

Редакционная коллегия:

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

Члены редколлегии:

Апатенко А.С., д-р техн. наук;
Виноградов А.В., д-р техн. наук;
Голубев И.Г., д-р техн. наук, проф.;
Ерохин М.Н., д-р техн. наук, проф., академик РАН;
Завражных А. И., д-р техн. 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;
Папцов А.Г., д-р экон. наук, проф., академик РАН;
Полухин А.А., д-р экон. наук, проф. РАН;
Сторчевой В.Ф., д-р техн. наук, проф.;
Тихомиров Д.А., д-р техн. наук,
проф. РАН, чл.-корр. РАН;
Цой Ю.А., д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РАН;
Черноиванов В.И., д-р техн. наук, проф.,
академик РАН;
Шогенов Ю.Х., д-р техн. наук,
академик РАН

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:

Apatenko A.S., Doctor of Technical Science;
Vinogradov A.V., Doctor of Technical Science;
Golubev I.G., Doctor of Technical Science, professor;
Erokhin M.N., Doctor of Technical Science,
professor, academician of the Russian Academy
of Sciences;
Zavrazhnikov A.I., Doctor of Technical Science,
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;
Papstov A.G., Doctor of Economics, professor,
academician of the Russian Academy of Sciences;
Polukhin A.A., Doctor of Economics, professor
of the Russian Academy of Sciences;
Storchev V.F., Doctor of Technical Science,
professor;
Tikhomirov D.A., Doctor of Technical Science,
professor
of the Russian Academy of Sciences;
corresponding member of the Russian Academy
of Sciences;
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;
Shogenov Yu.H., Doctor of Technical Science,
academician
of the Russian Academy of Sciences
Отдел рекламы
Горбенко И.В.
Верстка
Речкина Т.П.
Художник Лапина Т.Н.

ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА
MACHINERY AND EQUIPMENT FOR RURAL AREA

В НОМЕРЕ

Техническая политика в АПК

Старостин И.А., Давыдова С.А., Ещин А.В., Гольяпин В.Я. Современные
сельскохозяйственные тракторы тягового класса 8 2

Технико-технологическое оснащение АПК: проблемы и решения

Накопительный эффект автоуправления 8
Воронин Е.С., Таркинский В.Е., Трубицын Н.В. Автоматизация хронометражных
работ при испытаниях сельскохозяйственной техники 10

Технологии, машины и оборудование для АПК

Юрина Т.А., Петухов Д.А., Свиридова С.А., Семизоров С.А. Параметры
и режимы работы современных технических средств для глубокой обработки
почвы 14
Рамазанова Г.Г., Байбобоев Н.Г., Гаджиев П.И., Гайипов У.Г. Обоснование
конструктивных параметров малогабаритного картофелекопателя 20
Новиков Э.В., Безбабченко А.В., Алтухова И.Н. Переработка льна масличного
из южного и сибирского регионов 24
Пахомов В.И., Брагинцев С.В., Рудой Д.В., Бахчевников О.Н. Пневматическое
молотильное устройство 28
Денисов В.А., Катаев Ю.В., Гончарова Ю.А., Славкина В.Э., Шитов А.О.
Оценка триботехнических свойств и возможности применения композита
ULTRAN 630CF для узлов трения сельскохозяйственной техники 31
Голубев И.Г., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С., Быков В.В., Голубев М.И.
Перспективные направления использования аддитивных технологий в ремонтном
производстве 35

Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение АПК

Виноградова А.В., Виноградов А.В. Методика расчёта показателей надёжности
электрооборудования с учётом сезонности 39

Аграрная экономика

Овсянко Л.А. Участие государства в защите имущественных интересов
сельскохозяйственных товаропроизводителей региона 45

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:

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

4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки);

5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономические науки)

Редакция журнала:

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



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

© «Техника и оборудование для села», 2023

Отпечатано в ФГБНУ «Росинформгротех»

Подписано в печать 14.06.2023 Заказ 133

УДК 629.3.01

DOI: 10.33267/2072-9642-2023-6-2-7

Современные сельскохозяйственные тракторы тягового класса 8

И.А. Старостин,*канд. техн. наук,
ст. науч. сотр.,
starwan@yandex.ru***С.А. Давыдова,***канд. техн. наук,
вед. науч. сотр.,
davidova-sa@mail.ru***А.В. Ещин,***канд. техн. наук,
ст. науч. сотр.,
eschin-vim@yandex.ru
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);***В.Я. Гольяпин,***канд. техн. наук,
вед. науч. сотр.,
infrast@mail.ru
(ФГБНУ «Росинформагротех»)*

Аннотация. Проведен сравнительный анализ технических характеристик тракторов сельскохозяйственного назначения тягового класса 8, выявлены их отличительные особенности и тенденции развития.

