системообразующий фактор вышестоящей системы влияет на данную систему;

5. Следует установить наличие других систем, влияющих на данную систему;

6. Изучая предметную область данной системы, следует установить исчерпывающий перечень подсистем первого уровня для данной системы и ее тип;

7. Для биомашсистем следует установить конкретный вид блоков «машина», «человек» и «живое»;

8. Следует установить подсистемы и связи между подсистемами данной системы;

9. Следует установить связи подсистем системы с системами, не являющимися подсистемами данной системы, системами из п. 5;

10. Изучая предметную область, следует построить по связям систем и подсистем пп. 3-9 имеющуюся для данной системы иерархию систем;

11. Рассмотрение подсистемы первого уровня данной системы, для нее проводятся все шаги, перечисленные в пп. 3-10;

12. Дальнейшие шаги проводятся для очередных подсистем данной системы и ее подсистем;

13. Полное построение по данной методике может оказаться сложным или невозможным для отдельных систем. Тогда рассмотрение проводится по мере воз-

возможности с возвращением на каждом очередном шаге методики к нерассмотренным вопросам и проведением для них шагов методики;

14. До первого шага или на каком-то шаге методики решается вопрос о глубине, на которую следует рассматривать практические требования. Какие приближения допустимы проблемой, достаточные для ее решения (коридор разброса параметров результата данной системы);

15. Работа по методике завершается при достижении и рассмотрении низшего уровня согласно п. 14;

16. В результате применения методики для данной системы оказывается выстроенной категорная модель системы со всеми связями, параметрами и иерархией, в которой возможно применение строгих математических методов для расчета свойств системы;

17. Проводится анализ того, насколько достаточен тот или иной практически достижимый уровень рассмотрения для решения проблем и формирования результата системы в дополнение к п. 14.

Системный подход теории биомашсистем применим как для малых форм производства, так и для разработки национальных программ и концепций.

Отметим некоторые актуальные для применения методики направления:

- при проектировании и реализации производственных процессов (ремонт и восстановление машин, производство зерна, молока и др.);

- проектировании и дальнейшем создании машин, работающих с продуктивным живым (учёт диктуемого теорией биомашсистем назначения машины, состоящего в обеспечении раскрытия потенциала, заложенного селекционерами в геноме растений и животных);

- разработке стратегических программ и концепций для АПК. В последнем должны учитываться законы функционирования биомашсистем «человек-машина-живое» ввиду того, что крупнейшей биомашсистемой является сельский социум, включающий в себя помимо работников сельхозпредприятий и частных фермеров, а также врачей, учителей, и других жителей села (блок «человек»), сельскохозяйственные и бытовые машины (блок «машина») и продуктивных животных, растения, биомассы (блок «живое»).

Системный подход и цифровое сельское хозяйство

Остановимся на применении предлагаемой методики системного подхода, основанной на теории биомашсистем, для реализуемых программ цифровизации сельского хозяйства. В 2018 г. широко обсуждалась Концепция «Научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства «Цифровое сельское хозяйство» (далее – Концепция), на основе которой был разработан действующий ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» (<https://mcx.gov.ru/upload/iblock/900/900863fae06c026826a9ee43e124d058.pdf>).

Концепция разрабатывалась традиционно, на основе интуитивных представлений о том, что такое системный

подход. С точки зрения полноценного применения предлагаемой методики системного подхода в Концепции имеются некоторые упущения. Её содержание не отвечает требованиям системного подхода. Необходимо было описать взаимодействие решаемых задач, обеспечивающих получение основного результата. Задачи следовало сформулировать более четко и конкретно.

Концепция – суть описание системы, а задачи соответствуют ее самостоятельным подсистемам, должны взаимодействовать между собой и быть нацелены на получение общего результата. Этого в Концепции не прослеживается. Прописанная цель не играет роли системообразующего фактора, поэтому цели не организуют подцели для своего выполнения, не объединены в систему.

Фактически описание существующих аграрных проблем в Концепции свелось к проблеме нехватки специалистов и денежных средств, это правильно, но слишком банально. Главный недостаток концепции – не задаётся система, в которую необходимо вложить деньги и для которой надо подготовить специалистов, а имеющиеся ссылки на технологии анализа больших данных, интернет вещей, блокчейна задают бесперспективный путь – догонять развитые страны с помощью уже устаревших подходов.

Одно из важных перспективных направлений для осуществления прорывных аграрных технологий, обоснованное в теории биомашсистем, – учёт индивидуального текущего состояния живого, который состоит в получении и интерпретации параметров его состояния, выработке управляющих воздействий со стороны машин и операторов на живой объект, а также выработки необходимых воздействий на машины и операторов со стороны живого, являющегося равноправным участником биомашсистемы «человек-машина-живое». В Концепцию необходимо включить реализацию указанного учета состояния продуктивного живого в виде наборов датчиков, снимающих сигналы о состоянии живого, а также передающих воздействия приборов с вычислительными блоками выработки указанных управляющих воздействий.

Выводы

1. В работе приводится математически строгое описание систем и общего системного подхода, единая методика исследования построения систем и применения системного подхода, основанная на теории биомашсистем и категорной теории систем. Дана адаптация общей методики системного подхода для агропромышленного комплекса. Сформулированы основные системные принципы.

2. Предлагаемый системный подход применим к анализу реализуемых программ цифровизации сельского хозяйства, способствует определению их узких мест и путей преодоления имеющихся трудностей реализации.

3. Дальнейшее развитие предложенных направлений по имеющимся оценкам даст существенный вклад в производство качественной сельскохозяйственной продукции.

Список использованных источников

1. Биомашсистемы. Теория и приложения, под ред. акад. РАН В.И. Черноиванова. М.: Росинформагротех. 2016. Т. 1. 228 с., Т. 2, 216 с.
2. Черноиванов В.И. Биомашсистемы: возникновение, развитие перспективы // Биомашсистемы. 2017. Т. 1. № 1. С. 7-58.
3. Tolokonnikov G. K., Chernoiivanov V. I., Sudakov S.K., Tsoi Y.A. Systems Theory for the Digital Economy // Advances in Intelligent Systems and Computing, V. 1127, 2020, pp. 447-456.
4. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. Принципы системной организации функций. М.: Наука. 1973. С. 5-61.
5. Матросов В.М., Анапольский Л.Ю., Васильев С.Н. Метод сравнения в математической теории систем. Новосибирск: Наука. 1980. 480 с.
6. Толоконников Г.К. Неформальная категорная теория систем // Биомашсистемы. 2018. Т. 2. № 4. С. 41-144.
7. Толоконников Г.К. Категорные склейки, категорные системы и их приложения в алгебраической биологии // Биомашсистемы. 2021. Т. 5. № 1. С. 148-235.

8. Hatcher W.S. The logical foundations of mathematics, Perg. Pr., 1982, 320 p.

9. Гельфанд С.И., Манин Ю.И. Методы гомологической алгебры. М.: Наука. 1988. 416 с.

A Systematic Approach for the Agricultural Sector

V.I. Chernoiivanov, G.K. Tolokonnikov

(VIM)

Summary. A rigorous description of the systematic approach to the most developed ergatic systems and a unified procedure for the study and construction of systems based on general systemic principles and postulates are presented. The adaptation of the general procedure for the systemic approach for the agricultural sector and its application to the analysis of the implemented programs of digitalization of agriculture are provided.

Keywords: categories, merging, categorical systems, functional systems, biomachine systems, solvers, digitalization.

Уважаемые коллеги, друзья!

*Благодарим вас за сотрудничество
и поздравляем с Новым 2022 годом и Рождеством Христовым!*

*Желаем вам крепкого здоровья, успехов, оптимизма,
благополучия и добра, пусть каждый день наступающего года
открывает новые перспективы и наполняет
жизнь светом и радостью!*



*Редакция журнала «Техника и оборудование для села»
и коллектив ФГБНУ «Росинформагротех»*

УДК 631.3.018.2:004.32

DOI: 10.33267/2072-9642-2021-12-7-9

Техническое средство для эксплуатационно-технологической оценки сельскохозяйственной техники

В.Е. Таркинский,

д-р техн. наук,
зав. лаб., вед. науч. сотр.,
tarkivskiy@yandex.ru

Н.В. Трубицын,

канд. техн. наук,
зав. сектором,
trubicin@yandex.ru

А.Б. Иванов,

науч. сотр.,
artem_b_ivanov@mail.ru
(Новокубанский филиал
ФГБНУ «Росинформагротех»
[КубНИИТИМ])

Аннотация. Рассмотрены особенности сплошного хронометража операций при проведении контрольных смен. Предложен электронный универсальный хронометр, позволяющий проводить хронометраж операций для эксплуатационно-технологической оценки сельскохозяйственных агрегатов и определять такие показатели, как пройденный путь основной операции и производительность, с помощью системы глобального позиционирования.

Ключевые слова: хронометраж, эксплуатационно-технологическая оценка, универсальный хронометр, испытания, контроль показателей.

Постановка проблемы

Одной из основных задач Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996) предусмотрены создание и внедрение современных технологий возделывания сельхозкультур, в том числе технологий точного земледелия, которые будут направлены на получение устойчивого уровня урожайности сельскохозяйственных культур на неоднородных по своему плодородию участках поля благодаря дифференцированному воздействию на ограничивающие урожайность факторы [1].

Эксплуатационно-технологическая оценка (ЭТО) – важнейший вид оценки сельскохозяйственной техники, который заключается в определении эксплуатационных свойств, характеризующих ее способность выполнять технологический процесс с соблюдением качества и минимальными потерями сменного времени при оптимальной производительности. Методика расчёта показателей ЭТО изложена в межгосударственном стандарте

ГОСТ 24055 [2]. Определение и расчёт показателей ЭТО проводят на основании общих сведений об объекте испытаний, нормативно-справочной информации и значений элементов сменного времени, полученных методом поэлементного хронометража, занесённых в особый документ – наблюдательный лист. В конечном итоге такие показатели, как производительность и расход топлива, являются базовыми для расчёта экономической эффективности сельскохозяйственного агрегата [3].

Для расчёта производительности необходимо проводить контрольные смены в течение 8 ч и измерять площадь обработанного участка. При этом используются обычные секундомеры или электронные приборы хронометражиста, например ИП-261 [4]. Однако данный прибор имеет ряд недостатков, например фиксированный встроенный набор кодов элементов времени смен и невозможность использования систем глобального позиционирования для расчёта пройденного расстояния и обработанной площади.

Цель исследования – разработка метода и технического средства фиксации основных показателей при эксплуатационно-технологической оценке с использованием элементов глобального позиционирования.

Материалы и методы исследования

Исходя из цели исследований, необходимо использовать методику, заключающуюся в анализе и разработке аппаратной платформы для реализации поставленной задачи, а также экспериментальной проверке предложенного решения.

Результаты исследований и обсуждение

Для достижения поставленной цели необходима разработка компактного электронного устройства на базе микропроцессора с дисплеем, памятью, SD-картой для накопления результатов контрольных смен и приёмником спутниковой системы глобального позиционирования (GNSS).

В соответствии с требованиями стандарта для определения ряда показателей (рабочая скорость агрегата на каждом виде работ, средняя скорость во время прохождения рабочего гона, производительность в час основного времени) необходимо определять пройденное расстояние во время выполнения технологической операции [5]. Для решения задачи определения длины пройденного пути необходимо использовать возможности спутниковой навигации, которые обе-

спечивают компактные и недорогие приёмники GNSS. Все современные GNSS-приёмники передают информацию по протоколу NMEA-0183. Помимо информации о доступных спутниках, сообщения протокола NMEA содержат информацию о текущих географических координатах, скорости движения (в морских узлах) и курс (угол вектора движения по отношению к направлению на истинный полюс) [6-8].

Таким образом, на основе информации от GNSS-приёмника пройденное расстояние можно определять двумя способами – через изменение положения объекта (его географических координат) и на основе текущей скорости и курса. Рассмотрим оба способа с точки зрения метрологии, учитывая, что в соответствии со стандартом относительная погрешность измерения расстояния не должна превышать $\pm 1\%$. При использовании первого метода можно определить расстояние между двумя положениями приемника GNSS по координатам широты, долготы и высоты в каждом положении с точностью $\Delta S_{pp} = \pm 5$ м. При использовании второго метода, основанного на прямых доплеровских измерениях изменения частоты и, соответственно, длины волны сигнала спутника, воспринимаемого приемником, вычисляется непосредственно скорость движения приемника GNSS. Максимальная погрешность такого измерения составляет $\Delta v_{DM} = \pm 0,02 \cdot v_{fact}$, м/с.

В работе [9] приведён подробный теоретический анализ функциональных зависимостей погрешности определения буксования от пройденного пути, полученного описанными методами. Анализ графиков функций погрешностей [9] говорит о том, что на коротких интервалах наиболее точным является метод, основанный на прямом измерении фактической скорости приемника GNSS. При заданных условиях уже при интервале измерений $S = 33$ м достигается точность, сопоставимая с полученной при использовании метода точечного позиционирования на расстоянии $S = 205$ м. Таким образом, для измерения пройденного расстояния во время контрольной смены принимается метод измерения фактической скорости GNSS-приёмника.

Формула для измерения расстояния S , м, примет вид:

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{v_i}{q}, \quad (1)$$

где v_i – текущая скорость i -го измерения, м/с;

q – частота получения информации о текущей скорости, с⁻¹.

В процессе исследований разработан универсальный хронометр ИП-287 (рис. 1) на базе микроконтроллера STM32F4, обеспечивающего малое энергопотребление и высокое быстродействие, и многоканального GNSS-приёмника SIM68VB (рис. 2). ИП-287 предназначен для измерения и фиксации длительности операций, входящих в хронометрируемый производственный процесс, и определения пути, пройденного машиной во время выполнения каждой операции.

Результаты хронометража формируются в виде электронной хронокарты, которая после завершения данной



Рис. 1. Универсальный хронометр ИП-287

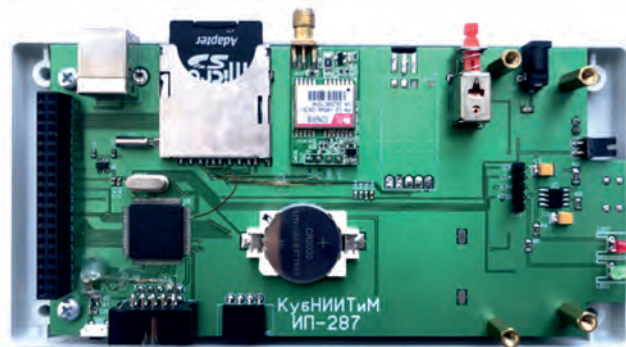


Рис. 2. Основные компоненты на печатной плате хронометра ИП-287

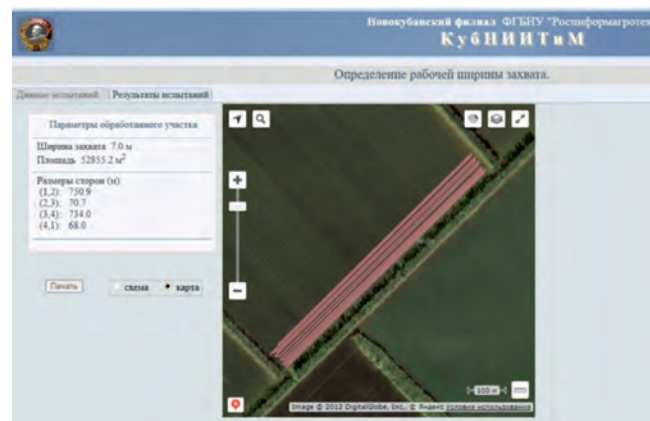


Рис. 3. Треки движения зерноуборочного комбайна при выполнении основной работы в онлайн-сервисе «Землемер»

операции записывается на SD-карту. Проверка универсального хронометра при проведении контрольных смен на уборке урожая зерновых колосовых культур комбайном «Палессе GS-12» показала правильность принятых решений при проектировании устройства и выборе метода расчёта расстояний, пройденных агрегатом во время контрольных смен, с использованием систем глобального позиционирования.

Информация о рассчитанных с помощью универсального хронометра и онлайн-сервиса «Землемер» [10] расстояний во время выполнения основной работы зерноуборочным комбайном (рис. 3) приведена в таблице.

Анализ результатов измерений показал, что абсолютная погрешность измерения расстояний универ-

Результаты измерений длины гона зерноуборочного комбайна

№	Координаты				Расстояние, м		Абсолютная погрешность, м
	начало гона		конец гона				
	широта	долгота	широта	долгота	ИП-287	сервис «Землемер»	
1	44°59'57,846"	40°51'47,238"	45°00'14,892"	40°52'11,742"	752	751	2
2	45°00'15,270"	40°52'11,712"	44°59'58,140"	40°51'47,292"	752	755	3
3	44°59'58,128"	40°51'46,872"	45°00'15,132"	40°52'11,466"	756	752	4
4	45°00'15,426"	40°52'11,532"	44°59'58,482"	40°51'46,956"	755	750	5
5	44°59'58,566"	40°51'46,578"	45°00'15,552"	40°52'10,962"	750	747	3
6	45°00'15,960"	40°52'11,172"	44°59'58,854"	40°51'46,440"	756	755	1
7	44°59'58,842"	40°51'45,834"	45°00'15,906"	40°52'10,578"	756	754	2
8	45°00'16,290"	40°52'10,716"	44°59'59,328"	40°51'46,170"	754	749	5
9	44°59'59,058"	40°51'45,360"	45°00'16,392"	40°52'10,152"	764	761	3
10	45°00'16,608"	40°52'10,242"	44°59'59,856"	40°51'46,254"	738	734	1

сальным хронометром ИП-287 не превышает 5 м, что позволяет использовать предложенное устройство при проведении контрольных смен во время эксплуатационно-технологической оценки сельскохозяйственной техники.

Выводы

1. Разработан прибор (универсальный хронометр ИП-287), позволяющий проводить поэлементный хронометраж при контрольных сменах для эксплуатационно-технологической оценки сельскохозяйственной техники.

2. Предложен и реализован метод определения расстояний, пройденных машиной во время выполнения основной работы, с использованием спутниковых систем глобального позиционирования.

3. Результаты полевых экспериментов подтвердили заявленные характеристики универсального хронометра ИП-287, в том числе абсолютную погрешность измерения расстояний (± 5 м).

Список использованных источников

1. Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Правительства Российской Федерации от 25.08.2017 г. № 996 (ред. от 11.10.2019). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. **ГОСТ 24055-2016.** Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. М.: Стандартинформ, 2017. 24 с.

3. **ГОСТ 34393-2018.** Техника сельскохозяйственные. Методы экономической оценки. М.: Стандартинформ, 2018. 11 с.

4. **Федоренко В.Ф., Трубицын Н.В.** Современные информационные технологии при испытаниях сельскохозяйственной техники: науч. аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2015. 140 с.

5. **Таркинский В.Е., Трубицын Н.В., Петухов Д.А.** Инновационные методы эксплуатационно-технологической оценки сельскохозяйственной техники // Электро-

технологии и электрооборудование в АПК. 2019. № 2. С. 78-83.

6. **ГОСТ Р 56084-2014.** Глобальная навигационная спутниковая система. Система навигационно-информационного обеспечения координатного земледелия. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2014. 12 с.

7. **Петухов Д.А., Таркинский В.Е., Иванов А.Б., Мишу-ров Н.П.** Результаты применения программно-приборного обеспечения при создании электронных карт полей в технологиях координатного земледелия // Техника и оборуд. для села. 2019. № 9. С. 16–20.

8. **Щеголихина Т.А., Гольяпин В.Я.** Современные технологии и оборудование для систем точного земледелия. М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2014. 79 с.

9. **Ivanov A.B., Fedorenko V.F., Tarkivsky V.E. and Petukhov D.A.** Rational use of energy potential and reduction of the negative impact on the soil of agricultural tractor propellers using instrumental control of slipping // In the journal: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 808 (APEC 2021) 012019, 2021. 6 p. doi:10.1088/1755-1315/808/1/012019.

10. Программное обеспечение для обработки и анализа результатов испытаний и исследований [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kubniitim.ru/> (дата обращения 18.08.2021).

A Technical Tool for the Agricultural Machinery Performance Assessment

V.E. Tarkivsky, N.V. Trubitsyn, A.B. Ivanov
(KubNIITiM)

Summary. The features of continuous timing of operations during control shifts are described. An electronic universal chronometer has been proposed, which makes it possible to perform the timing of process steps for the performance assessment of agricultural units and to determine, using GPS, such indicators as the path traveled when performing the main process step and productivity.

Keywords: timing, performance assessment, universal chronometer, testing, control of indicators.

СВЕРХМОЩНАЯ ЛИНЕЙКА ДЛЯ СВЕРХСЛОЖНЫХ ЗАДАЧ

Одна из самых современных линеек тракторной техники Ростсельмаш имеет в своём названии аббревиатуру DT. Это Delta track – тракторы на гусеницах дельтовидной формы. Высокоэффективные и очень технологичные, они сочетают в себе мощность, надёжность и простоту – именно то, что нужно, когда задач на поле «выше крыши», а времени на их исполнение – как всегда...



RSM 3485 DT, RSM 3535 DT, RSM 3575 DT – универсально-пропашные тракторы – 492, 542, 583 л.с. соответственно. Могут быть использованы в тяжёлых условиях на энергоёмких операциях. Их экономическая эффективность особенно видна на пашнях площадью от 3000 га. Трактор 3575 DT – самый мощный, такие машины в России выпускает только Ростсельмаш.

Главная отличительная черта линейки – гусеничный движитель. Машины уплотняют почву в 3 раза меньше по сравнению с тракторами на

одинарных шинах и могут агрегатироваться с орудием шириной, большей на 15-20 %. Кроме того, гусеничный ход обеспечивает экономию топлива, времени и даже человеческого ресурса – за счёт комфорта, простоты управления и обслуживания.

Технологическая особенность: система привода гусениц является одной из самых передовых в отрасли. В тракторах этой серии используются системы, снижающие износ гусеничного хода за счёт уменьшения трения и нагревания. Ведущая звездочка большого диаметра обеспечивает угол

зацепления 81°, а широкие зацепы на гусенице (22 см) исключают вероятность проскальзывания, что позволяет увеличить срок ее службы и снизить расход топлива. Кроме того, за счет конструкции тандемной рамы опорных роликов с двумя степенями свободы обеспечено снижение вибрации, что сказывается на точности управления и условиях работы оператора.

На тракторах серии установлен специально разработанный для сельхозмашин двигатель Cummins QSX 15 объемом 15 л – дизельный 6-цилиндровый, с турбонаддувом и промежу-

точным охлаждением наддувочного воздуха. Трансмиссия трактора – автоматическая (CAT Powershift TA22), обеспечивает 16 передач вперёд и 4 назад, при этом переключение осуществляется одним рычагом, без использования педали сцепления. Вместимость двух топливных баков – 1 540 л, что гарантирует внушительную сменную производительность даже на самых сложных операциях: тракторы серии DT способны обрабатывать до 400 га на одной заправке.

Машины оснащаются тяговым брусом маятникового типа (с вертикальной нагрузкой до 4,8 т) с автоматической сцепкой. Опционально

устанавливаются заднее навесное устройство грузоподъёмностью 6,8 т и задний вал отбора мощности. На тягово-сцепное устройство маятникового типа с пальцем $\varnothing 51$ мм можно агрегатировать широкозахватные прицепные устройства. Это увеличивает эффективность проводимых работ.

Гидравлическая система создаёт необходимое для работы навесного и прицепного оборудования давление, а при отсутствии нагрузки система работает в экономичном режиме, создавая резерв для передачи всей мощности в нужный момент. Производительность стандартной ги-

дравлической системы – 303 л/мин, в качестве опции доступна система производительностью 208 л/мин.

Отдельных слов заслуживает улучшенная кабина: обзор на 360°, большая площадь остекления, внутренний объём 3,6 м³. Управление рабочими системами трактора осуществляется с помощью панели с джойстиком, интегрированной в правый подлокотник сиденья. Комфортно, удобно, продуманно, эффективно – кабина очень хорошо отражает «философию» линейки. Компании Ростсельмаш удалось создать машину, которая обеспечивает простор, необходимый для решения самых сложных задач на поле.



УДК 631.332.7

DOI: 10.33267/2072-9642-2021-12-12-17

Новые технические решения по модернизации конструкций четырехрядных клоновых картофелесажалок

В.И. Сидоркин,специалист 1 кат.,
gnu@vniims.rzn.ru**М.А. Гайбарян,**канд. техн. наук,
вед. науч. сотр.,
gnu@vniims.rzn.ru**Н.Н. Гапеева,**канд. биол. наук,
вед. науч. сотр.,
gapreevann@mail.ru

(ИТОСХ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Аннотация. Приведены результаты модернизации клоновых картофелесажалок с целью усовершенствования механизма регулировки шага посадки, определяющего расстояние между клубнями в рядке и густоту посадки пророщенных клубней вне зависимости от условий эксплуатации сажалок и почвенно-климатических зон возделывания картофеля. Предложена конструкция вариатора бесступенчатой регулировки шага и густоты посадки.

Ключевые слова: картофелесажалка, клон, вариатор, защитно-стимулирующий препарат.

Постановка проблемы

Внедрение новых технологий посадки сельскохозяйственных культур, в том числе клоновых пророщенных клубней картофеля, обусловлено необходимостью повышения производительности отдельных технологических операций и уменьшения энергетических, эксплуатационных и финансовых затрат производства. Рационально организованный процесс подготовки и посадки пророщенных клубней картофеля должен соответствовать общепринятой технологии и схемам посадки и базироваться на опыте применения как отечествен-

ной, так и зарубежной техники, производимой для этой технологии с учетом специфических особенностей посадки семенного пророщенного материала.

Комплексный подход к оценке и анализу возможностей и особенностей посадочного процесса позволяет установить закономерности влияния усовершенствованных механизмов регулировки равномерности раскладки пророщенных клубней, оптимизировать густоту и шаг посадки, который определяет расстояние между соседними клубнями в рядке в научно обоснованных пределах. Все это позволяет эффективно решить проблемы посадки семенного пророщенного материала.

В настоящее время в России для посадки пророщенных клубней картофеля используют отечественные и зарубежные сажалки [1]. Особое внимание уделяется отечественным технологиям, предусматривающим применение комплекса специальных машин и агрегатов, которые используются, в частности, в опытных хозяйствах для клоновой посадки пророщенных клубней при разведении новых эффективных сортов картофеля. ЗАО «Колнаг» (Россия) выпускает четырехрядные сажалки производительностью 1,7 га/ч. Завод «Лидсельмаш» (Белоруссия) производит двух- (Л-201) и четырехрядные (Л-202) сажалки производительностью до 0,9 и 1,7 га/ч соответственно [2].

Сажалки зарубежных фирм («Grimme», «Hassia» и др.) агрегируются с тракторами тяговых классов не ниже 1,4, предназначены для работы на ровных участках и склонах до 5° и по предварительно нарезан-

ым гребням с междурядьем 70, 75, 90 и 140 см. Для этих сажалок характерно узкопрофильное использование, они сложны в обслуживании, эксплуатации и настройке из-за невозможности проведения в полевых условиях работ по обеспечению необходимых режимов скоростей высаживающих аппаратов с заданными значениями шагов посадки, определяющих ее густоту [3, 4].

Густота посадки может меняться в широких пределах в зависимости от фракций и массы клубней, а также при переезде на другое поле, отличающееся по влажности и механическому составу почвы или, например, при смене сортов (видов) посадочного материала. При изменении условий каждый раз определяют дополнительный ряд скоростей высаживающих аппаратов, не предусмотренных параметрами звездочных блоков, заложенных в конструкции сажалок. В совокупности с неблагоприятными погодными условиями эти факторы могут удлинить сроки посадки культуры более чем на 10 дней, что не рекомендуется агротехническими условиями [3].

Применяемая технологическая схема выбора необходимых значений шага посадки инерционна. Отдельные заказчики предлагают использование значений, выраженных целыми числами с интервалом 1 см в пределах всего диапазона регулировки скоростей высаживающих аппаратов, что невозможно осуществить с точки зрения использования стандартных цепей и звездочек.

Вследствие перечисленных факторов и особенностей посадки пророщенных клубней картофе-

ля возникает необходимость проведения научных и практических опытов по совершенствованию конструкций сажалок с целью решения проблемы бесступенчатой посадки семенного пророщенного картофеля.

Общей характерной чертой, объединяющей сажалки такого типа, является наличие привода высаживающих аппаратов, работающего от ходовых колес, а также многоступенчатых блоков звездочек (как правило, от трех до шести). Именно они определяют размеры ступенчатых шагов посадки клубней в рядке путем перебрасывания вручную цепей от ходовых колес на одну из звездочек блоков.

Анализ технических характеристик разных картофелесажалок показывает наличие довольно широкого диапазона густоты посадок с расстоянием между соседними клубнями в рядке от 100 до 550 мм при разной глубине заделки клубней в зависимости от их массы и размера. Например, для клубней размером 35-65 мм глубина посадки меняется от 40 до 200 мм [5].

Однако инвариантность густоты посадки предусматривает фракционный размер семенных клубней в более расширенных значениях как для клубней меньше 25 мм, так и массой 25-50; 51-80; 81-100 и более 100 г. Технология работ по посадке клубней больших размеров требует более широкого диапазона регулировки шага. С этой целью предусматривается применение комплекта сменных высаживающих аппаратов с уменьшенным количеством ложечек в карусели [6].

Самый щадящий способ посадки клонового пророщенного материала осуществляется при ручной подаче клубней из лотков, в которых их проращивали, в высаживающий рабочий орган карусельно-ложечного типа. Практика показывает, что при использовании данной технологии от общей массы материала обламывается и повреждается примерно 5-10% ростков [7]. В сажалках, имеющих высаживающие аппараты элеваторного типа, повреждаемость и обламывание ростков значительно выше и может достигать 25%, что заметно

снижает урожайность из-за задержки всходов.

Особенностью посадки пророщенного материала является предельно короткий агротехнический срок посадочных работ – не более 8-10 дней независимо от особенностей почвенно-климатических зон.

Одним из основных агротехнических требований является равномерность раскладки не ниже 60% (количество клубней с расстоянием между соседними клубнями в пределах заданного значения M , исходя из установленной густоты посадки с учетом допуска $\pm 0,25 M$). Густоту посадки проверяют по раскрытой длине рядков (при демонтированном загортате): не менее 7,2 м при междурядье 70 см; не менее 5,5 м – при 90 см и не менее 6,6 м – при 75 см. Число клубней на этом отрезке, умноженное на 2000, будет выражать густоту посадки на 1 га по каждому ряду [8].

Преимущество усовершенствованного механизма регулировки густоты и шага посадки заключается в создании гибкой технологической схемы выбора заданных значений M , имеющих целые, а не дробные числа, которые определяют числовые значения шагов посадки с интервалом 1 см в пределах использования всего диапазона посадок. Это дает возможность производить посадку с минусовыми допусками – 0,1 M , что позволяет оптимизировать площади при разумной густоте посадок различных по весу и размерам клонов картофеля, а также экономить топливосмазочные материалы. Работа с гибкими технологическими схемами посадок облегчает расчеты по количеству применяемого семенного материала (по массе на 1 га площади) и оставляет возможность применения научных и практических экспериментов с целью экономии семенного материала или сокращения полевых угодий.

Цель исследований – повышение эффективности посадки пророщенных клубней картофеля путем бесступенчатой регулировки частоты вращения высаживающих аппаратов картофелесажалок.

Материалы и методы исследования

Исследования этапов посадки пророщенного картофеля ранее проводились на базе Рязанского опытного хозяйства «Подвязье» и ЗАО «Озеры» (Московская область) на общей площади 45 га. Были выполнены аналитические и экспериментальные исследования по следующим методикам:

- сравнительный анализ и выбор рациональных конструкций сельскохозяйственных машин на основе выбранного научно обоснованного критерия оценки параметров и режимов работы рабочих органов. По данной методике выбрана и разработана принципиальная конструктивная и кинематическая схема четырехрядной картофелесажалки с междурядьем 75 см, служащая исходным базовым вариантом для проведения модернизации и усовершенствования конструкции механизма регулировки шага и густоты посадки пророщенных клубней картофеля;

- определение равномерности раскладки пророщенных клубней картофеля с использованием различных шагов и густоты посадок высаживающими аппаратами карусельно-ложечного типа.

Результаты исследований и обсуждение

В результате проведенных исследований была разработана и изготовлена модернизированная клоновая четырехрядная сажалка КСКН-4М с междурядьем посадки 75 см, производительностью 1,7 га/ч, имеющая высаживающий аппарат карусельно-ложечного типа, привод от ходовых колес с использованием вариатора бесступенчатой плавной регулировки скоростей (рис. 1).

Принцип работы модернизированной четырехрядной картофелесажалки заключается в следующем. Загрузка семенных пророщенных клубней картофеля производится в быстросъемные бункеры самосвальными транспортными средствами или вручную из ящиков. При применении ящичной тары или паллетов, в которых находятся пророщенные клубни картофеля, бункеры снимаются с рамы

и на их место устанавливаются специальные стеллажи, позволяющие складировать тару (ящики) с пророщенными клубнями по многоярусной схеме, предусматривающей вертикальную загрузку сажалки и механизированную подачу ящиков к рабочему месту обслуживающего персонала. Общий полезный объем бункеров – 400 кг клубней.

Семенной материал самотеком с наклонных поверхностей бункеров перемещается в сторону приемных лотков, в которых расположены высаживающие аппараты карусельно-ложечного типа, и вручную бережно укладывается в горизонтально вращающиеся технологические ложечки. Каждая из ложечек, достигая отверстия в лотке (расположено по центру над клубнепроводом), под действием собственной массы и массы клубня поворачивается вокруг оси карусели на 90°, равномерно выбрасывая клубни в раскрытые борозды. Клубни попадают непосредственно в донную часть, образованную сошником, с последующей заделкой их рыхлой почвой и образованием гребнистой поверхности с помощью загортачей, которые шарнирно закреплены кронштейнами на раме. Пружинная подвеска имеет три положения регулировки жесткости тарированной пружины и возможность перемещения вдоль стойки под сиденьем в зависимости от заглубления загортачей на высоту гребней от 12 до 20 см с учетом массы операторов, находящихся на скамье. Вращение высаживающих аппаратов – от опорно-ходовых колес посредством цепной передачи, блока звездочек, звездочек на угловых конических редукторах, расположенных в подрамной и подбункерной зоне обслуживания.

Ровнительные колеса и сошники связаны поводковой группой и талрепом, образующими винто-рычажный параллелограммный механизм заглубления сошников в почву. Регулировочные винты ограничивают заглубление сошников ниже необходимой глубины, а стопорные – предупреждают или ограничивают подъем сошников в процессе работы машины в зависимости от состояния поля.

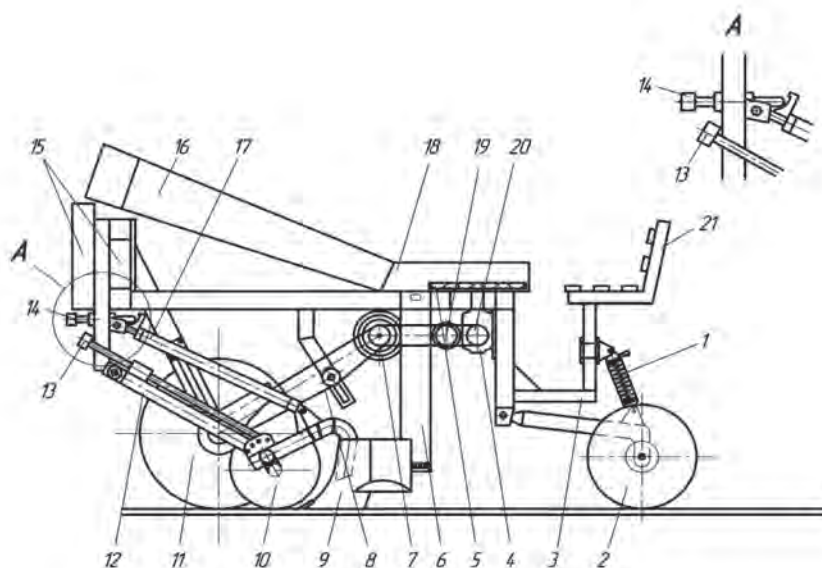


Рис. 1. Конструктивная схема четырехрядной клоновой картофелесажалки КСКН-4:

1 – подвеска пружинная; 2 – загортачи; 3 – площадка обслуживания; 4 – угловой конический редуктор; 5 – аппарат высаживающий; 6 – клубнепровод; 7 – блок звездочек; 8 – цепь приводная; 9 – сошник; 10 – колесо ровнительное; 11 – колесо опорно-ходовое; 12 – поводок; 13 – винт регулировочный; 14 – винт стопорный; 15 – рама с треугольной навеской; 16 – съемный бункер; 17 – талреп; 18 – приемный лоток; 19 – звездочка ведущая; 20 – звездочка ведомая; 21 – скамья

При наличии в почве крупных камней или корней растений стопорные винты не используются.

Существенными недостатками конструктивной схемы картофелесажалок являются:

- отсутствие свободной зоны доступа к звездочным блокам ввиду разной удаленности их от боковых поверхностей рамы, а также расположение их в подрамном и подбункерном пространстве, что требует проведения дополнительных работ по демонтажу бункеров или стеллажей;

- необходимость освобождения цепных передач от натяжных устройств, переброски цепей вручную от ходовых колес на одну из звездочек блоков, а также натяжение цепей и настройка кинематики, которые выполняют в подрамной зоне;

- инертность технологической схемы выбора шагов и густоты посадки вследствие применения кинематики с заданными значениями M , имеющими ступенчатую ограничен-

ную стандартными цепями и звездочками диаграмму скоростей, зависящую от заложенных в конструкцию передаточных отношений скоростей, осуществляемых набором звездочек на блоке 7;

- невозможность проведения работ вследствие перечисленных факторов в полевых условиях, предполагающих использование неквалифицированного персонала, обслуживающего сажалку при посадке клонов картофеля.

Модернизация конструкций клоновых картофелесажалок заключается в создании гибкой технологической схемы выбора шага бесступенчатой посадки пророщенных клубней, осуществляемого вариатором в кинематических схемах, позволяющих реализовать их преимущества в практических целях:

- вариатор бесступенчатой посадки клонов вынесен на боковую поверхность рамы и крепится к ней четырьмя болтами, обеспечивающими быстросъемность всего узла, удобство

обслуживания при настройках на весь диапазон, свободную зону доступа к вариатору при обслуживании;

- применение вариатора исключает операции по демонтажу бункеров или стеллажей;

- исключаются операции по переброске цепей на блоки звездочек вручную (в приведенных схемах отсутствуют);

- отсутствие работ по демонтажу бункеров, стеллажей и настройке кинематики предполагает выполнение этих работ в полевых условиях малоквалифицированным персоналом, функции которого может выполнять один из четырех обученных и работающих на сажалке операторов;

- гибкость технологической схемы выбора заданных значений M имеет расширенный диапазон значений шагов выраженных целыми (не дробными) числами, облегчающими расчеты и повышающими точность до 0,1М шагов густоты посадки различных по массе и размерам клонов картофеля, и оставляет возможность проведения научных и практических экспериментов с целью экономии семенного материала и сокращения полевых угодий.

На рис. 2 изображена кинематическая схема модернизированной клонной картофелесажалки КСКН-4М, содержащая раму, к которой крепятся опорно-ходовые колеса. Ступицы колес жестко соединены со звездочками, передающими вращение ведущему валу посредством неподвижно сидящих на нем звездочек и цепной передачи. С другой стороны вертикальные валы угловых конических редукторов, закрепленных на раме, содержат высаживающие аппараты карусельного типа с технологическими ложечками, шарнирно закрепленными на лучах карусели. Они получают вращение от горизонтальных валов редукторов с жестко закрепленными на них звездочками от ведомого вала через неподвижно сидящие на нем звездочки и цепную передачу.

Концы ведущего и ведомого валов, находящихся в спаренных подшипниковых опорах на расчетном расстоянии «А», соединены через звездочно-храповую муфту. Она обе-

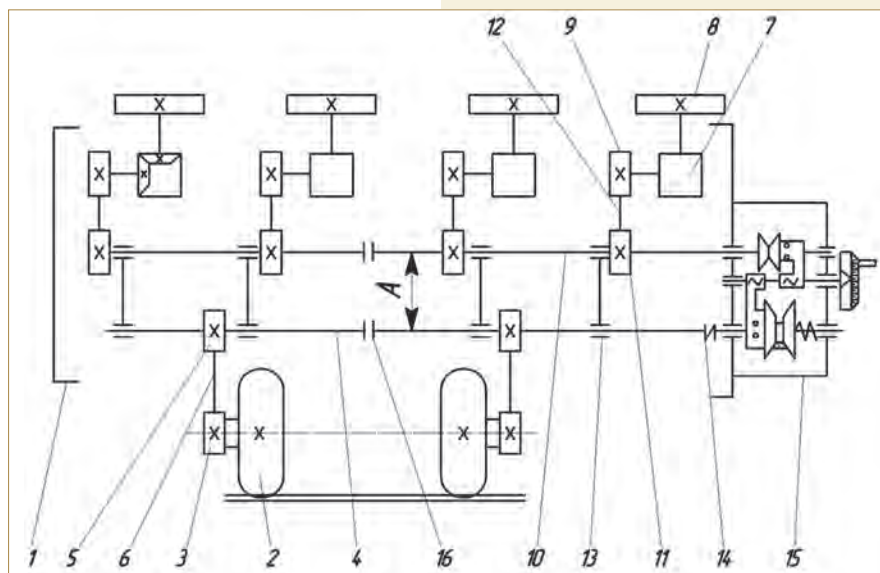


Рис. 2. Кинематическая схема картофелесажалки КСКН-4:

1 – рама; 2 – опорно-ходовые колеса; 3 – звездочка колеса; 4 – вал ведущий; 5 – звездочка; 6 – передача цепная; 7 – редуктор угловой конический; 8 – аппарат высаживающий; 9 – звездочка редуктора; 10 – вал ведомый; 11 – звездочка; 12 – передача цепная; 13 – опора подшипника спаренная; 14 – муфта предохранительная; 15 – вариатор; 16 – ремень вариаторный

спечивает одностороннее вращение от ходового колеса посредством вариатора бесступенчатой регулировки скоростей вращения вертикальных валов редукторов, осуществляющих передачу крутящего момента на высаживающие аппараты за счет специального вариаторного ремня.

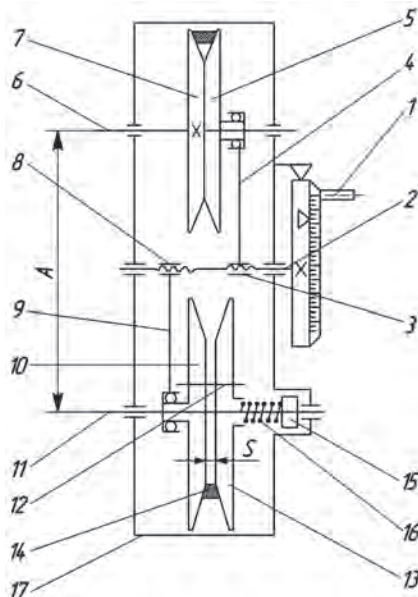


Рис. 3. Вариатор бесступенчатой регулировки частоты вращения вертикальных валов угловых конических редукторов

Ведущие и ведомые валы соединены между собой компенсирующими несоосность валов муфтами.

Вариатор работает следующим образом. Вращением рукоятки 1 лимба, неподвижно сидящего на резьбовом регулировочном валу 2, осуществляется осевое перемещение резьбовой гайки 3, соединенной с водилом 4 подшипниковым узлом и подвижным диском 5, сидящим на ведомом валу 6 на шпоночном или шлицевом соединении по скользящей посадке в левую сторону до совмещения с неподвижным диском 7, жестко сидящем на ведомом валу 6 в положении, указанном на рис. 3.

При этом осуществляется синхронное равнонаправленное движение резьбовой гайки 8, сидящей на резьбовом валу 2 вместе с водилом 9, подшипниковым узлом и подвижным диском 10, расположенном на ведущем валу 11 по общему шпоночному или шлицевому соединению, выполненному по ходовой посадке в левую сторону на расстоянии S , определяющем минимальный расчетный диаметр по диску 10 и прижимному диску 13 с учетом геометрических размеров сечения вариаторного ремня 14.

Прижимной диск на ведущем валу и общей шпонке 12 поджимается к боковым поверхностям вариаторного ремня с необходимым усилием за счет регулировки хода резьбового упора 15, находящегося внутри корпуса 17 и сжимающего пружину 16, упирающуюся в торцевую часть прижимного диска.

Деление вращающегося лимба, обозначенное треугольником, совмещается с нулевой отметкой на делительной шкале, выполненной на наружной части, обнимающей лимб и задающей необходимое вращение лимбу с регулировочным резьбовым валом с заданной погрешностью, определяющей число вращений в градусах. Необходимая скорость вращения ведомого вала, которая определяет шаг посадки, выбирается по диаграмме скоростей путем поворота ручки лимба, осуществляя перемещение резьбовых гаек 3 и 8 с расчетным шагом в правую сторону на расстояние S , определяющее наименьший расчетный диаметр по дискам 5 и 7. Расчетное расстояние «А» между валами 6 и 11 должно быть выдержано и в схеме (см. рис. 2).

На рис. 4 показаны диаграммы выбора шагов посадки пророщенных клубней картофеля в зависимости от числа оборотов вала лимба, имеющего шаг регулировки винта, равный 2 мм, на один оборот лимба и числа технологических лопаток (ложечек), равное 9 и 6. За основу расчета были приняты исходные данные характеристик основных комплектующих изделий, а именно:

- опорно-ходовые тракторные колеса с агрессивным протектором типа «Елочка» 6.00"-12.00", расчетным диаметром 600 мм при рабочем давлении 1,2 атм;
- вариаторный ремень для сельскохозяйственных машин СВ-25-800 по ОСТ 38-5-17-73;
- угловой конический редуктор С.03.55 «Беларусь» с передаточным числом $i = 1,14$.

В результате расчетов были определены основные параметры посадки, а именно:

- минимальный расчетный диаметр по дискам 10, 13 (см. рис. 3) – 84 мм;

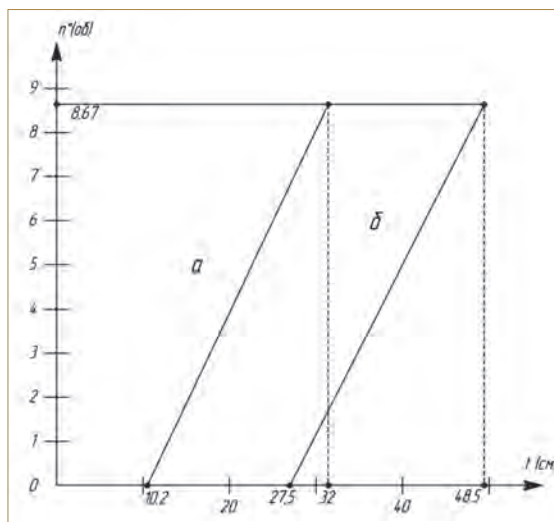


Рис. 4. Диаграмма выбора шагов посадки:
а – для высаживающих аппаратов на девять технологических ложечек;
б – для высаживающих аппаратов на шесть технологических ложечек

- максимальный расчетный диаметр по дискам 5, 17 (см. рис. 3) – 148 мм;
- средний расчетный диаметр для передаточного числа – 116 мм;
- угол профиля диска – $34 \pm 1^\circ$;
- межосевое расстояние «А» между ведущим 4 и ведомым 10 валом – 218-0,2 мм;
- максимальное перемещение дисков «S» по оси регулируемого винта 2 – 17,35 мм.

Результаты расчетов с указанными параметрами сведены в диаграмму выбора шагов посадки при отношении расчетных диаметров по дискам вариатора, определяющим передаточные числа. При передаточном числе $i = 84/148 = 0,5675$ шаг посадки составляет 102,6 мм, соответственно при $i = 116/116 = 1$ – 210 мм, при $i = 148/84 = 1,7619$ – 320 мм.

Выводы

1. В результате проведенных исследований усовершенствованы конструктивная и кинематическая схемы четырехрядной клоновой картофелесажалки, что позволило осуществить гибкую технологическую схему выбора необходимых значений шагов посадки во всем диапазоне их применения, повысить равномерность раскладки пророщенных клубней картофеля не ниже 60 %. Кроме того, это дает возможность выполнять посадку клонов с минусовыми допусками, определяющими расстояние между соседними клубнями в преде-

лах заданного значения, исходя из установленной густоты посадки.

2. На основании аналитических и экспериментальных исследований выявлена зависимость шага посадки от значений расчетных параметров по дискам вариатора, определяющим необходимые передаточные числа вращения высаживающих аппаратов карусельно-ложечного типа. Результаты расчетов с указанными параметрами сведены в диаграмму выбора шагов посадки при отношении расчетных диаметров по дискам вариатора, определяющим передаточные числа. При передаточном числе $i = 84/148 = 0,5675$ шаг посадки составляет 102,6 мм, соответственно при $i = 116/116 = 1$ – 210 мм, при $i = 148/84 = 1,7619$ – 320 мм.

Список

использованных источников

1. Плаксин А.Г. Обзор отечественных и зарубежных картофелесажалок // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2008 № 3. С 3-5.
2. Технические средства для посадки картофеля [Электронный ресурс]. – URL: https://www.sinref.ru/000_uchebniki/04600_raznie_2/999_60_mashinnie_tehnologii_dla_proizv_kartofila_2010/034.htm (дата обращения: 27.08.2021).
3. Туболев С.С., Пшенченков К.А., Зейрук В.Н. Машинные технологии и техника для производства картофеля. М.: Агроспас, 2010. 311 с.
4. Грунин К. Е. Регулировки картофелесажалки GL 34t фирмы Grimme // Вест-

ник НГИЭИ. 2011. № 5 (6). Т. 2. С. 125-135.

5. **Сидоркин В.И., Глазунов И.С.** Результаты модернизации четырехрядной клоновой картофелесажалки // Техника и оборудование для села. 2015. № 3. С. 8-9.

6. **Колчин Н.Н.** Технология и комплексы машин для возделывания важнейших сельскохозяйственных культур. Ч. 1: Картофель. М.: Инфа, 1997. 104 с.

7. **Дорохов А.С., Панферов Н.С., Тетерин В.С., Пестряков Е.В.** Картофелесажалка для клонowego семеноводства с автоматизированной системой обработки клубней // Техника и оборудование для села. 2020. № 7. С. 16-20.

8. **Колчина Л. М.** Картофелепосадочные машины. М.: Информагротех, (Библиотечка фермера. Серия: Использование техники в фермерском хозяйстве, вып. 2). 1996. 28 с.

New Technical Solutions for Modernization of Designs of Four-row Clonal Potato Planter

V.I. Sidorkin,
M.A. Gaibaryan,
N.N. Gapeeva

(Institute for Technical Support of Agriculture, a branch of VIM)

Summary. The results of modernization of clonal potato planters are presented to improve the mechanism for adjusting the pitch of planting, which determines the distance between tubers in a row and the density of planting of germinated tubers regardless of the operating conditions of planters and soil-climatic zones of potato cultivation. The design of a variable-speed unit for stepless adjustment of the step and planting density is proposed.

Keywords: potato planter, clone, variable-speed unit, protective and stimulating agent.



Организатор:

АССОЦИАЦИЯ
ТЕПЛИЦЫ РОССИИ

Спонсоры:



Grodan



УРАЛХИМ

При поддержке:

Министерства сельского хозяйства Российской Федерации
Комитета Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации по аграрным вопросам
Комитета Торгово-промышленной палаты Российской Федерации по развитию агропромышленного комплекса

УДК: 631.333.5

DOI: 10.33267/2072-9642-2021-12-18-24

Тенденции развития машин с центробежными рабочими органами для поверхностного внесения твердых минеральных удобрений

Н.С. Панферов,

канд. техн. наук,
ст. науч. сотр.,
nikolaj-panferov@yandex.ru

В.С. Тетерин,

канд. техн. наук,
ст. науч. сотр.,
labio-giant@mail.ru

С.В. Митрофанов,

канд. с.-х. наук,
вед. науч. сотр.,
f-mitrofanoff2015@yandex.ru

Д.А. Благоев,

канд. биол. наук,
ст. науч. сотр.,
aspirantya2013@gmail.com

С.А. Пехнов,

ст. науч. сотр.,
pehnov@mail.ru

Д.Г. Сухоруков,

ст. науч. сотр.,
logicd@mail.ru
(ИТОСХ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Аннотация. Проанализированы основные тенденции развития современных распределителей твердых минеральных удобрений с центробежными рабочими органами, выявлены их преимущества и недостатки. Рассмотрены основные проблемы внедрения цифровых технологий в отечественное производство, обозначены возможные направления для модернизации и повышения производительности распределителей твердых минеральных удобрений центробежного типа.