Ключевые слова: сельскохозяйственный трактор, технические характеристики, технический уровень, двигатель, трансмиссия, вал отбора мощности, гидравлическая система, навесная система.

Постановка проблемы

Колесные сельскохозяйственные тракторы тягового класса 8 относятся к тракторам общего назначения. Применяются в основном для выполнения энергоемких технологических операций (вспашка, дискование, глубокорыхление, культивация почвы, снегозадержание, посев сельскохозяйственных культур в агрегате с широкозахватными и комбинированными сельскохозяйственными орудиями). Кроме того, они могут использоваться при выполнении мелиоративных работ и операций по введению в оборот залежных земель в агрегате с корчевателями, муль-

черами, ротоваторами, каналокопателями, при прокладке систем орошения и дренажа, закладке садовых насаждений и рекультивации старых садов. Наиболее эффективно данный класс тракторов может использоваться в крупных сельскохозяйственных организациях с посевными площадями более 2,5 тыс. га.

В настоящее время для формирования оптимального тракторного парка страны, по данным Минсельхоза России, необходимо, чтобы в его составе эксплуатировалось не менее 4,1 тыс. ед. колесных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 8 [1]. При этом, по оценкам ведомства, дефицит таких тракторов в отрасли составляет около 2 тыс. ед. Данные аналитического обзора «АСМ-холдинг» за 2020 г. показывают, что объем производства сельскохозяйственных тракторов всех тяговых классов в России составил 5,1 тыс. ед. [2]. Проведенный анализ выпускаемых моделей выявил, что в 2020 г. выпущено только 1,4 тыс. ед. сельскохозяйственных тракторов тяговых классов 6-8.

В настоящее время на территории Российской Федерации производство сельскохозяйственных тракторов, относящихся к восьмому тяговому классу, осуществляется на предприятиях АО «Петербургский тракторный завод» (серия Кировец К-7М) и АО «КЗ «Ростсельмаш» (серия RSM 3000). Тракторы тягового класса 8 на отечественный рынок поставляют и зарубежные производители: Минский тракторный завод, Case, Challenger, Claas, Fendt, John Deere, New Holland.

Достаточно жесткая конкуренция на рынке сельскохозяйственных тракторов требует от производителей повышения потребительских свойств и, соответственно, конкурентоспособности выпускаемой продукции,

для чего необходимо отслеживать основные мировые тенденции развития тракторной техники и применяемых инновационных технических решений, влияющих на эксплуатационные свойства техники [3]. Сельскохозяйственные товаропроизводители стремятся из всего многообразия выбрать тракторы, обеспечивающие наибольшую эффективность выполнения работ, снижение эксплуатационных затрат, оптимальные условия работы оператора, наименьшее негативное воздействие на окружающую среду и др. [4]. Поэтому как для сельскохозяйственных машиностроителей, так и для сельхозтоваропроизводителей достаточно интересно и актуально проведение исследований потребительских свойств отечественных и зарубежных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 8 с целью их сравнительной оценки и выявления направлений дальнейшего совершенствования.

Цель исследования – выявить основные отличительные особенности современных колесных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 8 отечественного и зарубежного производства, современные тенденции и направления их дальнейшего развития.

Материалы и методы исследования

При проведении исследования использовался ГОСТ 27021-86 (СТ СЭВ 628-85) Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы. Исследовались технические характеристики и конструктивные особенности современных сельскохозяйственных тракторов восьмого тягового класса, производящихся в России, странах СНГ, ЕС и США. Основой исследования послужили информационные материалы российских и зарубежных предпри-

ятий-изготовителей сельскохозяйственных тракторов, размещенные в открытых источниках. В процессе исследования использовались методы информационного анализа и синтеза, информационно-аналитического мониторинга, экспертного анализа.