Ключевые слова: распределитель, твердое минеральное удобрение, внесение удобрений, рабочий орган, система управления.

Постановка проблемы

В настоящее время наблюдается тенденция повсеместного внедрения

цифровых технологий во все сферы деятельности человека, в том числе в сельскохозяйственное производство, автоматизировать процессы в котором в виду многообразия и дифференциации проводимых работ зачастую крайне сложно. Однако с развитием технологий многие ранее трудно осуществляемые процессы удалось автоматизировать и добиться значительного повышения производительности труда с улучшением качества получаемого продукта и без существенного повышения затрат.

Одной из наиболее эффективных, но в то же время материально и энергетически затратных операций в растениеводстве остается внесение удобрений. Основную долю применяемых агрохимикатов составляют твердые минеральные удобрения (ТМУ), большую часть которых вносят с помощью распределителей центробежного типа. Таким образом, при проведении операций по внесению твердых минеральных удобрений хозяйство несет материальные затраты на топливосмазочные материалы, агрохимикаты, техническое обслуживание, хранение и ремонт (ТОХР) техники, задействованной в проведении данной операции, заработную плату сотрудников [1]. Помимо положительного эффекта в виде повышения урожайности, все это значительно увеличивает себестоимость конечного продукта и вредное воздействие на экологию, поэтому актуальной становится задача оптимизации количества затрат путем эффективного внесения удобрений под конкретные условия и культуры с учетом наиболее полного числа факторов, влияющих на урожайность.

Эффект от применения минеральных удобрений зависит не только от грамотного подхода специалистов агрономических служб хозяйств, рассчитывающих необходимую дозу минеральных удобрений, но и от конечного звена технологической цепочки – сельскохозяйственных машин, в рассматриваемом случае – центробежных распределителей ТМУ. При внесении ТМУ лимитирующими факторами являются сроки проведения работ, правильный расчет доз вносимых удобрений и эффективность их применения. Последний фактор является основным при интенсивном сельскохозяйственном производстве и зависит от ряда условий: точная доставка удобрений на заданную площадь питания растений при подкормке или дифференцированном их внесении, а также равномерность их распределения.

Современные распределители ТМУ должны быть оснащены рабочими органами для обеспечения заданных параметров производственных технологических процессов, происходящих во время работы машины, и интеллектуальными системами управления данными технологическими процессами. Сельскохозяйственная техника оснащается специальными системами (GPS или ГЛОНАСС, компьютеры, спектральные анализаторы урожайности, параллельного вождения и подруливания и т.д.) – обобщенно системами точного земледелия.

Внедрение инновационных цифровых технологий в агрокомплексе растет в среднем на 22,5% в год. Согласно данным аналитической компании «Markets and Markets», в 2025 г. объем этого рынка составит

2,6 млрд долл. США [2]. Анализ рынка «умного» сельского хозяйства показал, что в данной области образовался отдельный сегмент рынка «Агро-тех» (AgTech), который несколько лет подряд обгоняет по темпам роста инвестиций FinTech, насчитывающий более 2 тыс. фирм, количество которых за последнее десятилетие увеличилось в 100 раз [2]. Однако в виду сложностей, возникающих с внедрением данных технологий в России (дороговизна, отсутствие практического опыта, техническая сложность, отсутствие стабильного покрытия сетей и т.д.) [3], по расчетам аналитиков компании «Grand View Research», Россия занимает около 2% мирового рынка интеллектуального сельского хозяйства с потенциалом огромного роста. Для сравнения: на долю США, где уровень проникновения новых технологий в сельское хозяйство самый большой (40-50% хозяйств), приходится более 40% мирового рынка [4]. Благодаря внедрению современных технологий в производство повышается точность внесения ТМУ, минимизируются возможные ошибки оператора, исключаются перекрытия и перерасход удобрений, снижается себестоимость проведения операций, увеличивается производительность работ, снижается экологическая (антропогенная) нагрузка на поля.

При изучении отечественного рынка распределителей ТМУ было выявлено, что представленного ассортимента техники российского производства недостаточно для удовлетворения потребности АПК как в количественном, так и в качественном отношении, а сама техника отстает в оснащении и интеллектуализации от своих европейских конкурентов. Частично проблема обеспеченности распределителями ТМУ центробежного типа решена импортом техники из стран СНГ, Турции, Кореи, Китая и Евросоюза и переносом производства на территорию Российской Федерации, которое, закрепляясь на отечественном рынке, конкурирует с российскими производителями.

Таким образом, на фоне санкционной политики в отношении России

и постоянного роста курса валют аграрии страны стоят перед сложным выбором: покупка зарубежной дорогой, но в то же время качественной современной и максимально оснащенной техники для внесения ТМУ или приобретение отечественных образцов техники, не всегда отвечающих современным требованиям и отстающих от зарубежных аналогов по многим показателям, в том числе надежности.

Цель исследования – анализ современных мировых тенденций развития распределителей твердых минеральных удобрений с перспективой создания современного конкурентоспособного, технологически и интеллектуально оснащенного разбрасывателя ТМУ на основе достижений отечественной и зарубежной промышленности.

Материалы и методы исследования

Руководствуясь опытом отечественного и зарубежного машиностроения, необходимо выявить наиболее значимые преимущества, недостатки и недоработки существующих конструкций распределителей ТМУ и учесть их при разработке нового образца.

Основные эксплуатационные параметры разбрасывателя: масса, ширина распределения удобрений, масса загружаемых удобрений, агрегатируемость, нормы внесения и типы вносимых агрохимикатов. Если рассматривать один и тот же класс разбрасывателей, то основные эксплуатационные параметры в той или иной степени лежат в определенных пределах независимо от производителя, а различия в них корректируются ассортиментом модельного ряда.

Отличия отмечаются в конструктивном, техническом и технологическом направлениях: конфигурация и геометрия распределяющих дисков и лопаток, их число на диске и материал; наличие регулировок и сменных комплектов лопаток; система подачи удобрений на распределяющие диски; системы дозирования удобрений; конструкция и привод ворошителей (мешалок); приводы

рабочих органов и исполнительных механизмов; цифровые компоненты; технологические параметры: частота вращения распределяющих дисков, ворошителей, скорость движения и др.

Результаты исследований и обсуждение

Технические и технологические передовые решения, предлагаемые мировыми лидерами по производству сельскохозяйственной техники для внесения ТМУ, во многом аналогичны разработкам российских специалистов.

Так, компании «Rauch» (Германия) и «Kuhn» (Франция) предлагают практически идентичные решения, внедряемые в распределители ТМУ. Существует два варианта привода рабочих органов – механический от ВОМ трактора и гидравлическая система. В распределителях с системой «AX-Drive» применяются повышающие редукторы, которые не требуют технического обслуживания и имеют защиту от перегрузки, вызываемой засором, неправильным управлением или жестким включением валов отбора мощности, предохраняющую всю трансмиссию (включая ворошители) [5, 6]. Привод ворошителей совмещен с приводом распределяющих дисков и передается на ворошители посредством возвратно-поступательного движения тяг (рис. 1). Частота вращения распределяющих дисков составляет 900 мин⁻¹ при частоте вращения центрального редуктора и ВОМ 540 мин⁻¹.

Помимо системы привода рабочих органов компания предлагает решение «VariSpread dynamic», которое позволяет из кабины трактора выставлять дозу внесения удобрений, положение заслонок и точки подачи удобрений на диск «SpeedServo», регулируя тем самым ширину и траекторию разбрасывания ТМУ. При этом в редукторах предусмотрена установка системы измерения крутящего момента с магнитным датчиком. Система бережной подачи удобрений «Granusafe» предназначена для обеспечения равномерной и точной подачи удобрений сначала на ло-



Рис. 1. Решения, применяемые на распределителях Rauch и Kuhn:

- 1 – гидравлическая система распределения;
- 2 – механическая система распределения;
- 3, 4 – система «SpeedServo» (для малой и большой рабочей ширины соответственно);
- 5 – ворошитель и дозирующая заслонка;
- 6 – система измерения крутящего момента с магнитным датчиком;
- 7, 8 – система «Airfin»

патки распределяющего диска, затем на поле. Это достигается благодаря: форме ворошителей с частотой вращения всего 17 мин⁻¹; оптимальной, по заявлению производителя, частоте вращения распределяющего диска – 900 мин⁻¹; близкому к центру расположению отверстий заслонки; стопорам турбулентности в форме щеток; конструкции распределяющих дисков с аэродинамическими воздушными заслонками «Airfin», которые служат для минимизации эффекта измельчения, крошения и излома гранул, а также предотвращения завихрения воздуха в сложных зонах разбрасывания [5, 6].

Гидравлический привод моделей Н-ЕМС поддерживает установленную скорость вращения диска и связанную с ней ширину захвата на постоянном уровне. Диски, приводимые в движение гидравлической системой трактора, не зависят от частоты вращения коленчатого вала и вала отбора мощности. Поэтому контур разбрасывания остается постоянным и может гибко корректироваться при движении по клиновидному полю.

Еще одно преимущество с точки зрения экологии и расходов – возможность разбрасывания удобрения при малых частотах вращения двигателя, что снижает расход топлива [6]. Все валы и угловые передачи работают в масляных или жировых ваннах для минимизации техобслуживания, защищены от пыли удобрения, грязи, влаги и механических повреждений жесткой каркасной конструкцией.

Оба производителя предлагают цифровые решения, которые позволяют дифференцированно вносить удобрения, осуществлять установку весовых датчиков и управление всей системой из кабины трактора, а также дают возможность подключения к бортовым компьютерам тракторов по системе ISOBUS. При пограничном внесении используется система позиционирования подачи удобрений на диск и перенаправляющие заслонки, например TELIMAT T25/T50.

Кроме того, разбрасыватели фирм «Rauch» и «Kuhn» оснащены блоками управления QUANTRON A/E-2, которые регулируют положение заслонок

в зависимости от скорости движения машинно-тракторного агрегата (МТА). Также они позволяют изменять дозу внесения удобрений, отключать секции с любой стороны, закрывать любую из двух заслонок в процессе внесения удобрений. Помимо этого, благодаря весовым датчикам и датчикам заполнения бункера они показывают массу удобрений в бункере.

Интересные решения реализованы в разбрасывателе фирмы «Bogballe» (Дания), в конструкции которого применена система Trend. Данная система позволяет распределяющим диском, оснащенным двумя двусторонними лопатками, вращаться как в стандартных распределителях (от оси движения трактора), так и благодаря системе реверса – навстречу друг другу (к оси движения трактора). При этом диски установлены на редукторах таким образом, что лопатки на левом и правом дисках образуют перпендикуляр, что препятствует образованию паразитных воздушных потоков и столкновению гранул удобрений, но снижает баланс системы. Переключение режимов осуществляется на остановленном распределителе с помощью системы тяг. Данное решение помогает при распределении на границах полей.

Ворошители имеют оригинальную форму, состоящую из шести спиц (три коротких и три длинных), которые установлены на эксцентрике, что объединяет поступательные и вращательные движения во время работы, при этом сам механизм защищен конусом. Общий вид систем Bogballe представлен на рис. 2 [7].

Аналогичные технические решения присутствуют и у разбрасывателей фирмы «Amazone». Так, система *Soft Ballistic System* предусматривает бережную подачу удобрений по распределяющей системе в центр распределительных дисков с наибольшей плотностью. Это возможно благодаря тому, что окружная скорость центров дисков ниже, что оказывает щадящее воздействие на удобрения.

С помощью трех комплектов распределительных лопаток можно

регулировать ширину захвата от 15 до 54 м. Для настройки распределительного устройства на различную рабочую ширину и вид удобрений распределяющую систему можно механически или электрически повернуть вокруг центра дисков (концентрично). Расстояние между местом подачи удобрений и центром распределительного диска всегда остается неизменным. Поворот распределяющей системы дает широкий диапазон ширины захвата. При этом в наиболее современных решениях используются сервоприводы для регулировки дозирования удобрений через бобовидные отверстия, обеспечивающие, по заявлению производителей, более точное дозирование удобрений.

Распределители оснащаются во-рошителями с электроприводом, кото-

рые способны регулировать скорость вращения и сигнализировать оператору о забивании дозирующего окна. При использовании дозирующего окна бобовидной формы картина распределения остается неизменной и точной даже при варьировании рабочей скорости, так что адаптации положения распределяющей системы не требуется. Непосредственно у выходных отверстий расположены щётки, щетина которых достигает верхнего края распределительных лопаток, так что удобрения надежно подаются на диски (рис. 3) [8].

Одно из самых современных решений фирма «Amazon» предлагает в вопросе пограничного внесения удобрений. Ранее для этих целей использовали системы заслонок, пере-

направляющих потоки удобрений. В настоящее время данную проблему решают с помощью системы поперечного распределения до границы поля Auto TS: сервомотор поворачивает распределяющую лопатку на 10°, так что удобрения при распределении по границам полей, а также вдоль канав, водоемов и дорог подаются на более короткие распределительные лопатки. За счет комбинации числа оборотов и более короткой лопатки удобрения выбрасываются значительно ближе без механического воздействия (см. рис. 3).

Однако для регулировки ширины разбрасывателя по-прежнему используется комплект сменных лопаток. Помимо системы Auto TS, функцию пограничного внесения ТМУ выполняет система Limiter.

Рис. 2. Решения, применяемые на распределителях фирмы «Vogballe»:
1 – система Trend;
2 – варианты применения системы Trend;
3 – ворошитель;
4 – работа распределительной системы

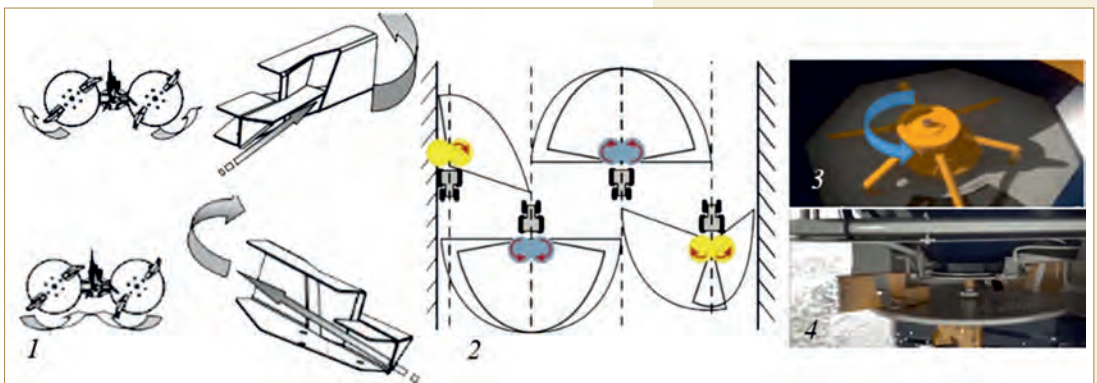
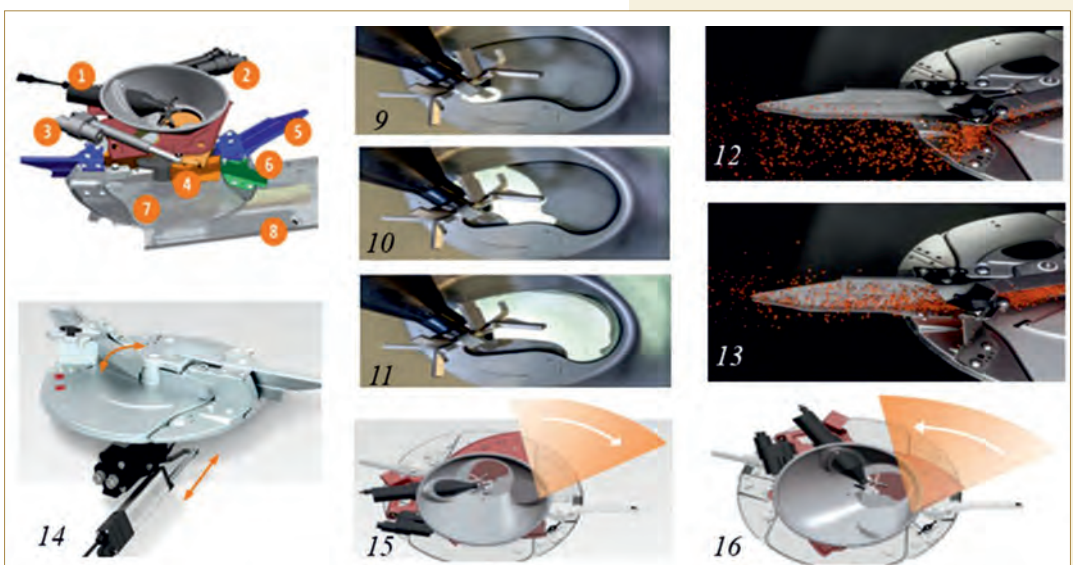


Рис. 3. Решения, применяемые на распределителях фирмы «Amazon»:
1 – сервопривод ворошителя;
2 – сервопривод для поворота распределяющей системы;
3 – сервопривод дозирования удобрений;
4 – направляющая лопатка;
5 – лопатка для пограничного распределения;
6 – лопатка для стандартного распределения;
7 – редуктор AutoTS;
8 – сервопривод AutoTS;



6 – лопатка для стандартного распределения; 7 – редуктор AutoTS; 8 – сервопривод AutoTS;

9, 10, 11 – работа бобовидной дозирующей заслонки в режимах от малых доз до максимальной дозы соответственно;

14, 15 – режимы работы системы AutoTS при пограничном и стандартном внесении соответственно;

16 – сервопривод системы Auto TS; 17, 18 – пример поворота дозирующей системы Soft Ballistic System

Она состоит из заслонки-дефлектора, которая приводится в движение гидроцилиндром и служит для изменения траектории полета гранул минеральных удобрений при пограничном их внесении [9]. Также некоторые образцы распределителей «Amazon» оснащены электронными системами, учитывающими направление и силу ветра и корректирующими внесение удобрений под конкретные условия, например Wind control [10].

Кроме того, компания «Amazon» предлагает широкий спектр возможностей и устройств, которые позволяют контролировать процесс внесения удобрений в режиме реального времени из кабины трактора – дозу, ширину распределения удобрений и другие параметры. Причем существующие системы рассчитаны на покупателей с разным уровнем доходов.

Компания «Kverniland» предлагает несколько решений по использованию гидравлических и механических приводов. Отличие механического привода заключается в том, что он имеет два режима работы и, соответственно, два центральных редуктора с разным набором внутренних шестерен. Это необходимо для использования разбрасывателя с тракторами, имеющими различную частоту вращения ВОМ (850 или 540 мин⁻¹) – рис. 4 [11].

Еще одной отличительной чертой разбрасывателей данного производителя является количество лопаток на распределяющих дисках и система Center Flow с разгонной камерой, внедренной в диск. По заявлению производителя, данные решения позволяют повысить равномерность распределения вносимых ТМУ. Всего зона распределения разделена на 16 секторов, 2 диска по 8 лопастей: 6 больших и 2 малых лопасти для рассеивания от 10 до 45 м в ширину (см. рис. 4).

В разгонной камере удобрение плавно ускоряется и распределяется под действием центробежной силы, после чего попадает на лопасти распределяющих дисков. Это позволяет минимизировать столкновения, разрушения и пылеобразование. Благодаря системе гранулы удобрения попадают на диск в одной и той же точке независимо от наклона разбрасывателя на склонах и проходят по всей длине лопасти, сходя с нее по траектории косинусоиды, чему способствует плоский диск, в отличие от других производителей [11].

Center Flow имеет два актуатора на каждом из дозаторов, один из которых контролирует точку подачи удобрений на диск, второй – норму внесения. Все настройки осуществляются из кабины трактора. Актуаторы управляются контроллером и обеспечивают

автоматическое отключение разбрасывания на разворотной полосе с помощью сигнала GPS.

Система дозирования состоит из трех окон по форме близких к круглой. Скорость вращения ворошилок на 15% ниже, чем у разбрасывающих дисков, что не совсем удовлетворяет требованиям неразрушаемости гранул, однако ворошитель имеет малые размеры и малую площадь контакта с гранулами ТМУ, что минимизирует негативные эффекты (см. рис. 4). Система оснащена функцией микродозирования, когда при настроенной дозе до 60 кг/га работает только одно окно дозирования с заслонкой, а если доза выше – открываются все три окна. Это позволяет более точно контролировать количество удобрений, поступающих на диск. Кроме того, для контроля расхода удобрений в системе установлены пять тензодатчиков – по краям бункера и в центре.

Для решения проблемы пограничного внесения и перекрытия зон разбрасыватели оснащаются уже зарекомендовавшими себя заслонками-рассеивателями, которые приводятся в движение гидросистемой ExactLine. Отключение одного из дисков осуществляется вручную либо электромеханическими муфтами (в случае механических редукторов), а также перекрытием клапанов из кабины трактора при гидравлическом

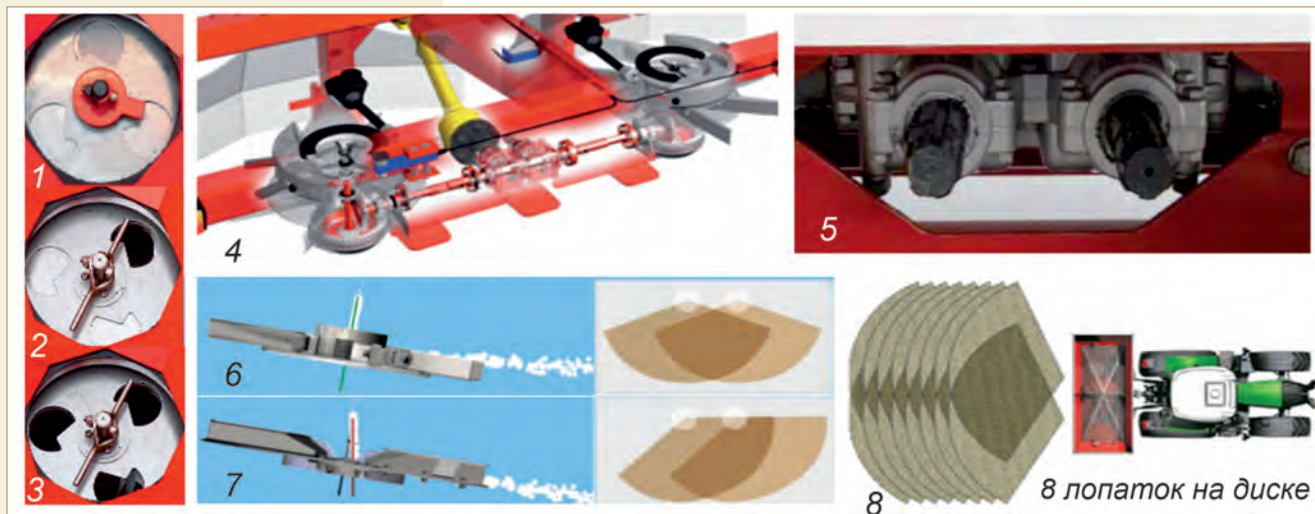


Рис. 4. Решения, применяемые на распределителях фирмы «Kverniland»:

1, 2, 3 – общий вид дозирующей системы: заслонка закрыта, на минимальной дозе, открыта полностью соответственно; 4, 5 – Общий вид механического привода и система двойного входа в центральный редуктор; 6, 7 – пример работы системы CentreFlow на склонах; 8 – работа дисков с восемью лопатками на диске

исполнении приводов. Разбрасыватели «Kverneland» оснащаются интеллектуальными системами GeoSpred и IsoMatch Tellus с визуализацией, что позволяет контролировать весь процесс из кабины трактора.

Все рассматриваемые производители предлагают широчайший спектр различных вспомогательных приспособлений, например, лестницы и подставки для удобного обслуживания разбрасывателя, смотровые и выгрузные окна контроля остатков удобрений и для удобной их выгрузки, предохраняющие дуги, осветительное оборудование, тенты на электроприводы для закрытия бункера. На всех моделях предусмотрена возможность увеличения вместимости бункера в несколько раз установкой надставок, что повышает универсальность и производительность данных агрегатов. Некоторые фирмы предлагают комплект шасси, на который устанавливается разбрасыватель с увеличенным бункером. Это позволяет использовать разбрасыватели с тракторами низкого класса тяги. Разбрасыватель превращается из навесного в прицепной. Все эти опции являются дополнительными и не влияют на качество внесения удобрений, однако повышают удобство использования и расширяют возможности техники.

Покраска, исполнение и материалы узлов, их компактность, металлоемкость конструкции всех рассматриваемых распределителей достигли высокого уровня и обеспечат при надлежащем обслуживании и уходе долгую и надежную работу. В комплекте с некоторыми разбрасывателями идут калибровочные колбы и лотки для настройки и проверки работы всех систем разбрасывателей перед началом использования.

Выводы

1. Проанализировав продукцию, предлагаемую зарубежными компаниями-лидерами по производству техники данной категории, можно сделать вывод: большинство решений в различном исполнении и под разными названиями в той или иной степени дублируются у всех производителей.

Прослеживается общий вектор развития данной техники.

2. Чаще всего в роли приводов для рабочих органов применяются механические редукторы в масляных или жировых ваннах или гидравлические системы, которые по функционалу более выгодны по сравнению с механическими приводами, но при этом имеют ряд недостатков, таких как нагрев масла при длительной работе, что снижает его вязкость (плотность) и, соответственно, уменьшает точность регулировок. При контакте с некоторыми видами удобрений возникают химические реакции, результатом которых может стать возгорание. Кроме того, гидросистема распределителя дает дополнительную нагрузку на гидросистему трактора, уменьшая ее ресурс.

3. Использование большего (более двух) числа лопаток разной длины позволяет более равномерно (послойно) распределять удобрения при меньшей частоте вращения (540 мин^{-1}), что положительно сказывается на сохранности гранул. Кроме того, использование ворошителей (мешалок) с отдельным приводом и низкой частотой вращения (колебания) уменьшает разрушение гранул в бункере. Системы регулирования точки подачи удобрений на распределяющий диск позволяют менять траекторию полета гранул, что применяется на пограничных участках или при перекрытиях. Системы пограничного разбрасывания требуют переосмысления и доработки, так как в настоящее время исполнение их очень сложное и требует значительных дополнительных вложений.

4. В ходе проведенного анализа выявлено, что на рынке не представлено разбрасывателей ТМУ с электрическими приводами рабочих органов. Такое решение позволило бы выполнять более плавную и точную регулировку частоты вращения распределительных дисков, повысить КПД устройства по сравнению с гидравликой и механическими редукторами. Это дало бы возможность регулировать все процессы из кабины трактора, в том числе изменять направление вращения

распределяющих дисков без промежуточных механизмов, например электромагнитных муфт, редуктора, электрических клапанов и др. [12, 13].

5. Использование современных композитных материалов, более стойких к коррозионному воздействию агрессивных сред и механическому влиянию минеральных удобрений, сделает машину более энергоэффективной, дополнительно уменьшив массу как самого агрегата, так и рабочих органов.

Список

использованных источников

1. Синхронизация работы разбрасывателя твердых минеральных удобрений и вспомогательных машин и механизмов / М.А. Гайбарян, Н.Н. Новиков, В.С. Тетерин, В.И. Сидоркин, Н.Н. Гапеева, М.М. Варфоломеева // Техника и оборуд. для села. 2021. № 4 (286). С. 15-19.
2. Artificial Intelligence in Agriculture Market by Technology (Machine Learning, Computer Vision, and Predictive Analytics), Offering (Software, Hardware, AI-as-a-Service, and Services), Application, and Geography – Global Forecast to 2026 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/ai-in-agriculture-market-159957009.html> (дата обращения: 13.08.2020).
3. Умное фермерство: Обзор ведущих производителей и технологий [Электронный ресурс]. URL: <https://geoline-tech.com/en/smartfarm> (дата обращения: 10.03.2020).
4. Интернет вещей в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cfo-russia.ru/issledovaniya/index.php?article=27819> (дата обращения: 02.04.2020).
5. RAUCH – Инновационные разбрасыватели удобрений [Электронный ресурс]. URL: <https://rauch.de/ru/razbrasivateli-udobrenii.html> (дата обращения: 06.04.2020).
6. Разбрасыватели удобрений [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kuhn.ru/ru/range/fertilisation/fertiliser-spreaders.html> (дата обращения: 13.04.2020).
7. FERTILISER SPREADERS [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bogballe.com/fertiliser-spreaders/> (дата обращения: 13.04.2020).
8. Распределители минеральных удобрений [Электронный ресурс]. URL: <https://www.amazone.ru/6.asp> (дата обращения: 17.04.2020).

9. Рост культур превзойдёт все ожидания! Современная техника для внесения удобрений как гарантия высокой урожайности [Электронный ресурс]. URL: <https://www.promintel-agro.ru/images/Amazone/ZG-B/zg-b.pdf> (дата обращения: 17.04.2020).

10. WindControl. Техника для внесения удобрений [Электронный ресурс]. URL: <https://amazone.net/ru/продукция-и-цифровые-решения/цифровое-решение/терминалы-и-оборудование/сенсорика/windcontrol-duengetechnik-169644> (дата обращения: 17.04.2020).

11. Дисковые разбрасыватели [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.kverneland.com/Razbrasyvateli/Diskovye-razbrasyvateli> (дата обращения: 21.04.2020).

12. Лабораторный стенд для исследования физико-механических свойств различных видов твердых минеральных удобрений и рабочих органов разбрасывателей центробежного типа / В.С. Тетерин, С.А. Пехнов, Н.С. Панферов, С.В. Митрофанов, Н.Н. Новиков, Д.Г. Сухоруков, Н.Н. Гапеева // Патент на изобретение 2748068 С1, 19.05.2021. Заявка № 2020136018 от 02.11.2020.

13. Теоретическое обоснование параметров рабочих органов разбрасывателя центробежного типа / М.Ю. Костенко,

М.А. Гайбарян, В.С. Тетерин, Н.С. Панферов, С.В. Митрофанов, Н.Н. Гапеева // Техника и оборудование для села. 2021. № 2 (284). С. 16-20.

Trends in the Development of Machines Fitted with Centrifugal Working Bodies for Surface Application of Solid Mineral Fertilizers

**N.S. Panferov, V.S. Teterin,
S.V. Mitrofanov, D.A. Blagov,
S.A. Pekhnov, D.G. Sukhorukov**

(Institute for Technical Support of Agriculture, a branch of VIM)

Summary. The main trends in the development of modern distributors of solid mineral fertilizers fitted with centrifugal working bodies are analyzed and their advantages and disadvantages are identified. The main problems of introducing digital technologies into domestic production are discussed and possible areas for the modernization and increase in the productivity of centrifugal-type solid mineral fertilizers are outlined.

Keywords: distributor, solid mineral fertilizers, fertilization, working bodies, control systems.

2-4 марта 2022



БОЛЕЕ 11 500 ПОСЕТИТЕЛЕЙ:
владельцы, руководители и ведущие
специалисты хозяйств, а также
региональные дилеры и молодые
специалисты

50 ДЕЛЕГАЦИЙ ФЕРМЕРОВ
из районов Ростовской области и Юга РФ

ВЫСТАВКИ

ИНТЕРАГРОМАШ АГРОТЕХНОЛОГИИ

190 экспонентов из России, Беларуси, Польши

Более 50 новинок в области сельхозтехники и агротехнологий

Более 35 деловых мероприятий для специалистов в рамках
Аграрного конгресса

23 000 м² выставочной экспозиции

180 единиц крупногабаритной прицепной и самоходной техники

130 брендов агрохимической продукции

Выставка «ИНТЕРАГРОМАШ» – это современная площадка
для демонстрации новинок в области сельхозтехники
аграриям юга России

Выставка «АГРОТЕХНОЛОГИИ» – это уникальная возможность
для компаний-производителей семян и удобрений презентовать
современные разработки конечным покупателям перед стартом
весенне-полевых работ

РОСТОВ-НА-ДОНУ, ПР. М. НАГИБИНА, 30
Тел. (863) 268-77-94; www.interagromash.net



Альтаир

РОСТСЕЛЬМАШ
Агротехника. Профессионалы



УДК 631.333.5:631.816.31

DOI: 10.33267/2072-9642-2021-12-25-28

Теоретическое обоснование движения гранул минеральных удобрений после схода с разбрасывающего диска

М.Ю. Костенко,

д-р техн. наук, проф.,
km340010@rambler.ru

В.С. Тетерин,

канд. техн. наук,
ст. науч. сотр., зав. отделом,
labio-giant@mail.ru

Н.С. Панферов,

канд. техн. наук,
ст. науч. сотр., зав. отделом,
nikolaj-panfyorov@yandex.ru

С.А. Пехнов,

ст. науч. сотр.,
pehnov@mail.ru

Д.С. Сухоруков,

ст. науч. сотр.,
logicd@mail.ru

А.С. Пехнов,

мл. науч. сотр.,
pehnovandrei@yandex.ru
(ИТОСХ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Аннотация. Рассмотрены процессы движения гранул твердых минеральных удобрений (ТМУ) после их схода с разбрасывающего диска распределителя ТМУ центробежного типа. Получены зависимости изменения факела распределения гранул ТМУ от изменения конструктивных параметров разбрасывающего диска, скорости его вращения, а также расположения выходного окна разгонной камеры.

Ключевые слова: твердые минеральные удобрения, внесение удобрений, распределитель, рабочие органы.

Постановка проблемы

В условиях современного конкурентного рынка сельскохозяйственной техники отечественные производители отстают от зарубежных фирм по многим параметрам, начиная от качества и надежности и заканчивая эргономикой и интеллектуализацией производимых сельскохозяйственных машин. Это наблюдается во всех сферах сельхозмашиностроения –

не исключением является и техника для агрохимического обеспечения сельского хозяйства, в частности, распределители ТМУ центробежного типа [1, 2]. Прежде всего, это связано с разным уровнем оснащенности и финансирования исследований, проводимых зарубежными и отечественными машиностроителями.

Основным и наиболее эффективным приемом повышения урожайности в растениеводстве по-прежнему остается внесение минеральных удобрений [3, 4]. Для этих целей при основном внесении ТМУ применяют разного рода распределители, подавляющее большинство которых работает по принципу центробежного распределения удобрений.

В настоящее время основными тенденциями развития распределителей ТМУ является автоматизация технологических процессов путем применения современных электронных и электромеханических компонентов, управляемых с помощью головного устройства (бортового компьютера) трактора или собственного, позволяющих при использовании навигации (GPS, Глонасс) вносить удобрения дифференцированно, т.е. в зависимости от необходимой расчетной дозы на конкретном участке поля.

Таким образом, распределение ТМУ как операция прочно закрепились в технологиях интеллектуального сельского хозяйства, которые направлены, прежде всего, на повышение точности внесения ТМУ, устранение зон перекрытия, что минимизирует перерасход минеральных удобрений и обеспечивает исключение человеческого фактора. Конечным исполнительным механизмом в цепочке технологических операций интеллектуального сельского хозяйства являются машины, выполняющие данную

операцию, т.е. распределители ТМУ с центробежными рабочими органами [5-8].

Основными качественными показателями работы центробежных распределителей ТМУ являются ширина захвата, точность и равномерность внесения. При этом качество выполненной работы в равной степени зависит как от грамотно поставленных задач и программного обеспечения, контролирующего выполнение данных операций, так и от рабочего органа, непосредственно распределяющего ТМУ по поверхности поля [9, 10].

Материалы и методы исследования

На процесс распределения ТМУ по поверхности поля влияют несколько независимых факторов: погодные условия (влажность и скорость ветра), фракционный состав удобрений и их физико-механические свойства, а также геометрические и технико-технологические параметры используемого распределителя ТМУ. Так как на два первых фактора существенного влияния оказать не представляется возможным, то рассматривать стоит параметры самого распределителя, влияющие на качество его работы. К таким параметрам относятся форма и частота вращения распределяющих дисков, количество и форма лопаток, материал, из которого изготовлены рабочие органы, дозирующие и управляющие механизмы, траектория и скорость полета гранулы и др.

В ходе теоретических исследований моделировался процесс работы разбрасывающего диска распределителя минеральных удобрений центробежного типа, оборудованного разгонной камерой. При проведении исследований использовались

методы математического анализа и компьютерного моделирования. При этом в процессе работы варьировались такие показатели, как длина лопаток, установленных на разбрасывающем диске, частота вращения диска и положение разгонной камеры.

Результаты исследований и обсуждение

В процессе работы разбрасывающего диска распределителя минеральных удобрений центробежного типа траектория полёта гранул удобрений определяется абсолютной скоростью схода их с диска, а также высотой расположения последнего над поверхностью земли. Расчетная схема к определению траектории полёта гранул удобрений представлена на рис. 1.

Дифференциальное уравнение траектории полёта гранул удобрений вдоль оси X с учётом понижения порядка будет иметь вид:

$$V \frac{dV}{dl_x} = -k_n V^2, \quad (1)$$

где V – скорость гранул минеральных удобрений при сходе с диска, м/с; l_x – расстояние, пройденное гранулой вдоль оси X, м;

k_n – коэффициент парусности.

Проинтегрировав выражение, получим:

$$\ln V = -k_n \cdot l_x + \ln C_1, \quad (2)$$

где C_1 – постоянная интегрирования.

Пропотенцировав уравнение (2), имеем:

$$V = C_1 e^{-k_n l_x}. \quad (3)$$

Для определения постоянной интегрирования подставим начальные условия для полёта гранулы удобрений, при $x = 0$ скорость гранулы $V = V_{нач}$. Следовательно, выражение для определения скорости полёта гранулы примет следующий вид:

$$V = V_{нач} e^{-k_n l_x}. \quad (4)$$

Определим дальность полёта гранулы удобрения, повторно проинтегрировав выражение (4):

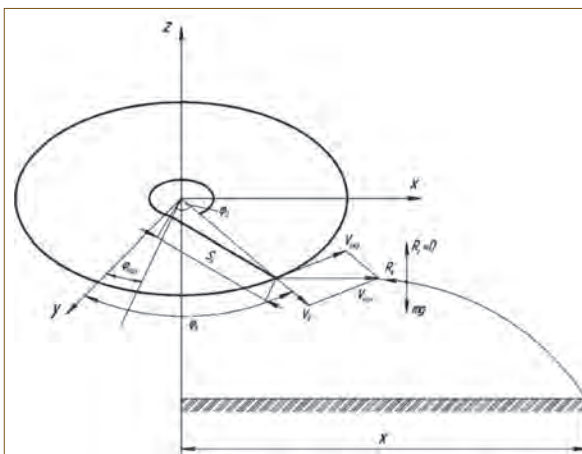


Рис. 1.
Расчетная схема
к определению
траектории полёта
гранул удобрений

$$\frac{1}{k} e^{k_n l_x} = V_{нач} t + C_2. \quad (5)$$

Определим постоянную интегрирования, исходя из начальных условий: при $t = 0, x = 0$

$$C_2 = \frac{1}{k_n}.$$

Подставив постоянную интегрирования, получим:

$$\frac{1}{k_n} e^{k_n l_x} = V_{нач} t + \frac{1}{k_n}. \quad (6)$$

Окончательное выражение для дальности полёта будет иметь вид:

$$l_x = \frac{\ln(k_n V_{нач} t + 1)}{k_n}. \quad (7)$$

Учитывая, что время полёта частицы в горизонтальном направлении

равно времени падения, можем записать:

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}}.$$

При этом следует учитывать, что из-за небольшой величины расстояния по вертикали сопротивление воздуха не будет оказывать существенного влияния на время падения. Тогда, подставив значение времени в уравнение (7), получим:

$$l_x = \frac{\ln\left(k_n V_{нач} \sqrt{\frac{2H}{g}} + 1\right)}{k_n}, \quad (8)$$

где H – высота расположения разбрасывающего диска над поверхностью земли, м.

Таким образом, зная начальную скорость, угол поворота диска

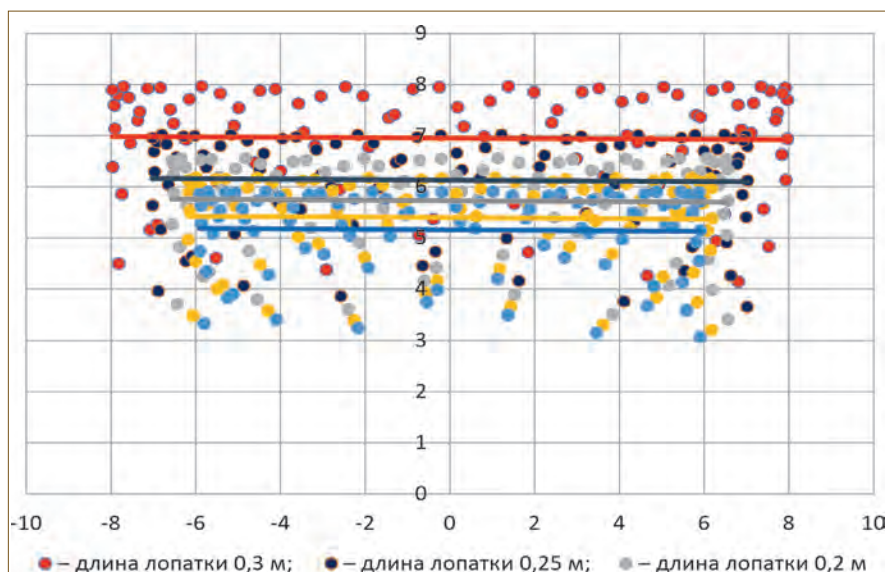


Рис. 2. Зона распределения удобрений для различных длин лопаток

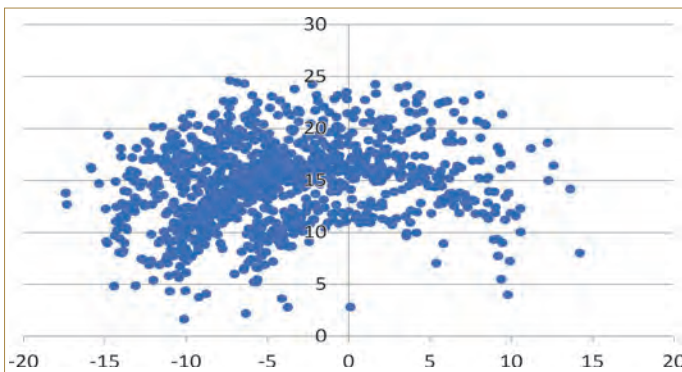


Рис. 3. Факел распределения ТМУ при частоте вращения диска 750 мин⁻¹

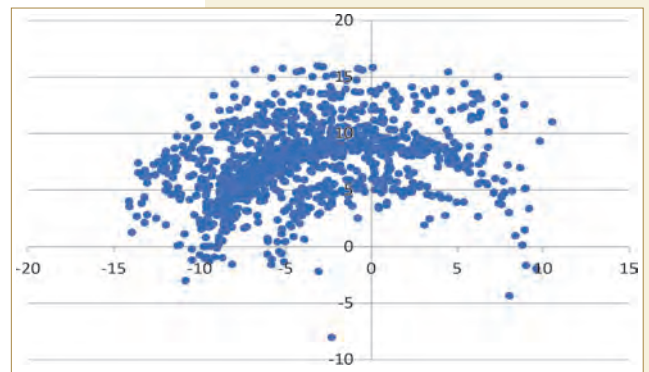


Рис. 4. Факел распределения ТМУ при частоте вращения диска 650 мин⁻¹

за время движения гранулы по лопатке, можно рассчитать не только дальность полёта гранулы, но и зону распределения удобрений.

Из уравнения (8) в программе Excel были найдены координаты частиц для различных длин лопаток и начальных точек выхода из разгонной камеры (рис. 2). Для построения диаграммы частота вращения диска принималась 650 мин⁻¹, коэффициент парусности гранул находился экспериментальным путём для нитроаммофоски и составлял примерно 0,07.

Из диаграммы видно, что при длине лопаток 0,3 м ширина зоны распределения составляет примерно 16 м, а её дальность – 8 м. В то же время при длине лопаток 0,1 м ширина зоны распределения снижается примерно до 12 м, а дальность – до 6 м. Таким образом, можно предположить, что рациональным будет использование разбрасывающего диска с комплектом лопаток разной длины.

Для уточнения факела распределения минеральных удобрений в программе 3DS Max были построены зависимости распределения гранул от частоты вращения диска. При этом для построения диаграммы использовалась модель диска со следующими характеристиками: общее число лопаток – 8, из которых 2 лопатки длиной 0,3 м, 2 – 0,25, 2 – 0,2 и 2 – 0,1 м. Частота вращения диска варьировалась от 550 до 950 мин⁻¹ (рис. 3, 4). Для сокращения времени итерации и получения при этом наиболее точных данных при моделировании процессов рассеивания ТМУ использовались ограниченное число и размер гранул.

Размер гранул был принят 3 мм (средняя фракция ТМУ), а их число – 1188 шт. При этом ввиду особенностей программы при моделировании не учитывался коэффициент сопротивления воздушной среды.

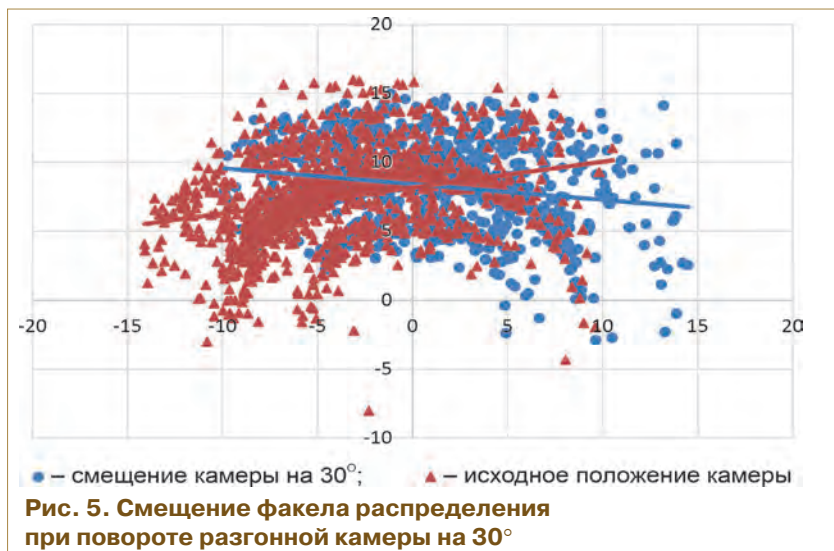
Из анализа графиков видно, что при снижении частоты вращения диска на 100 мин⁻¹ наблюдается снижение дальности распределения их на 10 м. Максимальная плотность распределения гранул по поверхности при частоте вращения диска 750 мин⁻¹ находится в интервале 15–25 м и составляет 3,52 гранулы на 1 м². При этом на частоте 650 мин⁻¹ наблюдается концентрация зоны повышенной плотности удобрений в интервале 5–10 м и её увеличение до 5,32 гранулы на 1 м². Также стоит отметить, что при снижении частоты вращения диска с 750 до 650 мин⁻¹ наблюдается увеличение плотности на дистанции до 5 м с 0,1 до 1,97 гранулы на 1 м² соответственно.

С помощью моделирования было установлено влияние расположения окна разгонной камеры на факел распределения удобрений (рис. 5).

Из анализа графика видно, что при смещении разгонной камеры на 30° по часовой стрелке наблюдается смещение факела распределения гранул минеральных удобрений в этом же направлении в среднем на 15°50', при этом параметры факела распределения остаются неизменными.

Выводы

В настоящее время при внесении ТМУ особое внимание уделяется их точному и равномерному распределению по поверхности поля. При этом при внесении удобрений по краю поля или на пограничных участках регулировка зоны распределения может осуществляться изменением ширины захвата распределителя и факела распределения. В результате



теоретических исследований было установлено следующее:

1. Изменение длины лопатки от 0,1 до 0,3 м приводит к увеличению ширины распределения ТМУ с 12 до 16 м, а дальности – с 6 до 8 м. При этом использование диска с лопатками различной длины позволит повысить равномерность распределения ТМУ по поверхности поля.

2. Варьирование частоты вращения диска приводит к изменению дальности и ширины рассева гранул удобрений, а также к их перераспределению и смещению зоны повышенной плотности.

3. Изменение положения разгонной камеры позволяет изменять направление факела распределения ТМУ в соответствующем направлении.

Таким образом, при работе распределителя твердых минеральных удобрений на пограничных участках регулировку зоны распределения можно осуществлять изменением частоты вращения разбрасывающего диска и поворотом разгонной камеры.

Список

использованных источников

1. Личман Г.И., Белых С.А., Марченко А.Н. Способы внесения удобрений в системе точного земледелия // С.-х. машины и технологии. 2018. Т. 12. № 4. С. 4-9.
2. Тетерина О.А., Костенко Н.А. Совершенствование машин для внесения

минеральных удобрений // Юность и знания – гарантия успеха – 2017 : сб. науч. тр. 4-й Междунар. молодежной науч. конф. В 2-х т. 2017. С. 202-205.

3. Li Z.X., Chi F.Q., Zhang J.M., Kuang E.J., Su Q.R. Effects of Long-Term Localized Fertilization on Nutrient Balance and Dynamic Change of Hu Molecular Structure in Black Soil // Spectroscopy and spectral analysis. 2018. Vol. 38. No 12. P. 3875-3882.

4. Geisseler D., Scow, K.M. Long-Term Effects of Mineral Fertilizers on Soil Microorganisms – A Review // Soil Biology and Biochemistry. 2014. Vol. 75. P. 54-63.

5. Панферов Н.С., Тетерин В.С., Пехнов С.А., Сухоруков Д.Г. Разработка лабораторного стенда для исследования рабочих органов распределителей удобрений центробежного типа // Техника и оборуд. для села. 2020. № 7 (277). С. 26-29.

6. Андреев К.П. Направление совершенствования машин для поверхностного внесения минеральных удобрений // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : сб. Рязань: РГАТУ им. П.А. Костычева. 2017. С. 17-21.

7. Костенко М.Ю., Гайбарян М.А., Тетерин В.С., Панферов Н.С., Митрофанов С.В., Гапеева Н.Н. Теоретическое обоснование параметров рабочих органов разбрасывателя центробежного типа // Техника и оборуд. для села. 2021. № 2 (284). С. 16-20.

8. Об инновационных технологиях в земледелии / И.Я. Пигоров, В.М. Солошенко, В.Н. Наумкин, А.В. Наумкин,

А.М. Хлопяников, Г.В. Хлопяникова // Вестник Курской ГСХА. 2016. № 3. С. 32-36.

9. Андреев К.П. Влияние неравномерности внесения удобрений на урожайность // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : сб. Рязань: РГАТУ им. П.А. Костычева. 2017. С. 13-17.

10. Совершенствование центробежных разбрасывателей для поверхностного внесения минеральных удобрений / К.П. Андреев, В.А. Макаров, А.В. Шемякин и др. // Вестник РГАТУ. 2017. № 1 (33). С. 54-59.

Theoretical Substantiation of the Movement of Mineral Fertilizer Pellets After Leaving the Spreading Disc

M.Yu. Kostenko, V.S. Teterin, N.S. Panferov, S.A. Pekhnov, D.S. Sukhorukov, A.S. Pekhnov

(Institute for Technical Support of Agriculture, a branch of VIM)

Summary. The processes of movement of pellets of solid mineral fertilizers after their leaving the spreading disc of the solid mineral fertilizer centrifugal distributor are described. The dependences of the change in the pellet distribution plume on the change in the design parameters of the spreading disc, the speed of its rotation, as well as the location of the outlet window of the accelerating chamber are obtained.

Keywords: solid mineral fertilizers, fertilization, distributor, working bodies.

Вниманию читателей!

Условия подписки на журнал «Техника и оборудование для села» на 2022 год

Подписку можно оформить в почтовых отделениях связи Российской Федерации (индекс в Объединенном каталоге «Пресса России» – 42285) или непосредственно через редакцию на льготных условиях.

Стоимость подписки через редакцию

Стоимость	На один месяц	На полугодие	На год
По Российской Федерации, включая НДС (10%), руб.	880	5280	10560

Подписку можно оформить с любого месяца на любой период текущего года, перечислив деньги на наш расчетный счет.

Банковские реквизиты:

УФК по Московской области
(Отдел № 28 Управления Федерального казначейства по МО)
ФГБНУ «Росинформагротех» л/с 20486Х71280
Банк плательщика: ГУ БАНКА РОССИИ ПО ЦФО// УФК по Московской области, г. Москва
Единый казначейский счет 40102810845370000004
Казначейский счет 03214643000000014800
БИК банка 004525987

Адрес редакции: 141261, Московская обл., р.п. Правдинский, ул. Лесная, 60, ФГБНУ «Росинформагротех»

Справки по телефону (495) 993-44-04
E-mail: fgnu@rosinformagrotech.ru

УДК 631.431.73

DOI: 10.33267/2072-9642-2021-12-29-31

Способ определения давления пневматического колеса на почву

А.Н. Зазуля,
д-р техн. наук, проф.,
директор,
zazulja_an@rambler.ru

О.Б. Филиппова,
д-р биол. наук,
гл. науч. сотр.,
(ФГБНУ ВНИИТиН);

И.Г. Голубев,
д-р техн. наук, проф.,
зав. отделом,
golubev@rosinformagrotech.ru
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

Аннотация. Предложен способ определения давления пневматического колеса на почву, заключающийся в измерении величины вертикальных ускорений мостов самоходной машины, скорости ее движения и давления воздуха в шине. Результаты исследования позволяют разработчикам мобильных средств с пневматическими колесами выбрать рациональные характеристики шин и оптимальные параметры колебательной системы колесных тракторов, способствующие уменьшению уплотнения почвы.