Результаты исследований и обсуждение

Основываясь на информации производителей о принадлежности тракторов к тяговому классу 8, для проведения исследований выбраны следующие модели колесных сельскохозяйственных тракторов: Кировец К-742М, Belarus 4522, RSM 3435, Case Steiger 450, Challenger MT945B, Claas XERION 4500, Fendt 1042 Vario, John Deere 9R 440, New Holland T9.505. Все рассматриваемые модели являются полноприводными колесными тракторами, при этом преобладающее большинство из них (67 %) имеет компоновку с шарнирно-сочлененной рамой и колесную формулу 4К46. Улучшенную классическую компоновку имеют только Belarus 4522 и Fendt 1046 Vario, а трактор Claas XERION 4500 является интегральным (управляемыми являются и передняя, и задняя оси) с колесной формулой 4К46. По представленным производителями данным об эксплуатационной массе тракторов в соответствии с ГОСТ 27021-86 определены расчетные значения их тягового усилия (рис. 1).

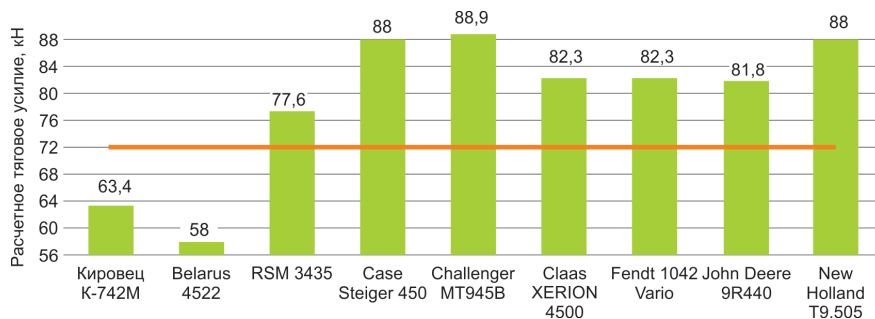


Рис. 1. Расчетное тяговое усилие сельскохозяйственных тракторов тягового класса 8, кН:

■ – расчетное значение; — – минимальное значение

Полученные данные показывают, что расчетное тяговое усилие тракторов Belarus 4522 и Кировец К-742М ниже минимального значения, установленного для тракторов данного тягового класса. В связи с этим данные модели могут использоваться как тракторы тягового класса 8 только при их существенном балластировании: Belarus 4522 – не менее чем на 3676 кг (25% эксплуатационной массы), а Кировец К-7М – на 2296 кг (14% эксплуатационной массы).

Рассматриваемые модели сельскохозяйственных тракторов оснащаются шестицилиндровыми дизельными двигателями мощностью 315-336 кВт (табл. 1).

Представленные в табл. 1 данные показывают, что большинство рассматриваемых тракторов (67%) имеют двигатели объемом 12,4-12,9 л и максимальный крутящий момент 2000-2136 Н·м. Наибольший максимальный крутящий момент – у дви-

гателя трактора Challenger MT945B – 2238 Н·м, который также имеет наибольший объем – 15,2 л, при этом наименьшим максимальным крутящим моментом обладает двигатель RSM 3435 – 1992 Н·м. Коэффициент запаса крутящего момента преобладающего большинства рассматриваемых тракторов (67%) составляет 35-42%. Наибольшим запасом крутящего момента обладают двигатели тракторов Challenger MT945B, Belarus 4522, Case Steiger 450 и New Holland T9.505, что дает им возможность переносить значительные перегрузки без понижения передачи. Наименьший запас крутящего момента имеет Fendt 1042 Vario – 17%. Удельный расход топлива рассматриваемых тракторов составляет 210-220 г/кВт·ч. В настоящее время в Российской Федерации в соответствии с ГОСТ Р 41.96-2011 действуют экологические требования к тракторам, эквивалентные нормам Stage III [5, 6]. Рассматриваемые

Таблица 1. Характеристики двигателей сельскохозяйственных тракторов восьмого тягового класса

Марка и модель трактора	Двигатель				Коэффициент запаса крутящего момента, %	Удельный расход топлива, г/кВт·ч	Экологический класс
	марка	мощность, кВт/л.с.	объем, л	максимальный крутящий момент, Н·м			
Кировец К-742М	Мерседес OM460LA	315/428	12,8	2000	25	210	Н.д.
Belarus 4522	Caterpillar C13	317/431	12,5	2048	41	211	Stage 3a
RSM 3435	Cummins QXS 15	324/440	15	1992	35	220	Tier 3
Case Steiger 450	Case IH FPT	336/457	12,9	2136	40	Н.д.	Tier 4a
Challenger MT945B	Caterpillar C15 Acert	320/430	15,2	2238	42	218	Tier 3
Claas XERION 4500	Perkins 2206D E13TA	330/449	12,5	2203	Н.д.	210	Stage 3a
Fendt 1042 Vario	MAN	320/435	12,4	2108	17	Н.д.	Tier 4
John Deere 9R440	PowerTech Plus 13,6	328/440	13,6	2031	35	Н.д.	Tier 4
New Holland T9.505	FPT Cursor 13	336/457	12,7	2136	40	214	Tier 3