Ключевые слова: самоходная машина, пневматическая шина, почва, давление, уплотнение.

Постановка проблемы

Переход к прогрессивным технологиям в сельскохозяйственном производстве дает возможность существенно повысить продуктивность в растениеводстве и животноводстве, а также качество выпускаемой продукции. Для этого необходима техническая модернизация агропромышленного комплекса, которая предусматривает обновление его базы отечественной сельскохозяйственной техникой [1]. В 2020 г. в рамках ведомственного проекта «Техническая модернизация агропромышленного комплекса» было поставлено 8523 ед. сельскохозяйственной техники, в том числе 1279 тракторов, 1866 комбайнов, 5378 ед. других видов техники [2]. Обновлению отечественной сельскохозяйственной техники способствуют различные меры государственной и региональной поддержки [3]. Для участия в квалификационном отборе для получения субсидии разработан перечень критериев определения функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования. Одним из параметров функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники является, например, для колесных тракторов, максимальное давление движителей на почву [4].

Колесные тракторы К-700 и Т-150К начали использоваться в стране с 1964 г. Их масса и нагрузка на единичное колесо превышала аналогичные показатели предшественников в 2,5-4 раза. Однако за прошедшие годы масса машинно-тракторных агрегатов (МТА) и автомобилей значительно возросла. Подобная тенденция наблюдается и за рубежом. При этом увеличились также средние и максимальные значения давления на почву. Все это привело к тому, что из-за уплотнения почвы движителями современной сельскохозяйственной техники значительно возрос недобор урожая различных культур как в год ее обработки, так и в последующие годы. Кроме того, повысилось сопротивление обработке, увеличились глыбистость и глубина распространения значительного уплотнения почвы.

Основным фактором, влияющим на уплотнение почвы, является давление ходовой системы, т.е. отношение вертикальной нагрузки на колесо к контурной площади контакта шины с почвой [5]. Следует учесть, что площадь контакта движущейся шины отличается от площади контакта неподвижного колеса. Она в основном зависит от размера шины, давления воздуха в ней, характеристик почвы, параметров агрофона и скорости движения машины. С повышением рабочих скоростей при выполнении технологических операций в сельскохозяйственном производстве вырос уровень вибронегативности самоходных машин, возросло их силовое воздействие на опорную поверхность. Низкочастотные случайные колебания агрегата, вызванные агрофоном, приводят к тому, что силовая нагрузка на ось колеса возрастает в 2-2,9 раза по сравнению с соответствующей статической нагрузкой. Отсутствие методов расчета динамических давлений шины на почву не позволяет определить количественно их действительную величину, поэтому есть необходимость экспериментально определять динамические свойства почвы при взаимодействии с колесом пневматического мобильного средства.

При движении пневмоколесного мобильного средства общий уровень колебаний почвы зависит как от параметров его эквивалентной колебательной системы, так и от динамических свойств почвы, находящейся под пятном контакта пневматического колеса. Теоретические и экспериментальные исследования различных ученых показывают, что частоты собственных колебаний колесного трактора при его движении по почве и жесткой опорной поверхности имеют существенное различие.

Существующий метод определения средних контактных давлений пневматического колеса мобильных средств на почву заключается в измерении площади пятна контакта колеса и нагружающей его массы и последующем вычислении среднего контактного давления.

Анализ показал, что он довольно приблизительно описывает напряжения, возникающие в почве при качении ведущих колес пневмоколесного средства [6]. Поэтому исследование и разработка способа определения упруго-демпфирующих свойств почвы, находящейся под пятном контакта с колесом, является актуальным.

Цель исследований – разработка способа определения давления пневматического колеса трактора на почву.

Материалы и методы исследования

Учитывая, что при движении колесных машин по полю главным деформатором почвы являются нормальные нагрузки, передающиеся от колеса на почву, опыты проводили при ведомом режиме работы колеса, чтобы исключить ошибки при измерениях, связанные с горизонтальными смещениями почвы [7, 8]. Перед проведением испытаний с помощью напольных весов определяли нагрузку, приходящуюся на ось каждого из колес трактора.

При полевых исследованиях получали зависимости давлений шины на почву от следующих факторов:

v – скорость движения, м/с;

$P_{ш}$ – давление воздуха в шине, кПа;

$\ddot{x}$ – величина вертикальных ускорений мостов самоходной машины, м/с².

Мгновенное значение вертикальной нагрузки на ось трактора определяли по формуле

$$G_{\partial} = m(g \pm \ddot{x}),$$

где m – масса, нагружаемая на ось, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ результатов экспериментальных исследований по определению нагрузок на оси качения колес трактора показывает, что с увеличением скорости движения и давления воздуха в шине величина ускорения осей качения трактора возрастает и колеблется в диапазоне 0,02-0,38g в зависимости от микрорельефа поля. Увеличение ускорений осей трактора приводит к значительному возрастанию динамических нагрузок. Если в статике нагрузка на заднюю ось трактора Т-150К составлял $G_{ст} = 27$ кН, то в динамике при ускорении 0,38g максимальные нагрузки достигают значения $G_{\partial} = 37,2$ кН, т.е. динамические значения нагрузок превышают статические на 33-40%.

Известно, что в шинах низкого давления ширина следа протектора практически равна ширине самого протектора, следовательно, изменение площади пятна контакта пропорционально изменению его длины. Поэтому, чтобы вычислить мгновенную контурную площадь пятна контакта шины с почвой, достаточно измерить мгновенное значение длины большой оси эллипса. Результаты поисковых исследований позволили разработать специальное измерительное колесо, созданное на базе стандартного колеса типа 21.3R24 трактора Т-150К. Блок-схема измерительного колеса показана на рис. 1.

В измерительное колесо вмонтированы одинаковые сопротивления, последовательно соединенные между

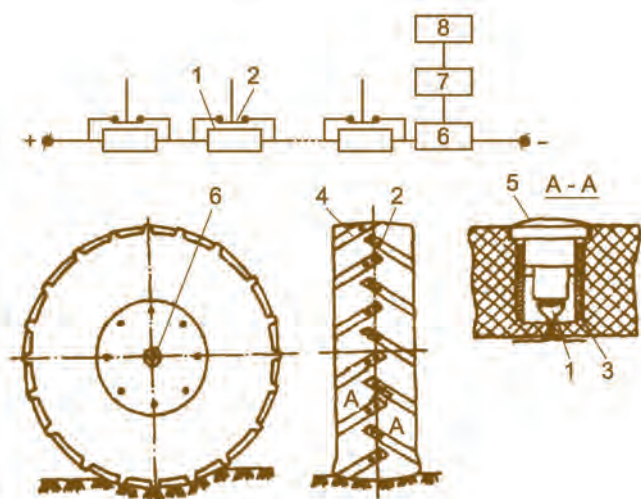


Рис. 1. Блок-схема измерительного колеса:

1 – сопротивление; 2 – кнопочные переключатели; 3 – втулки; 4 – грунтозацепы; 5 – защитные колпачки; 6 – токосъемное устройство; 7 – усилитель; 8 – регистрирующий прибор

плюсовыми и минусовыми контактами, электрические нормально замкнутые кнопочные переключатели с защитным колпачком, включенные параллельно с сопротивлениями и ввернутые втулками в грунтозацепы протектора. Электрический сигнал через токосъемное устройство и усилитель поступает к регистрирующему прибору.

Принцип работы измерительного колеса состоит в следующем. При движении колеса по почве кнопки, находящиеся в области пятна контакта, размыкаются, а общее сопротивление в цепи определяется количеством одновременно включенных сопротивлений. Изменяющийся при этом ток регистрируется прибором.

В процессе проведения опытов на ленте осциллографа ведется синхронная запись величины ускорений оси качения трактора, отражающая динамическую нагрузку, значения мгновенной длины контакта шины с почвой, характеризующие мгновенную площадь пятна контакта, и время опыта. Опыты проводили при различных скоростях движения и давлении воздуха в шине на двух агрофонах – паровом поле и стерне. При доверительной вероятности 0,95 погрешность измерений составляла 15% от среднего значения измеряемой величины. Зависимость динамических нагрузок на оси качения от величины вертикальных ускорений оси качения трактора показана на рис. 2.

Зависимость давления шины на почву от величины вертикальных ускорений оси качения трактора показана на рис. 3.

Анализ полученных зависимостей показал, что возрастание динамических нагрузок на осях качения трактора в интервале ускорений 0,1-0,4g составляет 42,2% от статического значения, а увеличение площади пятна контакта – только 9%. Вследствие этого величина контактных давлений при движении превышает среднестатистическое значение в 1,32 раза. Установлено, что максимум энергии процесса колебаний и изменения длины пятна контакта

приходится на диапазон частот 2-2,5 Гц, что соответствует значениям собственных колебаний трактора Т-150К, и при скоростях движения колесного трактора 3,5-4,6 м/с он попадает в резонансную полосу динамических нагрузок.

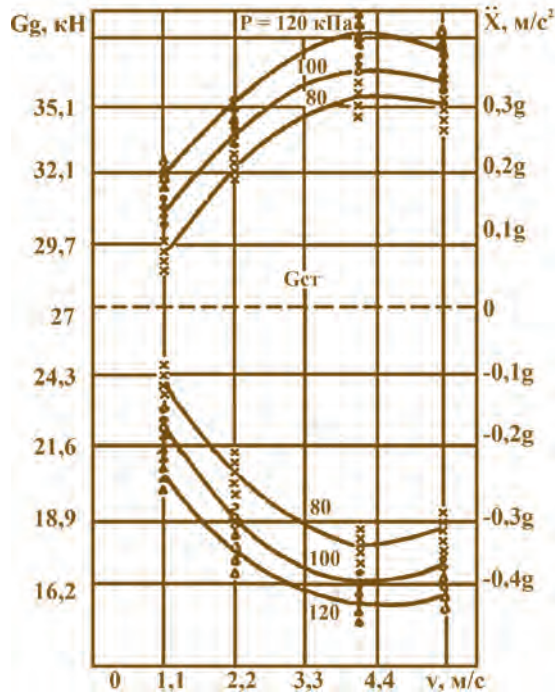


Рис. 2. Зависимость динамических нагрузок на оси качения от величины вертикальных ускорений оси качения трактора:

G_d – вертикальная динамическая нагрузка на ось трактора;
 $G_{ст}$ – вертикальная статическая нагрузка на ось трактора;
 v – скорость движения машины;
 P – давление воздуха в шине;
 $\ddot{x}$ – величины вертикальных ускорений мостов самоходной машины; g – ускорение свободного падения

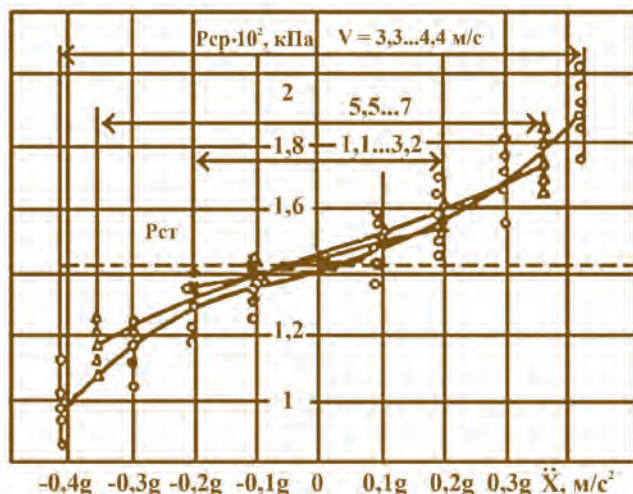


Рис. 3. Зависимость давления шины на почву от величины вертикальных ускорений оси качения трактора:

$P_{ст}$ – статическое давление воздуха в шине;
 $P_{ср}$ – среднестатистическое давление воздуха в шине

Выводы

1. Предложен способ определения давления пневматического колеса на почву, основанный на измерении мгновенного значения вертикальной нагрузки на ось колесной машины, скорости ее движения и давления воздуха в шине.
2. Рост динамических нагрузок на осях качения трактора в интервале ускорений 0,1-0,4 g по сравнению со статическим значением составляет 42,2%.
3. Величина контактных давлений пневматического колеса на почву при движении превышает его среднестатистическое значение в 1,32 раза.
4. Предложенный способ измерения динамических свойств грунта позволяет повысить точность расчетов уровней колебаний (коэффициенты жесткости и демпфирования эквивалентных колебательных систем), что дает возможность исследователям и разработчикам мобильных пневмоколесных средств выбрать рациональные характеристики шин и оптимальные параметры колебательной системы колесных мобильных средств.

Список использованных источников

1. Бурак П. И., Голубев И. Г. Состояние и перспективы обновления парка сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. 2019. № 10. С. 2-5.
2. Бурак П. И., Голубев И. Г. Обновление парка сельскохозяйственной техники в рамках реализации ведомственного проекта «техническая модернизация агропромышленного комплекса» // Техника и оборудование для села. 2021. № 6 (288). С. 2-5.
3. Бурак П. И., Голубев И. Г. Результаты реализации мер поддержки обновления парка сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. 2020. № 6. С. 2-5.
4. Бурак П. И., Голубев И. Г., Федоренко В. Ф., Мишуров Н. П., Гольяпин В. Я. Состояние и перспективы обновления парка сельскохозяйственной техники. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 156 с.
5. Годжаев З. А. Исследование давления колесного движителя на почву с учетом характеристики шины / З. А. Годжаев, А. Ю. Измайлов, В. Г. Шевцов, А. В. Лавров, А. В. Русанов // С.-х. машины и технологии. 2016. № 1. С. 5-10.
6. Золотаревская Д. И. Метод расчета показателей напряженно-деформированного состояния и уплотнения почвы при работе и после остановки колесного трактора // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7. Ч. 5. С. 754-763.
7. Зазуля А. Н., Цвик Б. Д. Динамика сельскохозяйственных машин и агрегатов. М.: Росинформагротех, 1997. 236 с.
8. Зазуля А. Н., Филиппова О. Б. Метод определения динамических свойств почвы // Актуальные вопросы совершенствования систем земледелия в современных условиях: матер. Всерос. науч.-практ. конф. (с международным участием). 2020. С. 338-341.

Method for Determining the Pressure of a Pneumatic Wheel on the Soil

A. N. Zazulya, O. B. Filippova

(FSBSI ARIMPA)

I. G. Golubev

(Rosinformagrotekh)

Summary. A method for determining the pressure of a pneumatic wheel on the soil is proposed. The method consists in measuring the magnitude of the vertical acceleration of the axles of a self-propelled vehicle, its speed and air pressure in the tire. The research results allow the developers of vehicles fitted with pneumatic wheels to choose rational characteristics of tires and optimal parameters of the oscillatory system of wheeled tractors, which help to reduce soil compaction.

Keywords: self-propelled machine, pneumatic tire, soil, pressure, compaction.

УДК 631.55

DOI: 10.33267/2072-9642-2021-12-32-36

Сравнительные показатели перевозок зерна при разгрузке комбайнов на краю поля

В.И. Скорляков,

канд. техн. наук,
вед. науч. сотр.,
skorlv@yandex.ru

А.Н. Назаров,

науч. сотр.,
naz.and.nik.1969@yandex.ru

Д.А. Петухов,

канд. техн. наук,
зам. директора по науч. работе,
dmitripet@mail.ru
(Новокубанский филиал
ФГБНУ «Росинформагротех»
[КубНИИТИМ])

Аннотация. По результатам сравнительного опыта в производственных условиях определены показатели перевозок зерна автомобилями при разгрузке комбайнов на краю поля.

Ключевые слова: уборочно-транспортный процесс, автомобиль, зерноуборочный комбайн, разгрузка на краю поля, сравнительные показатели.

Постановка проблемы

Повышение урожайности зерновых колосовых культур в южных степных регионах и приобретение хозяйствами комбайнов с большой вместимостью бункеров обуславливают необходимость применения для транспортировки зерна большегрузных автомобилей, что приводит к превышению допустимого давления на почву. Так, известно, что узкопрофильные шины автомобилей с повышенной грузоподъемностью (МАЗ, КамАЗ и др.) с внутренним давлением в них порядка 0,6-0,84 МПа и нагрузкой на одно колесо до 3-4 т вызывают катастрофические для почвы давления и напряжения, превышающие максимально допустимые в 6-8 раз [1]. По оценкам разных авторов, проблема переуплотнения почвы колесами автомобилей при уборке зерновых культур намного острее, чем уплотнение ее от колес комбайнов.

При достигнутых в южных степных регионах высоких уровнях урожайности заполнение и разгрузка зерна из бункера происходят практически на каждом проходе комбайна по полю, а при урожайности более 80-100 ц/га возможно по две разгрузки, т.е. число заездов на поле транспортных средств сопоставимо с числом проходов комбайнов.

Повышенная динамика ходовых систем автомобилей при движении по стерневому фону с коротким шагом неровностей поля приводит к превышению статической нагрузки в 3,8-5,9 раза [2]. При этом в диапазоне скоростей движения 14-40 км/ч вибрационная нагрузка на водителя в 2,5-3,5 раза превышает санитарные нормы, установленные требованиями СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Рассредоточенность мест разгрузки бункеров комбайнов, а следовательно, постоянный и продолжительный проезд автомобилей по полю вызывает нестабильность рабочих циклов автомобилей, что приводит к вынужденному планированию и применению завышенного числа автомобилей для исключения простоев комбайнов. Это, в свою очередь, увеличивает потери времени на их пребывание на поле в ожидании очередной выгрузки зерна.

Анализ отечественных и зарубежных литературных источников по уплотняющему воздействию двигателей мобильных машин, проведенный В.В. Слюсаренко [3], подтверждает, что негативное воздействие со стороны машин на почву приводит к увеличению ее плотности на 30,6 % (до 1,6-1,8 г/см³) и твердости (до 100-120 Н/см), ухудшению макроагрегатного состава, нарушению водного, воздушного и теплового режимов и снижению урожайности зерновых на 20-30 %. Глубина переуплотнения почвы ходовыми органами тяжелых

уборочных и транспортных машин достигает 0,8-1 м и, если пахотный слой в процессе почвообработки может быть разуплотнен, то расположенная ниже и не подвергаемая механическому разуплотнению прослойка сохраняется до нескольких лет.

Острота проблемы переуплотнения и деградации почвы под воздействием современных уборочных и особенно транспортных машин вызвала логичные рекомендации ученых о запрете передвижений большегрузных автомобилей по полям [4-6]. В связи с этим необходимы поиск и сравнительная оценка других вариантов уборочно-транспортного процесса, среди которых наиболее предпочтителен вариант с разгрузкой комбайнов на краю поля.

Цель исследований – определение сравнительных показателей перевозок зерна автомобилями при разгрузке комбайнов на краю поля.

Материалы и методы исследований

Необходимые изменения работы комбайнов для разгрузок на краю поля. Чтобы обеспечить применение большегрузных автомобилей в рамках двухзвенной схемы без проездов их по полю и снизить производительность комбайнов необходимо организовать работу последних так, чтобы заполнение бункера наступало при подходе к краю поля. Применительно к типичным условиям южных степных регионов страны с развитой сетью и стабильным состоянием полевых дорог, а также с преимущественно выравненным рельефом и прямоугольной формой полей наиболее результативно решению данной задачи соответствует новый способ прямого комбайнирования (патент № 2695452) [7], сущность которого заключается в следующем:

- новая совокупность взаимосвязанных режимов работы зерноуборочных комбайнов (рабочая ширина захвата жатки и рабочая скорость), определяемая в зависимости от условий поля (урожайность, длина гона) при сохранении оптимальной загрузки молотилки;

- работа комбайна челночным способом (без холостых переездов в пределах загонок) при исключении проездов по полю транспортных средств;

- выгрузка зерна из заполненного бункера в транспортные средства на краю поля (преимущественно с одной его стороны).

Этот способ комбайнирования имеет теоретическое обоснование [8], экспериментально установленное повышение производительности комбайнов до 6,7 % и возможность увеличения плеча перевозок зерна при условии бесперебойной работы комбайнов [9].

Настройка комбайна для работы по новому способу производится следующим образом. Накануне уборки оценивают урожайность зерна методами отбора проб колосьев или пробных обмолов [10]. С использованием полученных значений урожайности и длины гона на полях (с учетом исключения ширины поворотных полос после обкосов) проводят предварительный расчет необходимой ширины рабочей части жаток для имеющихся комбайнов, а также числа проходов по полю до заполнения бункера (с учетом вместимости) по формулам, приведенным в описании патента

№ 2695452 [7] и статье [8]. Перед началом работы до комбайнеров доводят информацию о полученных значениях рабочей ширины жатки и рабочей скорости из условия оптимальной подачи в молотилку.

Для обеспечения точности вождения, если расчетная ширина жатки меньше, чем рабочая, центральные валы жаток комбайнов раскрашивают полосами разного цвета (рис. 1).

Условия и организация сравнительного полевого опыта. Сравнительную оценку эксплуатационных показателей автомобилей при разгрузке комбайнов на краю поля проводили на уборке озимой пшеницы, на поле I, научного севооборота КубНИИТиМ общей площадью 75 га, с урожайностью 57,1 ц/га и удалением от тока на 6,4 км. Поле было обкошено со всех сторон на ширину 28 м и разделено на две равные части посредством прокоса для уборки соответственно базовым и новым способом. Контрольные загонок были одинаковыми по длине.

В сравниваемых вариантах работали по четыре комбайна разных марок. Сравнительной оценке подвергали показатели автомобилей в составе одинаковых уборочно-транспортных звеньев: КамАЗ-5320+Дон-1500Б (2 шт.) и ЗИЛ-554+Дон-1500Б. Прямое комбайнирование по вариантам способов



Рис. 1. Разметка вала мотовила комбайна Дон-1500Б

уборки проводили при одинаковых подаче зерносоломистой массы в молотилки, высоте среза растений и режиме работы измельчителей-разбрасывателей.

Участок поля для нового способа уборки посредством прокоса был разделен на две равные части с получением в каждой из них по две боковые стороны для челночных проходов четырех комбайнов и работы каждого из них на выделенной стороне. При этом работа комбайнов новым способом по результатам расчета рабочей ширины жатки обеспечивала заполнение их бункеров при подходе к краю поля при каждом двойном проходе по длине гона (рис. 2-3).

В базовом варианте комбайны работали загонным способом с соответствующими переездами при поворотах в пределах загонок. На половине поля с базовым способом уборки прокосы выполнялись в соответствии



Рис. 2. Выгрузка зерна в новом варианте работы на краю поля в автомобиль КамАЗ-5320



Рис. 3. Выгрузка зерна в новом варианте работы на краю поля в автомобиль ЗИЛ-554

с действующими рекомендациями [11] – в среднем через 110-120 м для работы комбайнов «в раскос» с последующим переходом на работу «в свал». Автомобиль при подъезде к загонке двигался по дороге, затем от края поля до комбайна с заполненным бункером – по полю.

Из-за рассредоточенности комбайнов каждого варианта по ширине отведенных участков поля в рамках устоявшейся хозяйственной практики было проведено закрепление автомобилей за конкретными комбайнами. Это позволило исключить нерациональные их проезды в поисках комбайна с наименьшим временем до выгрузки зерна.

В процессе работы за всеми комбайнами и автомобилями осуществлялись хронометражные наблюдения. Кроме того, фиксировалось время прибытия автомобилей для взвешивания и масса привезенного зерна. Интервалы времени между разгрузками и другие сравнительные эксплуатационно-технологические показатели комбайнов, полученные в результате опыта, представлены в публикации [12]. Сравнительную оценку работы автомобилей проводили по показателям производительности, расхода топлива, продолжительности рабочих циклов, массы перевозимого зерна в единицу времени.

В связи с большей удаленностью участка поля в базовом варианте и дополнительными передвижениями автомобилей непосредственно по полю при расчете показателей учитывали разные значения пробега в рабочем цикле: соответственно 14,47 и 12,87 км. Оценку израсходованного топлива проводили методом «долива до полного бака» по счетчику заправочного устройства поочередно по мере завершения рабочих циклов отвоза зерна и разгрузки на току.

Результаты исследований и обсуждение

Сравнительные эксплуатационные показатели автомобилей в базовом и новом вариантах работы. Сравнительной оценке были подвергнуты уборочно-транспортные звенья одинакового состава, но на

Таблица 1. Средняя продолжительность элементов рабочих циклов автомобилей при отвозе зерна от комбайнов по вариантам работы, с

Показатели	ЗИЛ-554		КамАЗ-5320	
	вариант работы		вариант работы	
	новый	базовый	новый	базовый
Проезд от края поля к комбайну	-	65	-	91
Ожидание приема зерна	117	593	152	180
Прием зерна из бункера в кузов	129	128	245	249
Проезд от комбайна к краю поля	-	75	-	134
Проезд от края поля на ток	520	576	397	588
Взвешивание и выгрузка	112	112	386	386
Проезд от тока на край поля	504	512	375	566
Продолжительность цикла (по времени прибытия на весовую), мин	25	34	25,7	36,7

показатели автомобилей оказывали влияние различия технологического процесса уборочных машин в новом и базовом способах. Необходимость уменьшения рабочей ширины жатки в новом способе (для заполнения бункера за целое число гонов) вызывает потребность увеличения рабочей скорости (для обеспечения равенства подачи в молотилку), что сокращает продолжительность работы комбайна между разгрузками.

Каждый из автомобилей КамАЗ-5320 отвозил зерно от двух комбайнов Дон-1500Б с жатками шириной 6 и 7 м. ЗИЛ-554 в базовом варианте отвозил зерно от комбайна Акрос 550, а в новом – от Дон-1500Б с жаткой шириной 6 м. Анализ результатов хронометражных наблюдений позволил установить, что средняя продолжительность рабочего цикла автомобилей в новом варианте уборки была значительно меньше, чем в базовом: для автомобиля ЗИЛ-554 – 25 вместо 34 мин, для КамАЗ – 25,7 вместо 36,7 мин (табл. 1).

Причина большей продолжительности рабочих циклов автомобилей в базовом варианте – необходимость проезда по полю с невысокой скоростью к местам выгрузки бункеров комбайнов. Как видно из табл. 1, это особенно проявляется при приеме зерна КамАЗами от двух комбайнов (средние затраты времени на проезд к комбайнам и обратно – соответственно 91 и 134 с). Затраты времени у автомобиля ЗИЛ-554 были меньше – в среднем соответственно 65 и 75 с.

Таким образом, на передвижение по полю (до комбайнов и обратно) в базовом варианте ЗИЛ тратил 2,33 мин, КамАЗ – 3,75 мин. При этом один из двух комбайнов, обслуживаемых КамАЗом, выгружался преимущественно у края поля, что было благоприятным для базового варианта.

Характерным для нового варианта работы является меньшая, чем в базовом, продолжительность работы комбайна до выгрузки зерна – соответственно 13,58 вместо 20,94 мин благодаря большей рабочей скорости (5,4 вместо 4,5 км/ч) и меньшему (на 13,5 %) заполнению бункера. Это позволило исключить ожидание приема зерна в новом варианте.

В условиях производственного применения и жесткого закрепления автомобилей за комбайнами (по два комбайна за КамАЗами и по одному – за ЗИЛами) на некоторые элементы времени цикла (продолжительность проезда от тока до поля и обратно) оказали влияние субъективные, но логически обоснованные навыки водителей. Так, КамАЗ-5320 в новом варианте работы проезжал от поля до тока и обратно соответственно за 397 и 375 с, тогда как в базовом – значительно медленнее, соответственно – за 588 и 566 с. Наряду с несколько меньшим расстоянием до участка поля в новом варианте опыта (в среднем на 300 м) водитель КамАЗ-5320 из базового варианта ориентировался на ритмичность заполнения бункеров комбайнов, исходя из которой, причин для проездов

с большей скоростью не было. К тому же на маршруте движения находился недостаточно выровненный участок дороги с гравийным покрытием и несколько поворотов под прямым углом сразу за посадками. При отсутствии стимула в перевозке большего количества зерна водитель руководствовался соображениями обеспечения бесперебойной работы комбайнов, экономии топлива и безопасности движения. В то же время при передвижении автомобилей ЗИЛ-554 с близкими значениями затрат времени в сравниваемых вариантах в базовом варианте автомобиль возвращался на поле значительно быстрее, о чем свидетельствует среднее время ожидания приема зерна на поле – 593 с (вместо 180 с – у КамАЗ-5320).

Несмотря на указанные особенности выбора скорости движения, наиболее объективным результирующим показателем работы сравниваемых автомобилей в новом и базовом вариантах работ послужила продолжительность циклов (что зависело от продолжительности циклов машин основного звена, т.е. комбайнов) по результатам фиксации времени их прибытия для взвешивания. В базовом варианте продолжительность цикла автомобилей Зил-554 и КамАЗ-5320 составила соответственно 34 и 36,7 мин, в новом – 25 и 25,7 мин, т.е. меньше на 26 % у КамАЗ-5320 и на 30 % – у ЗИЛ-554.

В промежутке времени 2,5-3 ч от начала работы, после завершения очередного транспортного цикла автомобили были дозаправлены с целью определения относительных показателей расхода топлива. КамАЗ-5320 благодаря меньшей продолжительности рабочих циклов в новом варианте работы (в среднем 25,7 вместо 36,7 мин) выполнил шесть рейсов вместо четырех при соответствующих примерно равных затратах времени работы до дозаправки: 2,45 ч – базовом и 2,57 ч – в новом варианте работы. ЗИЛ-554 выполнил в новом варианте шесть рабочих циклов, а в базовом – пять.

Вследствие меньшей заданной заполняемости бункеров комбай-

Таблица 2. Эксплуатационные показатели автомобилей по вариантам

Показатели	Вариант опыта			
	базовый		новый	
	КамАЗ-5320	ЗИЛ-554	КамАЗ-5320	ЗИЛ-554
Закрепленные комбайны:				
Дон-1500Б	2	-	2	1
Акрос 550	-	1	-	-
Пробег, км:				
за рейс	14,47	14,47	12,87	12,87
контрольное число рейсов	50,68	72,31	70,80	77,22
Перевезено зерна, т:				
за рейс	11,3	7	9,7	5,7
контрольное число рейсов	34	35	58,4	34
Производительность, т/ч	18,53	12,36	22,71	13,60
Расход топлива, л:				
всего за контрольное время	21	36*	29,5	16**
за цикл	5,25	7,20	4,92	2,66
на 1 т	0,46	1,02	0,50	0,47
на 100 км пробега	41,94	49,70	38,20	20,72

* Бензин.

** Дизельное топливо.

нов в новом варианте автомобили в базовом варианте перевозили за один рейс существенно больше зерна: соответственно 11,3 вместо 9,7 т (КамАЗ-5320) и 7 вместо 5,7 т (ЗИЛ-554) – табл. 2.

Несмотря на существенно меньшую (на 13,5 %) заданную заполняемость бункера в новом варианте, КамАЗ-5320 за контрольное время обеспечил на 23,48 % большую производительность (соответственно 22,71 вместо 18,53 т/ч) при обслуживании каждым из них двух комбайнов. ЗИЛ-554 за контрольное время обеспечил на 10 % большую производительность (соответственно 13,6 вместо 12,36 т/ч).

Расход топлива за один цикл и на 100 км пробега у КамАЗ-5320 в новом варианте был меньше, чем в базовом, на 3,74 л (38,2 вместо 41,94 л), или на 8,9 %, но превышал в расчете на 1 т перевезенного зерна на 0,04 л/т (0,5 вместо 0,46 л/т).

Выводы

1. Применение способа уборки озимой пшеницы с заполнением бункера при подходе комбайна к краю поля позволяет повысить производительность автомобиля ЗИЛ-554

на 10 % при транспортировке зерна от одного комбайна и автомобиля КамАЗ 5320 – на 23,5 % – от двух комбайнов.

2. Основными факторами, обеспечивающими рост производительности автомобилей, являются сокращение рабочих циклов комбайнов на 26-30 % вследствие технологических настроек для работы с уменьшенной рабочей шириной захвата жатки и соответствующей повышенной рабочей скоростью, а также исключение проездов по полю к местам разгрузки комбайнов.

Список

использованных источников

1. Возможности повышения производительности технологических агрегатов, используемых в сельском хозяйстве, при снижении отрицательных воздействий на почву / А.П. Дьячков [и др.] // Вестник Воронежского ГАУ. 2015. № 4. Ч. 2. С. 105-108.

2. Оберемок В.А. и др. Анализ влияния характеристик подвески и шин на нагруженность колес автомобиля при движении по стерневому фону // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского гос. аграр. ун-та. 2015. № 109. С. 971-980.

3. **Слюсаренко В.В.** Механико-технологическое совершенствование движителей энергонасыщенных сельскохозяйственных тракторов и их влияние на агроэкологическое состояние почвы и ее продуктивность : дис. ... д-ра техн. наук. Саратов. 2000. 469 с.

4. **Абаев В.В.** Требования к комплексной механизации работ уборочного комплекса // Техника и оборуд. для села. 2011. № 5. С. 31-33.

5. Совершенствование транспортно-технологического процесса функционирования машин и комплексов / А.П. Дьячков [и др.] // Вестник Воронежского ГАУ. 2017. № 1. С. 94-101.

6. **Трубилин Е.И., Маслов Г.Г., Перстков В.В.** Почему «буксует» машинно-технологическая модернизация сельскохозяйственного производства. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского гос. аграр. ун-та. 2017. С. 1236-1248.

7. Способ уборки зерновых культур прямым комбайнированием с выгрузкой

зерна на краю поля: пат. 2695452 Рос. Федерация: МПК А 01 D 91/04 / Скорляков В.И., Назаров А.Н., Петухов Д.А.; правообладатели ФГБНУ «Росинформагротех». № 2018127042, заявл. 23.07.18, опубл. 23.07.19, Бюл. № 21. 11 с.

8. **Skorlyakov V.I., Nazarov A.N. and Petukhov D.A.** A new way to unload combine harvesters at the field edge // In the journal: E3S Web of Conferences. Vol. 193 (01023): International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2020). Sevastopol: FGAOU VO «Sevastopol State University», 2020. 9 p.

9. **Скорляков В.И., Назаров А.Н., Петухов Д.А.** Результаты производственного применения зерноуборочного комбайна с выгрузкой зерна на краю поля // Техника и оборуд. для села. 2021. № 2. С. 21-26.

10. **Никитин А.В., Щербаков В.В.** Страхование сельскохозяйственных культур с государственной поддержкой: науч. издание. Мичуринск – наукоград РФ: МичГАУ. 2006. 190 с.

11. **Горбачев И.В., Шрейдер Ю.М.** Подготовка полей к уборке зерновых // Сельский механизатор. 2012. № 8. С. 16-18.

12. **Скорляков В.И., Назаров А.Н., Петухов Д.А.** Сравнительные показатели зерноуборочных комбайнов с выгрузкой зерна на краю поля // Техника и оборуд. для села. 2021. № 7. С. 16-21.

Comparative Indicators of Grain Transportation When Unloading Combine Harvesters at the Field Edge

V.I. Skorlyakov, A.N. Nazarov, D.A. Petukhov

(KubNIITiM)

Summary. Based on the results of comparative experience in production conditions, the indicators of grain transportation by trucks were determined when unloading combine harvesters at the field edge.

Keywords: harvesting and transport process, truck, combine harvester, unloading at the field edge, comparative indicators.

Реферат

Цель исследований – определение сравнительных показателей перевозок зерна автомобилями при разгрузке комбайнов на краю поля. Сравнительную оценку эксплуатационных показателей автомобилей при разгрузке комбайнов на краю поля проводили при уборке озимой пшеницы на поле научного севооборота КубНИИТиМ общей площадью 75 га, с урожайностью 57,1 ц/га и удалением от тока на 6,4 км. Поле было подготовлено и разделено на две равные части для уборки базовым и новым способом. Контрольные загонки были одинаковыми по длине. В сравниваемых вариантах работали по четыре комбайна разных марок. Сравнительной оценке подвергали показатели автомобилей КамАЗ 5320 и ЗиЛ-554 в составе одинаковых уборочно-транспортных звеньев. Прямое комбайнирование по вариантам способов уборки проводили при одинаковых подачах зерносоматистой массы, высоте среза растений и режимах работы измельчителей-разбрасывателей.

Работа комбайнов новым способом по результатам расчета рабочей ширины жатки обеспечивала заполнение бункеров при подходе к краю поля при каждом двойном проходе по длине гона. В базовом варианте комбайны работали загонным способом с соответствующими переездами при поворотах в пределах загонок. В процессе работы за всеми комбайнами и автомобилями осуществлялись хронометражные наблюдения, фиксировали время прибытия автомобилей для взвешивания и массу привезенного зерна. Сравнительную оценку работы автомобилей проводили по показателям производительности, расхода топлива, продолжительности рабочих циклов, массы перевозимого зерна в единицу времени, оценку израсходованного топлива – методом «долива до полного бака» по счетчику заправочного устройства. В условиях производственного применения и жесткого закрепления автомобилей за комбайнами на некоторые элементы времени цикла оказали влияние субъективные факторы – навыки водителей. В новом варианте за контрольное время обеспечена большая производительность автомобилей: у КамАЗ 5320 на 23,48 %, ЗиЛ-554 – на 10 %; расход топлива за один цикл и на 100 км пробега у КамАЗ-5320 в новом варианте был меньше, чем в базовом, на 3,74 л, или на 8,9 %. Основными факторами, обеспечивающими рост производительности автомобилей, являются сокращение рабочих циклов комбайнов на 26-30 %, а также исключение проездов по полю.

Abstract

The purpose of the research is to determine the comparative indicators of grain transportation by cars when unloading combines at the field edge. A comparative assessment of the performance of trucks when unloading combines at the field edge was performed during the harvesting of winter wheat in the field of scientific crop rotation of the KubNIITiM with a total area of 75 hectares, with a yield of 57.1 hundredweight / ha, and at a distance of 6.4 km from the thrashing floor. Four combine harvesters of different brands worked in the options to be compared. Comparative evaluation was carried out on the performance of KamAZ 5320 and ZiL-554 vehicles as part of the same harvesting and transport units. Direct combining according to the options of harvesting methods was carried out with the same feeding of grain-straw mass, cutting height of plants and operating mode of grinders-spreaders. The combine operation in a new way based on the results of calculating the working width of the header ensured filling of the hoppers when approaching the field edge with each double pass along the length of the run. In the basic option, the combines operated in a strip of land manner with appropriate passages when turning within the strip of land. In the process of work, all combines and trucks were monitored by time; the time of arrival of trucks for weighing and the weight of the brought grain were recorded. A comparative assessment of the performance of trucks was carried out in terms of performance, fuel consumption, duration of working cycles, the weight of transported grain per unit of time, and using the method of "topping up to a full tank" according to the meter of the filling device regarding the fuel consumed. In the new option, a high performance of trucks was ensured during the control time, so the KamAZ 5320 performance was by 23.48% higher and the ZiL-554 performance was by 10% higher. The fuel consumption per cycle and per 100 km of run of the KamAZ-5320 in the new option was less by 3.74 liters or by 8.9% than that in the base option. The main factors that ensure the growth of truck performance are the reduction in the working cycles of combines by 26-30%, as well as the elimination of drives through the field.

УДК 631.171:004.4

DOI: 10.33267/2072-9642-2021-12-37-41

Программное обеспечение для диагностирования и прогнозирования технического состояния сельскохозяйственных машин

Е.В. Пестряков,

мл. науч. сотр.,

unlimetl@mail.ru

(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Аннотация. Рассмотрены технические платформы для решения задач использования искусственного интеллекта в сфере сельского хозяйства. Создание новых вычислительных устройств, позволяющих хранить и обрабатывать большие объемы информации, и программного обеспечения дает возможность формировать сложные компьютерные системы для увеличения максимальной производительности.

Ключевые слова: искусственный интеллект, CUDA, диагностирование, анализ данных, C/C++, база данных.

Постановка проблемы

В настоящее время в сельское хозяйство вводятся все более совершенные средства диагностики. Современные сельскохозяйственные машины оснащены большим количеством диагностических датчиков, с которых собирается достаточно внушительный массив данных. В связи с этим встает вопрос об анализе полученной информации. Современные технологии позволяют собирать ее в режиме реального времени. Качественный анализ дает возможность не только своевременно реагировать на возникающие проблемы, но и прогнозировать их. Однако объем анализируемой информации в настоящее время исчисляется уже в терабайтах, корректно и быстро обрабатывать такие массивы – трудновыполнимая задача, особенно в режиме реального времени [1]. Данная ситуация требует современных подходов к разработке программного обеспечения, а также наличия современного компьютерного оборудования. Интеллектуальное программное обеспечение, разработанное сотрудниками ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», служит для сбора и анализа информации, поступающей с устройств, и управления ими.

Цели исследований – анализ современных возможностей диагностирования и прогнозирования технического состояния сельскохозяйственной машины с помощью новых технических разработок, создание алгоритма для анализа данных с помощью технологий искусственного интеллекта.

Материалы и методы исследования

Для графических ускорителей, в частности корпорации Nvidia, разработана специальная программно-аппаратная платформа CUDA, которая является важной частью информационной системы и будет представлена на примере работы с прототипами индикатора пульсаций давления насоса (ИПД) и специальным устройством по работе с CAN-интерфейсом. Оба прототипа разработаны сотрудниками ФНАЦ ВИМ. Данная информационная система создается под нужды сельского хозяйства, однако спектр ее применения намного шире, так как для ее разработки применялись универсальные методы.

Объектом исследования в данном случае являлся именно алгоритм искусственного интеллекта. Для этого использовали нейронную сеть, которая обучается и работает на основе данных, поступающих от перечисленных технических устройств. Нейронная сеть, в свою очередь, заложена в работу информационной системы. Задача – добиться точного и интеллектуального прогноза технического состояния техники при эксплуатации и выявить неисправности в максимально короткие сроки.

Результаты исследований и обсуждение

Программный комплекс является «гибким», т.е. в нем заложена возможность подключения новых устройств. Прототип индикатора уровня пульсаций (далее – ИПД) позволяет получить данные о техническом состоянии гидравлического насоса. Контроль осуществляется непрерывно во время работы по основному параметру – давлению, создаваемому на выходе из насоса, и по измерению характера импульсов давления – амплитуде и частоте. Эти параметры давления соотносятся с температурой рабочей жидкости гидравлического насоса.

Для диагностики и контроля работоспособности гидронасоса используется метод амплитудно-фазовых характеристик, основанный на анализе волновых процессов в напорной или сливной магистралях на рабочих режимах при загрузке гидросистемы со стороны исполнительного органа или дросселирования жидкости в сливной магистрали. Метод применим для оценки общего технического состояния и локализации неисправностей. Наиболее эффективен этот метод в гидросистемах, работа которых сопровождается значительными колебаниями давления.

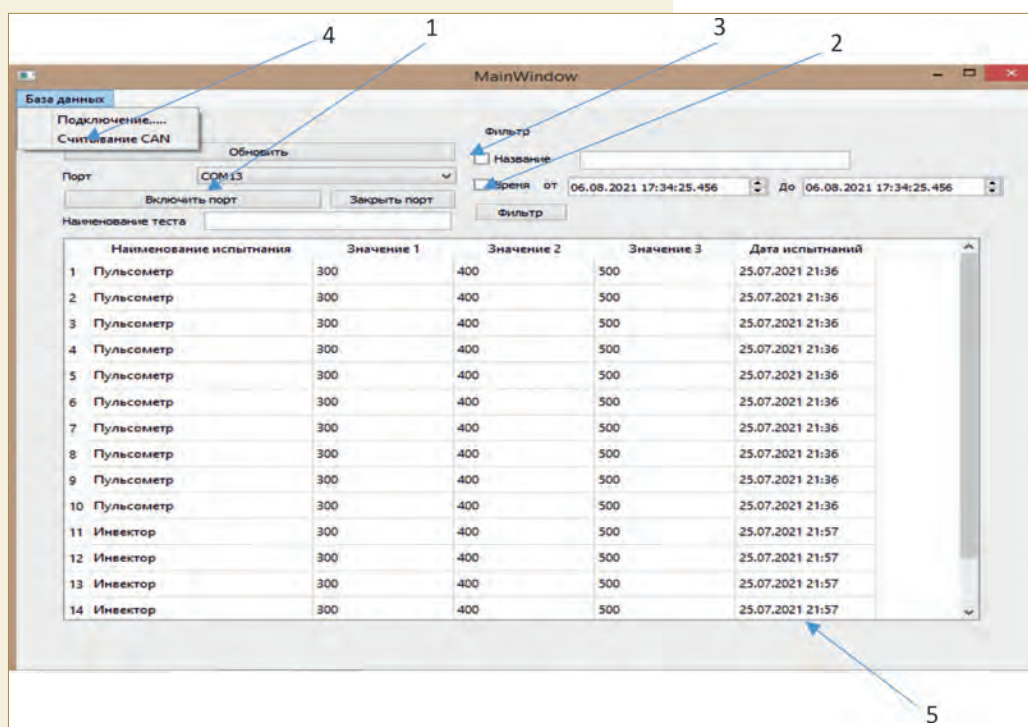


Рис. 1. Главное окно программного обеспечения:

1 – наименование COM-порта для соединения с устройством;
2 – функция фильтра по диапазону времени;
3 – функция фильтра по наименованию испытания;
4 – меню программы, где происходит подключение к серверу базы данных или устройству, работающему по CAN-интерфейсу;
5 – таблица, отражающая текущее состояние базы данных, находится в стадии постоянного обновления

Устройство по работе с CAN-интерфейсом устроено несколько проще. Прототип устройства передачи данных от счетчиков-индикаторов технического состояния по CAN-интерфейсу и протоколу CanBus позволяет накапливать на сервере рабочие показатели и расчетные параметры технического состояния контролируемых объектов в виде BigData и в режиме реального времени, что дает возможность идентифицировать события по времени наступления. Передаваемая информация конвертируется в формат данных в виде протокола. Таким образом, осуществляется контроль технического состояния объекта в процессе эксплуатации. Собранные данные хранятся и могут быть использованы для последующего анализа.

Разработанная *информационная система* представляет собой многопроцессорное и многопоточное приложение, работающее совместно с базой данных для аккумуляции информации. Система управления базой данных (СУБД) была выбрана MS SQL Server. Подключение программы к базе данных основано на драйвере ODBC3. Для разработки основной части программы использовалась среда программирования Visual Studio Community с предустановленным в нее плагином Qt [2]. В дополнение была установлена платформа CUDA от фирмы «Nvidia», шаблоны проектов – в Visual Studio.

Интерфейс для пользователя программы был написан в Qt, а также запрограммирована возможность постоянного пополнения базы данных посредством специального драйвера QODBC3. Серверная часть, которая отвечает за анализ собранной информации, разработана в Visual Studio с использованием технологии быстрых вычислений фирмы «Nvidia» CUDA. С помощью данной системы можно осуществлять контроль параметров как в режиме онлайн, так и в определенный промежуток времени. Интерфейс программы представлен на рис. 1.

Система принимает массив байтов и переводит их в понятный для пользователя вид. Данный массив является *динамическим*, его размер может изменяться. Например, из COM-соединения от ИГД пришел массив байтов: 1994 707 1293. Зная протокол обмена информацией с устройством и то что значения разделены между собой знаком «пробел», а между сообщениями знак «\n», или в привычном виде – перевод на новую строку, программа понимает, что в одном сообщении пришло три значения, где 1994 – скорость вращения электродвигателя компрессора, 707 – число оборотов электродвигателя за все время работы компрессора, 1293 – остаточный назначенный ресурс по количеству оборотов. Система конвертирует данные в числовой вид (до этого они приходят в виде строки) и распределяет (записывает) их в определенные столбцы таблицы. Одновременно с этим каждому сообщению присваивается время записи с точностью до миллисекунд. После этого таблица обновляется, отображая последнюю добавленную запись.

С CAN-интерфейсом и другими работа осуществляется аналогичным образом. Функции фильтрации помогают в поиске диапазона определенных значений. Вид формы для работы с CAN-интерфейсом представлен на рис. 2.

Как можно увидеть, строка-сообщение CAN состоит из трех блоков:

1. «Extended ID» или «Standard ID» – идентификатор устройств внутри машины, от которого была получена информация. В испытаниях CAN работал в формате «Extended» – более современная версия стандарта, расширенный стандарт с размером 29 бит;

2. Поле «DLC» – показывает, сколько байт информации пришло. По стандарту CAN это 8 байт, однако пакет может быть и неполным;

3. «Data» – поле данных. Стандартный размер – 8 байт.

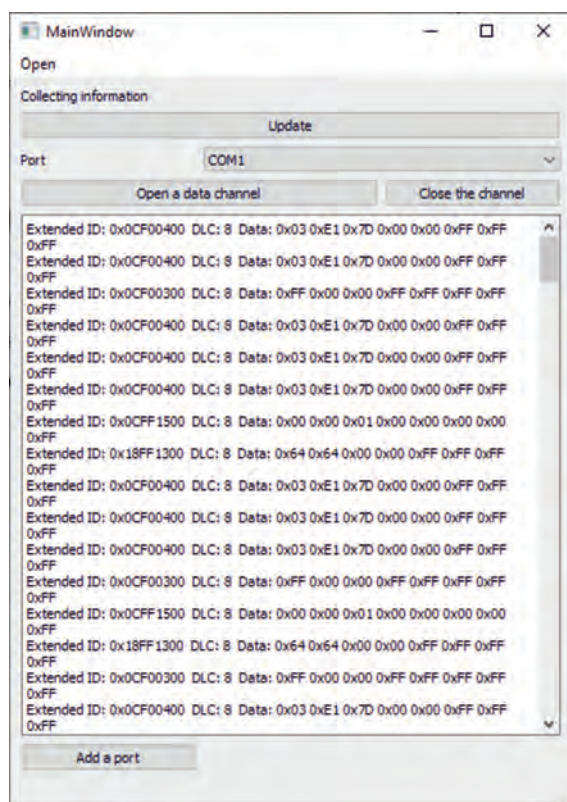


Рис. 2. Окно для работы с CAN-интерфейсом

Представлены в числовом виде в шестнадцатеричной системе исчисления. Каждый байт может отображать как отдельный показатель, так и часть его.

После того как были настроены сбор и структурирование информации в базу данных, встал вопрос о ее анализе. Так как информация накапливается в режиме реального времени, впоследствии, формируя информационные банки данных (Big Data) для качественного анализа сотрудниками ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, разрабатывается специализированная нейронная сеть. Данная разработка интегрируется в основную программу. Однако для ее корректной работы требуется дополнительное оборудование в виде видеокарты и программного обеспечения.

Современные нейронные сети широко применяют графические ускорители (GPU). Основными производителями данных устройств являются компании «Nvidia» и «AMD». В эксперименте использовали видеокарту «Nvidia». Выбор обусловлен тем, что компания предоставляет специальное программное обеспечение CUDA и cuDNN, а также специализированный компилятор CUDA C++ [3].

CUDA – программно-аппаратная архитектура параллельных вычислений, которая позволяет существенно увеличить вычислительную производительность благодаря использованию графических процессоров фирмы Nvidia [4]. Библиотека NVIDIA CUDA Deep Neural Network (cuDNN) – библиотека примитивов для глубоких нейронных сетей с ускорением на GPU. cuDNN предоставляет тщательно настроенные реализации для стандартных процедур, таких как прямая и обратная свертка, объединение, нормализация и уровни активации [5].

Обе эти библиотеки предоставляют программный интерфейс (API), использующий язык программирования C, вследствие чего генерируется высокопроизводительный программный код [6]. С помощью языка программирования C/C++, на котором написано все программное обеспечение, достигается низкий уровень абстракции, что, в свою очередь, свидетельствует о высокой эффективности работы [7].

Реализация нейронной сети. Нейронная сеть представлена в классической многослойной реализации. Схематично она изображена на рис. 3.