Таблица 2. Характеристика трансмиссий сельскохозяйственных тракторов восьмого тягового класса

Марка / модель трактора	Тип коробки передач, число передач вперед/назад	Скорость движения вперед, min/max, км/ч	Скорость движения назад, min/max, км/ч
Кировец К-742М	Автоматическая с переключением 4 передач внутри 4 диапазонов без разрыва потока мощности, 16/8	4,72-32,1	5,86-24,1
Belarus 4522	Автоматическая с переключением передач внутри диапазона без разрыва потока мощности, 16/8	3,40-38	2,9-16
RSM 3435	Автоматическая с переключением передач внутри диапазона без разрыва потока мощности, 16/4	2,50-40	2,2-14,5
Case Steiger 450	Автоматическая с переключением передач внутри диапазона без разрыва потока мощности, 16/2	4,50-40	6,9-14,7
Challenger MT945B	Автоматическая с переключением передач без разрыва потока мощности, 16/4	2,65-39,6	2,12-14,09
Claas XERION 4500	Автоматическая бесступенчатая	0,05-50	0,05-50
Fendt 1042 Vario	Автоматическая бесступенчатая	0,02-60	0,02-33
John Deere 9R440	Автоматическая с переключением передач без разрыва потока мощности, 18/6	Н.д. -40	Н.д.
New Holland T9.505	Автоматическая с переключением передач без разрыва потока мощности, 16/2	4-40	6,1-13,5

модели тракторов удовлетворяют данным требованиям.

В большинстве случаев (78%) тракторы оснащаются автоматическими ступенчатыми коробками передач с переключением передач без разрыва потока мощности. Автоматическими бесступенчатыми коробками передач оснащаются только тракторы Claas XERION 4500 и Fendt 1042 Vario. Основные характеристики трансмиссий рассматриваемых сельскохозяйственных тракторов приведены в табл. 2.

В ступенчатых трансмиссиях число передач переднего хода большинства тракторов (86%) составляет 16, при этом производители в равной степени используют коробки переключения передач с числом передач заднего хода 2, 4 или 6. Только трактор John Deere 9R440 имеет 18 передач переднего хода и 6 передач заднего. Диапазон скоростей движения вперед рассматриваемых тракторов составляет 0,02-60 км/ч. Широким диапазоном скоростей движения обладают тракторы Fendt 1042 Vario и Claas XERION 4500. При этом установленная на данных тракторах бесступенчатая трансмиссия позволяет плавно регулировать передаточное отношение в процессе работы, что дает возможность подобрать наиболее согласованный

режим работы двигателя и трансмиссии и тем самым добиться максимальных показателей топливной экономичности. Наименьшей максимальной и наибольшей минимальной скоростью движения вперед по сравнению с другими рассматриваемыми тракторами обладает Кировец К-742М, в связи с чем эффективность выполнения некоторых сельскохозяйственных работ данным трактором будет ниже по сравнению с аналогами.

Габаритные размеры рассматриваемых сельскохозяйственных

тракторов составляют: длина – от 6350 (Fendt 1042 Vario) до 7945 мм (John Deere 9R440), ширина – от 2490 (Claas XERION 4500) до 4826 мм (Challenger MT945B), высота – от 3570 (Fendt 1042 Vario) до 4115 мм (Challenger MT945B). Только трактор Claas XERION 4500 имеет габаритную ширину меньше нормативно установленной максимальной ширины мобильных средств – 2550 мм, при которой допускается их движение по дорогам общего пользования без специального разрешения и сопровождения.