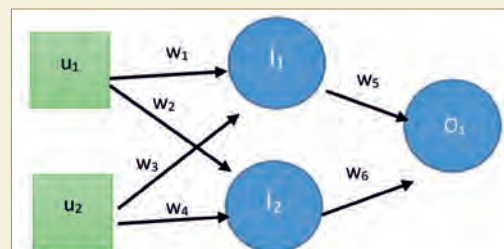


Рис. 3. Топология нейронной сети

Как видно из схемы, нейронная сеть имеет входной слой u_n , скрытый (внутренний) I_n и выходной O_n . Количество скрытых слоев может быть увеличено. W_n представляет собой весовые коэффициенты между слоями. Также в нейронной сети имеются функции: *FeedForward* – прямое распределение, *BackPropagate* – обратное распределение, *UpdateWeights* – обновление весовых коэффициентов. Функция *FeedForward* отвечает за стартовую инициализацию нейронной сети, в которой будут заданы входные, стартовые весовые коэффициенты, а также функция активации. Для активации нейрона используется сигмоидальная функция [8]

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}. \quad (1)$$

В программе она задана в виде $1 / (1 + \exp((\text{double})-x))$, где $\exp$ – функция стандартной библиотеки языка Си, обозначающая экспоненту. После выполнения функции активации входные значения принимают нормализованный вид. В программе такой массив выглядит примерно следующим образом:

```

ELEMENT samples[MAX_SAMPLES] = {
    {2.0, 0.0, 0.0, 0.0, {0.0, 0.0, 1.0, 0.0}},
    {2.0, 0.0, 0.0, 1.0, {0.0, 0.0, 1.0, 0.0}},
    {2.0, 0.0, 1.0, 1.0, {1.0, 0.0, 0.0, 0.0}},
    {2.0, 0.0, 1.0, 2.0, {1.0, 0.0, 0.0, 0.0}},
    {2.0, 1.0, 0.0, 2.0, {0.0, 0.0, 0.0, 1.0}},
    {2.0, 1.0, 0.0, 1.0, {1.0, 0.0, 0.0, 0.0}},
    {1.0, 0.0, 0.0, 0.0, {0.0, 0.0, 1.0, 0.0}},
    {1.0, 0.0, 0.0, 1.0, {0.0, 0.0, 0.0, 1.0}},
    {1.0, 0.0, 1.0, 1.0, {1.0, 0.0, 0.0, 0.0}},
    {1.0, 0.0, 1.0, 2.0, {0.0, 0.0, 0.0, 1.0}},
    {1.0, 1.0, 0.0, 2.0, {0.0, 0.0, 0.0, 1.0}},
    {1.0, 1.0, 0.0, 1.0, {0.0, 0.0, 0.0, 1.0}},
    {0.0, 0.0, 0.0, 0.0, {0.0, 0.0, 1.0, 0.0}},
    {0.0, 0.0, 0.0, 1.0, {0.0, 0.0, 0.0, 1.0}},
    {0.0, 0.0, 1.0, 1.0, {0.0, 0.0, 0.0, 1.0}},
    {0.0, 0.0, 1.0, 2.0, {0.0, 1.0, 0.0, 0.0}},
    {0.0, 1.0, 0.0, 2.0, {0.0, 1.0, 0.0, 0.0}},
    {0.0, 1.0, 0.0, 1.0, {0.0, 0.0, 0.0, 1.0}}
};

```

В структуре ELEMENT встроен внутренний массив эталонных значений.

Функция *FeedForward* математически представлена следующим образом:

$$\begin{aligned} I_n &= u_n \cdot W_n \cdot \\ O_n &= f(I_n) \end{aligned} \quad (2)$$

Программный код этого метода:

```
Vector* Network::FeedForward(Vector inputLayer)
{
    for (int k = 0; k < layersN; ++k) {
        if (k == 0) {
            L[k].x->Value = inputLayer.Value;
        }
        else {
            L[k].x->Value = L[k - 1].z->Value;
        }
        for (int i = 0; i < wights[k]->Columns; ++i) {
            double y = 0;
            for (int j = 0; j < wights[k]->Rows; ++j) {
                y += wights[k]->ValueMatrix[i][j] * L[k].x->Value[j];
            }
            // активация с помощью сигмоидальной функции
            L[k].z->Value[i] = 1 / (1 + exp(-y));
            L[k].df->Value[i] = L[k].z->Value[i] * (1 - L[k].z->Value[i]);
        }
    }
    return L->z;
}
```

Функция *BackPropagate* – функция обратного распределения. После вычисления ошибок в результате работы нейронной сети она, начиная с выходного слоя, т.е. в обратном порядке, изменяет весовые коэффициенты.

Схематично эту функцию можно представить в следующем виде:

$$\delta_{k-1} = W_{nk} \cdot \delta_k + W_{nk+1} \cdot \delta_{k+1} \quad (3)$$

Программная реализация выглядит следующим образом:

```
void Network::BackPropagate (Vector output, double &error)
{
    int last = layersN - 1;
    error = 0; // обнуляем ошибку
    for (int i = 0; i < output.Value.size(); ++i) {
        double e = L[last].z->Value[i] - output.Value[i];
        deltas[last]->Value[i] = e * L[last].df->Value[i];
        error += e * e / 2; /
    }

    for (int k = last; k > 0; k--) {
        for (int i = 0; i < wights[k]->Rows; i++) {
            deltas[k - 1]->Value[i] = 0;

            for (int j = 0; j < wights[k]->Columns; j++) {
```

```
                deltas[k - 1]->Value[i] += (wights[k]->ValueMatrix[j][i] * deltas[k]->Value[j]);
            }
            deltas[k - 1]->Value[i] *= L[k - 1].df->Value[i];
        }
    }
}
```

Последней из основных функций является *UpdateWeights*. Она обновляет весовые коэффициенты нейронной сети.

$$W_{t+1} = W_t - \eta \cdot \delta \cdot X. \quad (4)$$

В программе эта функция выглядит следующим образом:

```
void Network::UpdateWeights(double speed)
{
    for (int k = 0; k < layersN; k++) {
        for (int i = 0; i < wights[k]->Columns; i++) {
            for (int j = 0; j < wights[k]->Rows; j++) {
                wights[k]->ValueMatrix[i][j] -= speed * deltas[k]->Value[i] * L[k].x->Value[j];
            }
        }
    }
}
```

Весь остальной программный код представляет собой техническую реализацию структур, многомерных массивов и объектных классов, а также функции запуска нейронной сети. Массив входных значений формируется из базы данных, которая была описана.

Вывод нейронной сети примерно представлен следующим образом:

```
OutputLayer1: 0,00503439463431083
OutputLayer2: 0,996036009216668
OutputLayer3: 0,996036033202241
OutputLayer4: 0,00550270947767007
```

Так как в формируемой нейронной сети был задан диапазон значений от 0 до 1, где 0 – «абсолютно неверно», а 1 – «абсолютно точно», на основе этих вероятностей можно сделать определенные выводы (вообще вся теория искусственного интеллекта построена на теории вероятности) [9-14]. В данном случае в нейронную сеть послали четыре произвольных вектора нормализованных значений (*динамический массив произвольных чисел с плавающей точкой и в заданном диапазоне*) и эталонные значения. Нейронная сеть определила, какой вектор максимально приблизится к эталонным значениям.

Выводы

1. Существующие на данный момент технологии способны производить огромное количество сложных вычислений, что незаменимо в диагностике технических средств для прогнозирования.

2. Главная проблема состоит в том, что существующее программное обеспечение разработано с условием ста-

рых принципов и моделей построения. Зачастую оно даже не поддерживает современные технические решения. Представленная информационная система разработана с учетом последних достижений в области информационных технологий.

3. Необходимо на основе имеющейся нейронной сети разработать нейронную сеть глубокого обучения. Но даже на этом этапе система показала свою эффективность. Дальнейшее развитие нейронной сети в диагностирование и прогнозирование технического состояния сельскохозяйственной техники будет полезно в работе для всех специалистов данной области деятельности.

Список использованных источников

1. **Джонс М.Т.** Программирование искусственного интеллекта в приложениях / Пер. с англ. А.И.Осипов. М.: ДМК Пресс. 2018. 312 с.: ил.
2. **Шлее Макс.** Qt 5.10. Профессиональное программирование на C++. СПб: БХВ-Петербург. 2018. 1072 с.
3. **Боресков А.В., Харламов А.А.** Основы работы с технологией CUDA. М.: ДМК Пресс. 2019. 232 с.
4. CUDA Toolkit [Электронный ресурс]. URL: <https://developer.nvidia.com/cuda-toolkit> (дата обращения 18.10.2021).
5. NVIDIA cuDNN [Электронный ресурс]. URL: <https://developer.nvidia.com/cudnn> (дата обращения: 18.10.2021).
6. **Гриффитс Дуэйн, Гриффитс Доун.** Изучаем программирование на C / Пер. с англ. М.: Эксмо. 2013. 624 с.
7. **Страуструп Бьярне.** Программирование: принципы и практика с использованием C++, 2-е изд. / Пер. с англ. М.: ООО «И.Д. Вильямс». 2016. 1328 с.
8. **Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А.** Глубокое обучение / Пер. с англ. А. А. Слинкина. 2-е изд., испр. М.: ДМК Пресс. 2018. 652 с.
9. **Николенко С., Кадурин А., Архангельская Е.** Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. СПб: Питер, 2018. 480 с.: ил. (Серия «Библиотека программиста»).
10. **Сандерс Джейсон, Кэндрот Эдвард.** Технология CUDA в примерах. Введение в программирование графических процессоров / Пер. с англ. А.А. Слинкин. М.: ДМК Пресс. 2018. 232 с.
11. **Дорохов А.С.** Совершенствование входного контроля качества сельскохозяйственной техники на дилерских предприятиях // Вестник ФГОУ ВО МГАУ им. В.П. Горячкина. 2009. № 2. С. 73-75.
12. **Петрищев Н.А., Костомахин М.Н., Саяпин А.С., Ивлева И.Б.** Совершенствование мониторинга системы «Человек-машина-среда» и правил эксплуатации для повышения эксплуатационной надежности тракторов // Технический сервис машин. 2020. № 3(140). С. 12-20.
13. **Ерохин М.Н., Дорохов А.С., Катаев Ю.В.** Интеллектуальная система диагностирования параметров технического состояния сельскохозяйственной техники // Агроинженерия. 2021. № 2(102). С. 45-50.
14. **Дидманидзе О.Н., Дорохов А.С., Катаев Ю.В.** Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов // Техника и оборуд. для села. 2020. № 11 (281). С. 39-43.

Software for Diagnosing and Predicting the Technical Condition of Agricultural Machines

E.V. Pestryakov

(VIM)

Summary. *The technical platforms for solving the problems of using artificial intelligence in the field of agriculture are described. Creation of new computing devices that allow storing and processing large amounts of information and software makes it possible to form integrated computer systems to increase maximum productivity.*

Keywords: *artificial intelligence, CUDA, diagnostics, data analysis, C / C ++, database.*



Оценка эффективности кормоуборочных самоходных косилок

Н.П. Мишуров,

канд. техн. наук,
первый зам. –
зам. директора по науч. работе,
mishurov@rosinformagrotech.ru
(ФГБНУ «Росинформагротех»);

С.А. Свиридова,

зав. лабораторией,
S1161803@yandex.ru

Д.А. Петухов,

канд. техн. наук,
зам. директора по науч. работе,
dmitripet@mail.ru

(Новокубанский филиал
ФГБНУ «Росинформагротех»
[КубНИИТиМ]);

С.А. Семизоров,

канд. с.-х. наук, доц.,
semizorov-tyumen@yandex.ru
(ФГБОУ ВО «ГАУ Северного Зауралья»)

Аннотация. Представлены результаты анализа применения кормоуборочных самоходных косилок, испытанных в 2019-2020 гг. Приведены показатели эксплуатационно-технологической и экономической оценок.

Ключевые слова: косилка кормоуборочная, техническая характеристика, показатель, оценка, эксплуатационно-технологический, экономический.

Постановка проблемы

Устойчивое развитие животноводства согласно Доктрине продовольственной безопасности страны является одним из приоритетных направлений в области производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [1]. Создание условий для ускоренного совершенствования животноводства – одна из главных задач Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2025 годы [2].

Достижение необходимых темпов роста производства продукции животноводства возможно только путем укрепления кормовой базы – производства в необходимых объемах кормовых культур, полностью удовлетворяющих потребности российского животноводства в качественных кормах [3]. Для развития отрасли необходимо использовать современные технологии заготовки и хранения сырья, а также эффективную кормоуборочную технику [4].

По данным Госкомстата на начало 2021 г., в АПК страны насчитывалось 11444 кормоуборочных комбайнов, 29304 косилки, 13080 грабель тракторных и 18700 пресс-подборщиков. По сравнению с предыдущим годом количество кормоуборочной техники заметно сократилось: комбайнов кормоуборочных – на 2,8 %, косилок – на 1,7, грабель тракторных – на 3 и пресс-подборщиков – на 4,1 %. Согласно ведомственному проекту «Техническая модернизация агропромышленного комплекса» Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2025 годы [2], обновление парка кормоуборочных комбайнов в сельскохозяйственных организациях в период 2020-2025 гг. должно составить 4,8 %.

Сокращение парка кормоуборочной техники объясняется нехваткой финансов у хозяйствующих субъектов на его модернизацию и уменьшением посевных площадей кормовых культур в 2020 г. по сравнению с 2019 г. на 4,4 %, что, в свою очередь, объясняется низкой рентабельностью производства продукции животноводства.

Проведенные в КубНИИТиМ исследования субсидированной госу-

дарством кормоуборочной техники отечественного производства показали эффективность ее применения [5]. В настоящее время рынок кормоуборочной техники представлен широким ассортиментом моделей отечественного и зарубежного производства, отличающихся техническими и технологическими параметрами, классом агрегируемой техники, производительностью и стоимостью. Так как хозяйства расположены в различных агроклиматических зонах страны, отличаются размерами и конфигурацией полей, имеющимся парком тракторов, финансовыми возможностями, то актуальной задачей является выбор наиболее эффективной техники для кормопроизводства с точки зрения конкретных условий хозяйствующих субъектов.

Цель исследования – оценить эффективность применения косилок кормоуборочных самоходных, испытанных на МИС в 2019 и 2020 гг. и получивших положительное заключение по результатам испытаний.

Материалы и методы исследования

В качестве исходных материалов для проведения исследований использованы результаты испытаний за 2019 и 2020 гг. косилок самоходных [6-7].

В ходе исследований проведен сравнительный анализ их технических характеристик, эксплуатационно-технологических и экономических показателей. Показатели экономической оценки определены в соответствии с действующим межгосударственным стандартом ГОСТ 34393 [8] с применением программного обеспечения «Экономическая оценка». Расчеты проведены на площадь 1000 га, цена техники взята без учета НДС.

Результаты исследований и обсуждение

В качестве объектов исследования взяты три образца косилок самоходных (табл. 1).

Исследованные самоходные косилки предназначены для скашивания трав при заготовке сенажа, крупяных культур и семенников трав, а также для укладывания срезанной массы в центральный, левосторонний или правосторонний валок и зерностебельной массы с двух проходов в сдвоенный валок при уборке зерновых колосовых культур отдельным способом.

Краткая техническая характеристика рассматриваемых кормоуборочных самоходных косилок приведена в табл. 2, функциональные показатели по результатам испытаний – в табл. 3.

Показатели качества выполнения технологического процесса кошения анализируемыми кормоуборочными самоходными косилками полностью удовлетворяют следующим требованиям СТО АИСТ 1.14.2-2020:

высота среза – 3-15 см;

характеристика валка: высота – не более 80 см, ширина – 120-260 см; потери общие – не более 2 %.

Расчеты по определению показателей экономической оценки проведены с учетом агротехнического срока 10 дней, продолжительности работы в день 14 ч. Показатели экономической оценки самоходных косилок приведены в табл. 4 и на рисунке.

Из трех исследованных косилок самоходных по критерию минимума капитальных вложений наиболее эффективной является косилка КС-100 «Палессе CS100» с жаткой ЖВ-7 (производство ОАО «Гомсельмаш», Беларусь); по критерию минимума эксплуатационных затрат – косилка самоходная универсальная КСУ-1 с адаптером КВТ-7-14 производства ООО «КЗ «Ростсельмаш» (на кошении злаковых трав) и косилка КС-100 «Палессе CS100» с жаткой ЖВ-7 (на кошении многолетних трав); по критерию минимума совокупных затрат денежных средств – косилка КСУ-1 с адаптером КВТ-7-14.

Таблица 1. Общие сведения о косилках самоходных

Марка	Изготовитель	МИС
КСУ-1	ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш»	Кубанская, Подольская
Мещера Е-403	ОАО «Егорьевский механический завод»	Подольская
КС-100 Палессе CS100	ОАО «Гомсельмаш», Беларусь	Северо-Западная

Таблица 2. Краткая техническая характеристика косилок самоходных

Показатели	КСУ-1	Мещера Е-403	КС-100 Палессе CS100
Двигатель: марка	Д-245,5		Д-245S3A2-2518
мощность, кВт	65		74
Адаптер	КВТ-7-14	SH-023	ЖВ-7
Ширина захвата, м	7	4,2	7
Скорость, км/ч: рабочая	6,8-10,7	7,2	7,8-10,6
транспортная	До 20	21,4	До 20
Высота среза установочная, см	8	5	14
Габаритные размеры (в транспортном положении), мм: длина	7550	12800	16800
ширина	7370	3315	3720
высота	3700	3700	3570
Масса с адаптером, кг	7210	4750	7530

Таблица 3. Функциональные показатели косилок самоходных

Показатели	КСУ-1		Мещера Е-403	КС-100 Палессе CS100	
Адаптер	КВТ-7-14		SH-023	ЖВ-7	
Культура	Люцерна	Злаковые травы	Клевер первого укоса	Многолетние травы	Ячмень на зерносеяж
Рабочая ширина захвата, м	6,5	6,8	4,2	6,8	6,9
Рабочая скорость, км/ч	6,8	10,5	7,2	8,5	8
Высота среза фактическая, см	8,4	Н.д.	5	13,9	13,5
Характеристика валка:					
высота, см	28,5	Н.д.	Н.д.	40,4	17,2
ширина, см	148,8	154	176	198,8	230,2
линейная плотность, кг/м	13,9	8,4	9,8	15,3	12,9
Потери, %	0	1,4	1,4	0,5	0,9

В 2021 г. косилка КСУ-1 и адаптер КВТ-7-14 производства ООО «КЗ «Ростсельмаш» входят в перечень субсидируемой государством сельскохозяйственной техники.

Выводы

1. Все представленные образцы самоходных косилок обеспечивают необходимые уровни эксплуатационных параметров и показателей качества

выполнения технологического процесса.

2. При выборе самоходной косилки из многообразия моделей, представленных на рынке, необходимо учитывать конкретные условия хозяйствования, применяемые тех-

нологии заготовки кормов, объемы производства.

3. По результатам проведенного исследования сельхозтоваропроизводители имеют возможность выбрать необходимую по параметрам, отвечающим конкретному производ-

ству, самоходную косилку для уборки кормовых культур.

Список

использованных источников

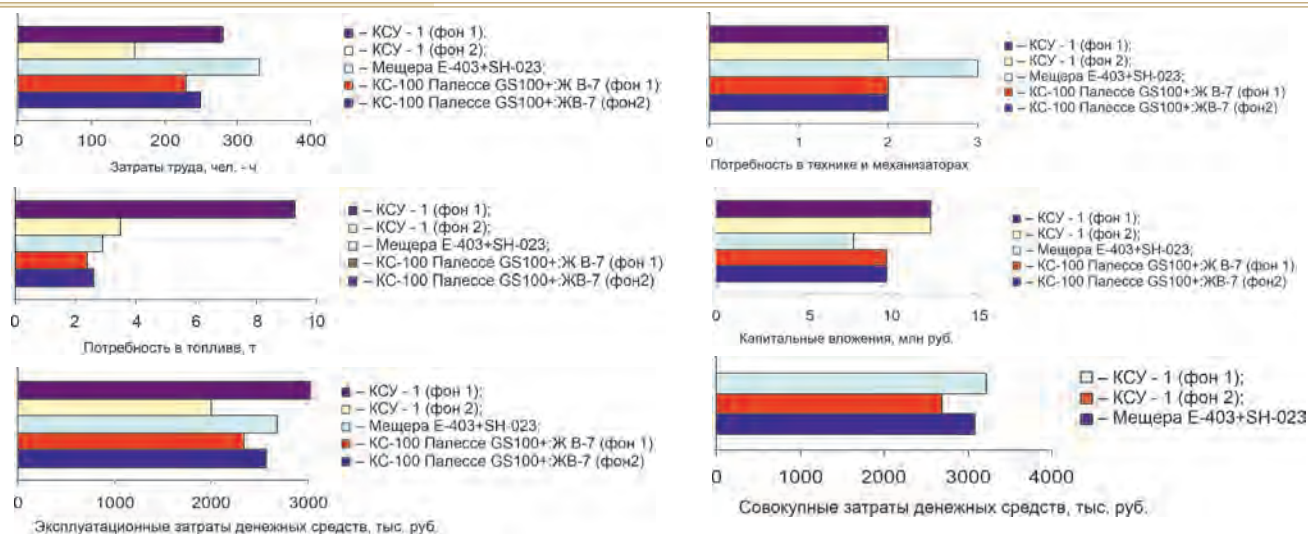
1. Указ Президента Российской Федерации № 20 от 21 января 2020 г.

Таблица 4. Показатели экономической оценки косилок самоходных

Показатели	КСУ-1		Мещера Е-403	КС-100 Палессе CS100	
Исходные данные для проведения расчетов по экономической оценке					
Агрегатирование	КВТ-7-14		SH-023	ЖВ-7	
Культура	Люцерна	Злаковые травы	Клевер первого укоса	Многолетние травы	Ячмень на зерносеяж
Урожайность, т/га	22,1	21,8	22,6	Н.д.	
Производительность в час времени, га:					
основного	4,48	7	3,14	5,80	5,50
сменного	3,63	6,20	3,07	4,42	3,99
Коэффициент:					
использования сменного времени	0,81*	0,89*	0,98*	0,76*	0,73*
готовности	1,00	0,98**	0,98**	0,98**	0,98**
Расход топлива, кг/га	9,26	3,50	2,90	2,40	2,62
Потери, %	0	1,4	1,4	0,5	0,9
Цена, руб.:					
косилки, руб.	4 597 200		3 384 250	4 041 667	
адаптера, руб.	1 527 000		530 400	866 667	
Показатели экономической оценки (на 1000 га)					
Затраты труда, чел.-ч	280	160	330	230	250
Потребность:					
в МТА, шт.	2	2	3	2	2
механизаторах	2	2	3	2	2
топливе, т	9,26	3,5	2,90	2,40	2,62
капитальных вложениях, тыс. руб.	12 248	12 248	11 744	9 817	9 817
Затраты денежных средств, тыс. руб.:					
эксплуатационные	3 212	1 922	2 669	2 330	2 557
совокупные	3 212	2 685	3 081	-	-

*Получено расчетным путем.

**В соответствии с СТО АИСТ 1.14.2-2020.



Показатели экономической оценки косилок самоходных

«Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://static.kremlin.ru> (дата обращения: 23.07.2021).

2. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, утвержденная постановлением № 717 Правительства России от 14 июля 2012 г. (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://docviewer.yandex.ru/> (дата обращения: 23.07.2021).

3. Петухов Д.А., Свиридова С.А., Юрченко Т.В. Оценка эффективности кормоуборочной техники отечественного производства // Техника и оборуд. для села. 2019. № 12. С. 41-46.

4. Полухин А.А., Михайлов М.Р. Кормоуборочная техника: перспективы развития в России // АгроСнабФорум. 2017. № 5. С.60-61.

5. Результаты анализа эффективности применения субсидируемой сельскохозяйственной техники: информ. изд. / Н.П. Мишуров, В.Ф. Федоренко, Д.А. Петухов, С.А. Свиридова, А.Н. Назаров, А.Б. Иванов, Е.В. Чумак, А.А. Князева. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 208 с.

6. ФГБУ «ГИЦ» – Результаты испытаний за 2019 год [Электронный ресурс]. URL: <http://sistemamis.ru/protocols/2019> (дата обращения: 25.06.2021).

7. ФГБУ «ГИЦ» – Результаты испытаний за 2020 год [Электронный ресурс]. URL: <http://sistemamis.ru/protocols/2020> (дата обращения: 02.07.2021).

8. ГОСТ 34393-2018. Методы экономической оценки. М.: Стандартинформ, 2018. III, 12 с. (Техника сельскохозяйственная).

Evaluation of the Efficiency of Self-Propelled Forage Harvesters

N.P. Mishurov

(Rosinformagrotekh);

S.A. Sviridova, D.A. Petukhov

(KubNIITIM);

S.A. Semizorov

(Northern Trans-Urals State Agrarian University)

Summary. The results of the analysis of the application of self-propelled forage harvesting mowers tested in 2019-2020 are presented and their performance is provided.

Keywords: forage mower, specifications, indicator, assessment, performance.

Информация

Генетическую трансформацию для создания новых гибридов сахарной свеклы изучают в Воронеже

Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра I участвует в реализации комплексного научно-технического проекта «Создание высококонкурентных гибридов сахарной свеклы отечественной селекции и организации системы их семеноводства» (КНТП). Индустриальным партнером, заказчиком КНТП является компания «СоюзСемСвекла». Проект является одним из флагманских в реализации стратегической подпрограммы ФНТП «Развитие селекции и семеноводства сахарной свеклы в Российской Федерации».

Помимо научных разработок, важнейшее звено в создании импортнезависимого фонда гибридов сахарной свеклы – воспитание и обучение новых исследовательских кадров, способных разрабатывать и внедрять российские селекционно-семеноводческие и селекционно-генетические продукты. Воронежский ГАУ совершенствует образовательные программы высшего образования. С учетом стратегии развития ФНТП магистерские и бакалаврские программы дополнены актуальными дисциплинами.

Так, по направлению 35.03.04 Агрономия – бакалавриат (направленность «Селекция и генетика сельскохозяйственных культур») разработаны и включены принципиально новые дисциплины «Селекция и семеноводство сахарной свеклы», «Маркерная селекция», «Сельскохозяйственная биотехнология», «Сертификация семян».

Одной из уникальных является дисциплина «Маркерная селекция». В рамках занятий студенты узнают основные методы биотехнологии, маркер-ориентированной селекции и генетической инженерии, изучают возможности интенсификации селекционной работы с их применением. Особое внимание уделено таким методам, как молекулярное маркирование, генетическая трансформация, эмбриокультура при отдаленной гибридизации, получение удвоенных гаплоидов и др. Также студенты исследуют вопросы интеграции современных (биотехнологических) и классических (гибридизация, отбор) методов селекции, позволяющих создавать, идентифицировать и поддерживать ценные генотипы, используемые при создании чистых линий, сортов и F1-гибридов.

По направлению 35.04.04 Агрономия – магистратура (направленность «Селекция, сортоиспытание и сертификация семян») созданы курсы «Генетические методы в селекции растений»,

«Перспективные направления в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур», позволяющие обучающимся исследователям приобретать передовые компетенции в области новейших технологий селекции и семеноводства.

По всем дисциплинам разработаны рабочие программы, курсы лекций, тематики лабораторных и практических занятий.

Большое внимание уделяется программам повышения квалификации. С 2019 г. представители агробизнеса и преподаватели проходят обучение по таким программам, как «Апробация и отбор проб сельскохозяйственных культур», «Отбор проб, апробация и определение посевных качеств сельскохозяйственных растений, посадочного материала и плодовых культур», «Апробация и отбор проб сельскохозяйственных культур. Сертификация семян». Часто востребована программа «Отбор проб зерна и семян. Семенной контроль и надзор».

В 2021 г. разработаны и ведутся новые программы повышения квалификации: «Технологические приемы производства семян сахарной свеклы», «Возможности и перспективы ПЦР-диагностики в селекции сахарной свеклы», «Современные технологии в селекции сахарной свеклы», «Производство и контроль качества семян сахарной свеклы», «Выращивание и сертификация семян сахарной свеклы»; программы профессиональной переподготовки «Инновационные методы биотехнологии для создания генетически улучшенного селекционного материала сахарной свеклы», «Современные аспекты селекции и семеноводства сахарной свеклы».

В рамках выполнения КНТП на базе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы» имени А.Л. Мазлумова организована и ведется производственная практика для студентов по направлению 35.03.04 Агрономия – бакалавриат (направленность «Селекция и генетика сельскохозяйственных культур»).

Создание новых курсов и дисциплин по селекции и семеноводству в образовательном процессе аграрных вузов – фактор безусловной конкурентоспособности отечественного АПК в ближайшем будущем.

<https://fntp-mcx.ru/event-2021-12-16-genetics.html>

Выставка «ЮГАГРО 2021» вернула деловую активность в АПК

С 23 по 26 ноября 2021 г. состоялась 28-я Международная выставка «ЮГАГРО 2021», которая вновь стала уникальной бизнес-площадкой страны для взаимодействия производителей, поставщиков и аграриев из России и СНГ после вынужденной паузы в 2020 году.

Весь АПК России был представлен на «ЮГАГРО»: сельхозтехника, семена, удобрения, средства защиты, оборудование для хранения, переработки, полива и теплиц.

Участниками выставки стали свыше 640 компаний из 25 стран мира. Более 150 компаний презентовали свою продукцию впервые. Компании из Италии, Германии и Турции объединились в национальные павильоны. Выставку посетили 14 381 аграриев из 73 регионов России: от Дальнего Востока до Республики Крым.

Экспозиция «ЮГАГРО» была представлена в 4-х разделах.

Более 200 ведущих мировых и отечественных производителей и поставщиков стали участниками раздела «Сельскохозяйственная техника и запчасти», где были представлены зерно- и кормоуборочные комбайны, тракторы, жатки, валкообразователи, техника для обработки почвы и внесения удобрений, а также прицепные транспортные средства и комплектующие.

Компания Ростсельмаш представила более 10 агромашин и агрегатов, включая такие новинки, как тракторы с шарнирно-сочлененной и классической рамой RSM 3535 DT и RSM 1370, двухбарабанный зерноуборочный комбайн RSM T500, комплекс агрономических сервисов и цифровых решений, а также уже известные и успевшие себя отлично зарекомендовать зерноуборочные комбайны RSM 161, TORUM 785 и кормоуборочный комбайн RSM F 2650.

ГК «Альтаир» и CNH Industrial представили новое поколение высокоэффективных тракторов со встроенной телематической системой AFS Connect - Optum 300 CVX, Steiger 470 и Magnum 400 в колёсной и гусеничной конфигурации Rowtrac.

Команда ACT, официальный дилер John Deere, представила на выставке линейку тракторов: John Deere 9Rx640, John Deere 6140 B и John Deere 6210 M.

Впервые в рамках выставки ведущая международная компания «Квернеланд Груп СНГ», занимающаяся разработкой, производством и продажей сельскохозяйственных орудий, электронных решений и цифровых услуг, представила на одном стенде технику брендов Kubota, Kverneland и Great Plains. Производитель провел более 500 переговоров с предприятиями из разных регионов России, а также АО «Росагролизинг».

Участие в выставке «ЮГАГРО 2021» принесло выдающийся результат Алтайским машиностроительным заводам «Алмаз». По мнению производителя, для компании это была одна из самых результативных выставок за несколько лет. Во время проведения «ЮГАГРО 2021» «Алмаз» реализовал всю представляемую технику.

Для иностранных производителей выставка является инструментом укрепления позиций на российском рынке. Бразильский производитель Jacto, чья продукция экспортируется в более чем 110 стран, фокусирует внимание на России. В планах компании стоит задача утроить объем продаж на российском рынке к 2023 году.

Компания «Мировая Техника», официальный дилер и представитель CLAAS на территории России, представила на выставке новинки производителя: зерноуборочный комбайн CLAAS LEXION 6800 с жаткой CLAAS SunSpeed 12-70, кормоуборочный комбайн CLAAS JAGUAR 850 с кукурузной жаткой CLAAS ORBIS 600 и тракторы CLAAS AXION 940, ARION 640 C, NEXOS 230vI. Стенд компании посетили более 800 человек.

В разделе «Агрохимия и семена» свыше 210 компаний представили новинки селекции самых популярных сельскохозяйственных культур, огромный ассортимент микроудобрений и сертификаты

рованных калийных, азотных, фосфорных, органических и жидких удобрений. Кроме того, были продемонстрированы химические и биологические средства защиты растений и комплексные программы, агрохимикаты, препараты для защиты садов. Участниками стали производители и поставщики из России, Турции, Италии, Бельгии, Германии, Испании, Китая, Венгрии, Беларуси, Нидерландов и Кипра.

Один из крупнейших в России производителей семян отечественной и импортной селекции «РОСАГРОТРЕЙД» представил вниманию посетителей выставки широкий ассортимент семян гибридов кукурузы, подсолнечника, сорго, сахарной свеклы, соевых сои, гороха, ячменя и пшеницы.

В разделе «Оборудование для хранения и переработки» посетители могли ознакомиться с большим выбором упаковочных автоматов, зерносушилок, фотосепараторов, силосов для хранения зерна, калибровочных очистителей, приборов для измерения температуры и влажности внутри хранилищ, оборудования для транспортировки зерновых и сыпучих материалов, вентиляции, холодильных камер, фруктохранилищ, овощехранилищ, линии для сортировки овощей и фруктов, решения для семенных заводов под ключ и др.

В разделе «Оборудование для полива и теплиц» посетители выставки могли ознакомиться с широким ассортиментом решений для тепличных хозяйств любых масштабов, оборудованием для полива и оросительной техникой. В разделе приняли участие свыше 90 компаний из России, Азербайджана, Нидерландов, Турции, Греции, Сербии и других стран.

Деловая программа «ЮГАГРО» выступает платформой для эффективного диалога сельхозпроизводителей, бизнеса и власти и объединяет ключевых игроков в обсуждении самых острых и актуальных вопросов развития АПК. Всего в рамках деловой программы состоялось более 30 мероприятий с участием 80 спикеров.

Пленарное заседание на тему «Дело техники: роль технологий в повышении доходности отраслей АПК» дало старт мероприятиям деловой программы «ЮГАГРО 2021». В качестве спикеров выступили: член Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации Владимир Бекетов, Министр сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края Федор Дерка, заместитель председателя Законодательного Собрания Краснодарского края Александр Трубилин, генеральный директор АО «Росагролизинг» Павел Косов, генеральный директор Института Конъюнктуры Аграрного Рынка (ИКАР) Дмитрий Рылько. Модератором мероприятия выступил генеральный директор медиагруппы «Крестьянские ведомости» Игорь Абакумов.

На конференции «Органическое сельское хозяйство и биологизация земледелия — состояние и перспективы» производители органики, эксперты органического сектора, представители власти и бизнеса обсудили путь развития органического производства в России, особенности сертификации и возможности господдержки.

Посол Нидерландов в России Хиллес Бесхоор Плукх и советник по сельскому хозяйству Хенк Стиггер встретились в Краснодаре с нидерландскими компаниями, принимающими участие в «ЮГАГРО». Хиллес Бесхоор Плукх отметил, что устойчивое развитие сельского хозяйства является важной темой для сотрудничества с Россией и Краснодарским краем.

29-я Международная выставка «ЮГАГРО» состоится 22–25 ноября 2022 г. в Краснодаре, на площадке ВКК «Экспоград Юг»

ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В 2021 г.

● Выпуск 1

Ковалева Е.В. Теоретические аспекты воспроизводства ресурсов в сельском хозяйстве	2
Алдошин Н.В., Манохина А.А., Семин В.В. Машины для внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений	7
Свиридова С.А., Петухов Д.А., Подольская Е.Е. Оценка широкозахватных приспособлений для уборки подсолнечника	11
Пахомов В.И., Брагинец С.В., Бахчевников О.Н., Рудой Д.В. Особенности технологии производства корма из зернового вороха при ранней и сверхранней уборке	16
Булатов С.Ю., Нецаев В.Н., Сергеев А.Г., Савиных П.А. Результаты исследований весового дозирования ингредиентов комбикорма	20
Войтюк М.М., Виноградов П.Н., Мачнева О.П., Войтюк В.А., Кузнецова С.С. Современные технологии при строительстве, модернизации и реконструкции ферм и комплексов КРС	25
Севрюгина Н.С., Апатенко А.С., Панин А.В., Голубев И.Г. Системно-целевой метод формирования сервисных центров обслуживания объектов мелиоративных комплексов и систем	30
Комаров В.А., Курашкин М.И., Седойкин С.В. Исследование показателей качества автотранспортных средств для фермерских хозяйств в гарантийный период	34
Мишуrows Н.П., Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В., Войтюк В.А. Зарубежный опыт распространения новых знаний в сельском хозяйстве	38
Маринченко Т.Е. Система науки и образования как базовый элемент инновационной среды в АПК	44

● Выпуск 2

Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Дорохов А.С., Самсонов В.А. Приоритетные направления научно-технического развития отечественного тракторостроения	2
Инновационно. Точно. Эффективно	8
Системы автоматического вождения: с чего начать?	10
Алдошин Н.В., Маматов Ф.М., Исмаилов И.И. Средства механизации для обработки почвы в бахчеводстве	12
Костенко М.Ю., Гайбарян М.А., Тетерин В.С., Панферов Н.С., Митрофанов С.В., Гапеева Н.Н. Теоретическое обоснование параметров рабочих органов разбрасывателя центробежного типа	16
Скорляков В.И., Назаров А.Н., Петухов Д.А. Результаты производственного применения зерноуборочного комбайна с выгрузкой зерна на краю поля	21
Успенский И.А., Юхин И.А., Мачнев А.В., Голиков А.А. Формирование комплекса картофелеуборочных и транспортных машин	27
Соболева Е.В., Новиков Э.В., Безбабченко А.В. Лен масляный для производства длинного волокна	32
Гриднев П.И., Гриднева Т.Т. Определение вероятности проскока частиц навоза через слои ферромагнитных элементов в аппаратах вихревого слоя	36
Нагорнов С.А., Зазуля А.Н., Мещерякова Ю.В., Голубев И.Г. Экологические показатели работы дизелей на моторном топливе с биодобавками из микроводорослей	40
Карпузова Н.В., Чернышева К.В., Королькова А.П. Совершенствование управления сельскохозяйственной организацией в условиях информационной экономики	44

● Выпуск 3

Давыдова С.А., Старостин И.А., Ещин А.В., Гольяпин В.Я. Анализ технического уровня современных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 2	2
Кормоуборочные комбайны RSM F 2650: заявленному верить	12
Иванов А.Б., Таркинский В.Е., Ревенко В.Ю. К вопросу определения буксования сельскохозяйственных тракторов	14
Комаров В.А., Курашкин М.И., Якушев И.В. Оценка соответствия автотранспортных средств, используемых в агропромышленном комплексе	20
Киреев И.М., Коваль З.М., Данилов М.В. Экспериментальная оценка дисперсности капель, создаваемой разработанным техническим средством для краевой обработки поля	26
Бобков С.И., Астафьев В.Л. Эффективность применения элементов системы точного земледелия в различных категориях хозяйств северного региона Казахстана	31
Новиков Э.В., Басова Н.В., Безбабченко А.В. Результаты сравнительного анализа линий переработки технической конопли, полученной по различным технологиям	37
Фомин А.И., Сенин П.В., Власкин В.В., Баранов И.А., Баранов А.Ю. Влияние технического состояния установки 011-1-02Н «Ремдеталь» на качество формируемых покрытий	42
Мишуrows Н.П., Свиридова С.А., Петухов Д.А., Семизоров С.А. Оценка эффективности двухрядных дисковых борон с энергонасыщенными тракторами	45

● Выпуск 4

Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Научно-технические достижения агроинженерных научных учреждений для производства основных групп сельскохозяйственной продукции	2
Технологии автоуправления – ключ к росту	12
Гайбарян М.А., Новиков Н.Н., Тетерин В.С., Сидоркин В.И., Гапеева Н.Н., Варфоломеева М.М. Синхронизация работы разбрасывателя твердых минеральных удобрений и вспомогательных машин и механизмов	15
Харламов В.А., Полякова И.В., Петрухина Д.И. Бицидное действие нетермальной аргоновой плазмы на микробиоту семян ячменя	20
Белик М.А., Юрина Т.А., Негреба О.Н., Чаплыгин М.Е. Эффективность листовой подкормки удобрениями с микроэлементами в технологии возделывания сои	24
Борычев С.Н., Успенский И.А., Юхин И.А., Лимаренко Н.В., Фомин С.Д., Мишуrows Н.П. Структурно-информационная модель повышения биотрансформационной интенсивности жидкой фракции свиного бесподстилочного навоза	28
Петров Е.Б. Переход к передовым интеллектуальным производственным технологиям: автоматизация и электронизация в животноводстве	33
Игнатов В.И., Катаев Ю.В., Герасимов В.С., Андреева Д.В. Основные факторы, влияющие на формирование системы «Сельхозрециклинг»	39
Маринченко Т.Е. Трансфер и коммерциализация технологий: функциональное разграничение определений	44

● Выпуск 5

Федоренко В.Ф. О технической модернизации сельского хозяйства	2
Зерноуборочный комбайн Т500	8
Подольская Е.Е., Бондаренко Е.В., Белименко И.С. Разработка межгосударственного стандарта на методы испытаний машин для уборки плодов и ягод	9
MAX CUT для работы в стиле CLAAS DISCO	12
Лискин И.В., Сидоров С.А., Миронова Д.А., Миронова А.В. Особенности износа рабочих органов почвообрабатывающего агрегата Viking	13
Системы автопилотирования Ростсельмаш выходят на рынок	17
Скорляков В.И., Негреба О.Н., Назаров А.Н., Попелова И.Г. Оценка поперечного распределения минеральных удобрений центробежными разбрасывателями	18
Неменуша Л.А. Перспективные направления технологического оснащения производства комбикормов	25
Тихомиров Д.А., Трунов С.С., Кузьмичев А.В. Разработка и исследование осушителя и подогревателя воздуха на базе элементов Пельтье	30
Фадеев И.В., Успенский И.А., Пестряев Д.А., Садетдинов Ш.В., Юхин И.А. Дипинаконборатные добавки в растворы для мойки деталей автотракторной техники	37
Парлюк Е.П. Совершенствование охлаждающих систем автотракторных двигателей и методов контроля их состояния	41
Макаров В.А., Макарова О.В., Гаспарян С.В., Наприс Ж.С., Подъяблонский П.А. Актуальные аспекты эффективного развития зернопродуктового подкомплекса	45

● Выпуск 6

Бурак П.И., Голубев И.Г. Обновление парка сельскохозяйственной техники в рамках реализации ведомственного проекта «Техническая модернизация агропромышленного комплекса»	2
Сельхозтехника переходит на «Ночное видение»	6
Ахалая Б.Х., Ценч Ю.С., Миронова А.В. Разработка и исследование дозирующей системы высевочного устройства пневматической сеялки	8
Ростовцев Р.А., Прокофьев С.В., Фадеев Д.Г., Соболева Е.В., Новиков Э.В. Математический анализ влияния различных факторов на процесс переработки тресты льна масляного в агрегате КВЛ-1М	12
Митрофанов С.В. Программный комплекс для расчета доз компонентов тукосмесей	17
Цой Ю.А., Любимов В.Е., Сагитов Л.Д., Кирсанов В.В., Головкин М.Е., Мишуrows Н.П. Разработка мобильного комплекса для тепловизионной видеоцифровой диагностики заболеваний коров	23
Гриднев П.И., Гриднева Т.Т. Результаты исследований процесса обработки навоза крупного рогатого скота в аппаратах вихревого слоя	29
Пахомов А.И. Биофизика и экспериментальный поиск ингибирующих гармоник магнитообеззараживающего оборудования	32
Ерохин М.Н., Свиридов А.С., Разгоняева А.И. Анализ отказов насосов, применяемых на сельскохозяйственных опрыскивателях различного типа	36

Королькова А.П., Шатилов М.В. Анализ состояния производства и потребления овощей в Российской Федерации..... 40

● Выпуск 7

Турапин С.С., Костоварова И.А. Анализ рынка шланго-барабанных дождевальных машин 2

Время включать Агроотроник 8

Ревенко В.Ю., Фролов С.С., Ткаченко А.Н., Иванов А.Б. Уточ-

ненная методика определения площади опорной поверхности шин современной сельскохозяйственной техники 10

Скорляков В.И., Назаров А.Н., Петухов Д.А. Сравнительные показатели работы зерноуборочных комбайнов с выгрузкой зерна на краю поля 16

Попов Р.А., Давыдова С.А., Голубев И.Г. Технические средства для уборки льна-долгунца 23

Цой Л.М., Рассказов А.Н., Кузьмина Т.Н. Анализ тенденций развития техники для раздачи кормов на свиноводческих фермах 28

Федоренко В.Ф., Кирсанов В.В., Мишуев Н.П. Анализ различных вариантов применения доильных роботов в молочном животноводстве 33

Комаров В.А., Курашкин М.И., Якушев И.В. Исследование потенциальных дефектов автотранспортных средств для фермерских хозяйств 38

Воробьев В.Ф., Джуря Н.Ю., Селиванов В.Г. Повышение эффективности возделывания плодовых культур 44

● Выпуск 8

Старовойтов С.И., Коротченя В.М. Концепция цифровизации почвообрабатывающих машин 2

Новая методика дифференцированного внесения удобрений принесла подмосковному хозяйству экономию ресурсов и рост урожайности. 7

«Цифра» от Ростсельмаш: не дань моде, а жизненная необходимость 8

Дерепаскин А.И., Комаров А.П. Обоснование схем расположения рабочих органов почвообрабатывающих орудий по критериям металлоемкости и тяговому сопротивлению 10

Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А. Распределение семян подсолнечника в рядок в зависимости от скоростных режимов работы пневматического высевателя 14

Фадеев И.В., Успенский И.А., Чаткин М.Н., Гольяпин В.Я. Зависимость потерь зерна от скорости движения и кинематических параметров молотильного барабана зерноуборочного комбайна 18

Попов Р.А., Абрамов И.Л. К вопросу теоретического обоснования и разработки режущего рабочего органа для уборки технической конопли 22

Подольская Е.Е., Бондаренко Е.В., Свиридова С.А. Стандартизация методов испытаний машин для товарной обработки плодов 27

Дрямов С.Ю., Жигалина Т.В., Семерня А.Н. Риск-ориентированный подход при осуществлении регионального государственного надзора в области технического состояния и эксплуатации самоходных машин и других видов техники, аттракционов 30

Алдошин Н.В., Васильев А.С., Чумакова Е.Н., Соловьева Е.А., Коноваленко Л.Ю. Технология приготовления водорастворимых премиксов для кур-несушек 36

Дорохов А.С., Свиридов А.С., Гончарова Ю.А., Алехина Р.А. Оценка химической стойкости полиуретановых компаундов, применяемых при изготовлении диафрагм мембранно-поршневых насосов 41

Свиридова С.А., Петухов Д.А., Юзенко Ю.А. Оценка эффективности четырехрядных дисковых борон с энергонасыщенными тракторами 45

● Выпуск 9

Старостин И.А., Давыдова С.А., Ещин А.В., Гольяпин В.Я. Тенденции развития современных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 3 2

Пахомов А.И., Максименко В.А., Буханцов К.Н., Ватутина Н.П. Исследование обеззараживающих свойств низкочастотных электромагнитных колебаний 9

Ростсельмаш высветил резервы для роста 12

Пономарев А.В., Кремнева О.Ю., Данилов Р.Ю., Пачкин А.А. Ресурсосберегающее техническое средство по уходу за почвой в междурядьях садов и виноградников 14

Булатов С.Ю., Семенов С.В., Сергеев А.Г. Функционально-морфологическая схема установки для приготовления зерновой патоки 18

Фириченков В.Е., Мирзоянц Ю.А. К созданию полуавтомата для заточки режущих пар стригальных машинок для овец 23

Тихомиров Д.А., Хименко А.В., Кузьмичев А.В. Напольный обогрев поросят с применением термоэлектрического теплового насоса 28

Черноиванов В.И., Денисов В.А., Катаев Ю.В., Соломашкин А.А. Новая стратегия технического обслуживания и ремонта машин 33

Кузьмин В.Н., Бурак П.И., Золотарев Д.Е., Гоголев Г.А., Жидков Г.А., Мирошников А.Н., Хоружий Л.И., Постникова Л.В. Расчет нормативных затрат на проведение испытаний по определению функциональных характеристик сельскохозяйственной техники 37

Рассказов А.Н., Мишуев Н.П. Экономическая необходимость модернизации объектов животноводства 44

● Выпуск 10

Чавыкин Ю.И., Мишуев Н.П. Научно-практические аспекты формирования открытой информационной среды мониторинга результатов НИОКР научных и образовательных учреждений, подведомственных Минсельхозу России 2

Самые мощные тракторы России 10

Лобачевский Я.П., Ахалая Б.Х., Шогенов Ю.Х., Старовойтов С.И. Инновационный многофункциональный агрегат для альтернативной обработки почвы 11

Сила интеллекта на службе агробизнеса 16

Гайбарян М.А., Сидоркин В.И., Гапеева Н.Н. Оптимизация структурного построения технологического процесса тукоsmещения и биомодификации твердых минеральных удобрений 17

Загоруйко М.Г., Катаев Ю.В., Марьин Р.А., Гольяпин В.Я. Экспериментальные исследования переноса влаги в зерновом материале и отдельном зерне 23

Пачкин А.А., Кремнева О.Ю., Данилов Р.Ю., Пономарев А.В. Мониторинг вредителей овощных культур с помощью светолоушек 28

Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В. Оптимизация технологических процессов в садоводстве 33

Булатов С.Ю., Нечаев В.Н., Сергеев А.Г. Исследование процесса дозирования компонентов комбикорма шнеком ДШ-1003 6

Гайдар С.М., Балькова Т.И., Пикина А.М., Наджи Наджм Абдулхазра Фархун, Голубев И.Г. Разработка металлоплакирующей присадки для деталей узлов трения сельскохозяйственных машин 41

Сыпко С.И. Социально-экономические и инфраструктурные аспекты развития сельских территорий 45

● Выпуск 11

Павлушин А.А., Каняева О.М. Инновационные методы подготовки квалифицированных инженерных кадров для агропромышленного комплекса 2

Универсальная пара тракторов 6

Правила выбора трактора по мощности и комплектации 8

Шаронов И.А., Курдюмов В.И., Курушин В.В., Прошкин В.Е., Линеенко В.Б. Исследование процесса поверхностной обработки почвы инновационными катками 9

Зыкин Е.С., Курдюмов В.И., Лазуткина С.А., Албутов С.П. Обоснование плотности почвы, формируемой катком гребневой сеплки 14

Исаев Ю.М., Семашкин Н.М., Злобин В.А., Джабраилов Т.А., Хабарова В.В. Теоретическое исследование и практический анализ устройства для дозирования и смешивания сыпучих материалов 17

Исаев Ю.М., Семашкин Н.М., Злобин В.А., Минибаева Е.В., Исаева А.М. Теоретическое исследование и анализ устройства для протравливания и перемещения сыпучих материалов 21

Абрамов А.Е., Морозов А.В., Карпенко М.А., Кошкина А.О. Исследование влияния силовых полей на качество очистки дизельного топлива при эксплуатации мобильных энергетических средств 25

Сидоров Е.А., Сидорова Л.И., Маслов А.М., Калинин Н.С. Масличные культуры как ресурсная база для производства биотоплива 30

Карпенко М.А., Морозов А.В., Карпенко Г.В. Влияние условий эксплуатации на изменение параметров износа сопряжений ДВС 33

Молочников Д.Е., Халимов Р.Ш., Аюгин Н.П., Салахутдинов И.Р., Яковлев С.А. Улучшение динамических характеристик прецизионных токарных станков, используемых при ремонте сельскохозяйственной техники 36

Хохлов А.Л., Марьин Д.М., Хохлов А.А. Влияние параметров технологического режима микродугового оксидирования на формирование толщины и пористости оксидного покрытия 40

Александрова Н.Р. Современное состояние и тенденции развития масличного подкомплекса Российской Федерации 44

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ЖИВОТНОВОДСТВА,
ПЛЕМЕННОГО ДЕЛА И КОРМОПРОИЗВОДСТВА

Agros^{DLG} 2022expo

25 - 27 ЯНВАРЯ
МОСКВА, РОССИЯ / КРОКУС ЭКСПО

Все виды профессионального
животноводства. Кормопроизводство

Все этапы производственно -
сбытовой цепочки

ВПЕРВЫЕ

- Выставка займёт 2 выставочных зала
- Отдельная экспозиция разделов "Корма" и "Ветеринария"
- Секции на горячие темы в свиноводстве и птицеводстве



ДЛГ РУС

DLG - Выставки для профессионалов
от экспертов в сельском хозяйстве



agros-expo.com

**AGRI
TECHNICA^{DLG}**
THE WORLD'S NO. 1

2022

НАВСТРЕЧУ ИННОВАЦИЯМ.

27 ФЕВРАЛЯ - 5 МАРТА, ГАННОВЕР, ГЕРМАНИЯ | ЭКСКЛЮЗИВНЫЕ ДНИ 27/28 ФЕВРАЛЯ

f vk in @AGROS.EXPO

+7 (495) 128 29-59

expo@dlg-rus.com

AGROSALON

4-7 ОКТЯБРЯ 2022



WWW.AGROSALON.RU