Таблица 3. Габаритные размеры, агротехнический просвет, маневренность и масса сельскохозяйственных тракторов восьмого тягового класса

Марка / модель трактора	Габаритные размеры, мм	Агротехнический просвет, мм	Колесная база, мм	Минимальный радиус разворота, м	Эксплуатационная масса, кг
Кировец К-742М	7350×2875×3876	500	3750	7,1	16165
Belarus 4522	7100×3020×3630	450	3300	6,5	14785
RSM 3435	7606×3180×3980	Н.д.	3900	5	19790
Case Steiger 450	7493×3048×3843	Н.д.	3759	5,7	22453
Challenger MT945B	7570×4826×4115	440	3950	Н.д.	22680
Claas XERION 4500	7493×2490×3651	525	3500	7	21000
Fendt 1042 Vario	6350×2750×3570	600	3300	7	21000
John Deere 9R440	7945×Н.д.×Н.д.	527	3912	6	20856
New Holland T9.505	7393×3048×3843	443	3759	4,9	22453

Агротехнический просвет рассматриваемых тракторов составляет от 440 (Challenger MT945B) до 600 мм (Fendt 1042 Vario). Колесная база – от 3300 (Belarus 4522, Fendt 1042 Vario) до 3950 мм (Challenger MT945B), при этом преобладающее большинство тракторов (67%) имеет колесную базу 3300-3759 мм. Минимальный радиус поворота рассматриваемых тракторов составляет от 4,9 (New Holland T9.505) до 7,1 м (Кировец К-742М), при этом преобладающее большинство из них (67%) имеет радиус поворота 5-7 м (табл. 3).

Грузоподъемность задних навесных систем рассматриваемых сельскохозяйственных тракторов на оси подвеса составляет от 8845 (Challenger MT945B) до 12920 кг (Fendt 1042 Vario). Большинство тракторов имеет заднюю навесную систему грузоподъемностью 9000-10000 кг. Передней навесной системой опционально комплектуются только Belarus 4522, Claas XERION 4500 и Fendt 1042 Vario – 5500, 8100 и 5584 кг соответственно (рис. 2).

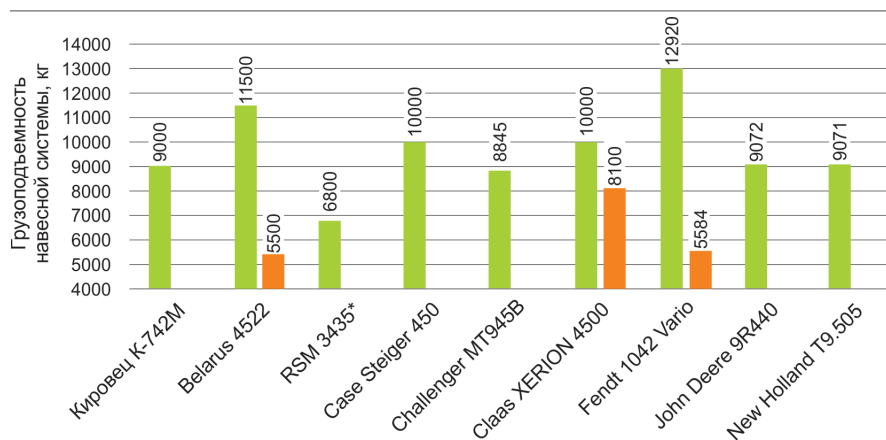
Среди рассматриваемых моделей тракторов в базовой комплектации наименьшую производительность гидравлической системы имеют Case Steiger 450 и New Holland T9.505 (159 л/мин), наибольшую – RSM 3435 и John Deere 9R440 (208 л/мин). Минимальная производительность опционально устанавливаемой гидравлической системы – у Challenger MT945B (223 л/мин, или 135% базовой), максимальная – у Fendt 1042 Vario (430 л/мин, или 261% базовой). Производительность гидравлических систем сельскохозяйственных тракторов тягового класса 8 представлена на рис. 3.

Большинство рассматриваемых сельскохозяйственных тракторов (78%) оснащается односкоростным задним BOM с частотой вращения 1000 мин⁻¹. Трактор Belarus 4522 оснащается двухскоростным BOM с режимами работы 1000/1450, Fendt 1046 Vario – трехскоростным BOM с режимами 1000/1000 E/1300 (рис. 4). Передний BOM устанавливается только на тракторы Belarus 4522

имеет частоту вращения 1000 мин⁻¹. Передаваемая через задний BOM тракторов мощность составляет 249-283 кВт (75,9-84,8% мощности установленных двигателей).

Проведенный анализ основных характеристик и конструктивных особенностей сельскохозяйственных тракторов восьмого тягового класса показывает, что большинство веду-

щих мировых производителей представляют в данном тяговом классе флагманские модели своей линейки и стремятся наделить их наибольшим числом инновационных решений, способствующих повышению производительности, топливной экономичности, экологичности, функциональности, улучшению условий работы оператора.



*Приведено значение грузоподъемности навесной системы на расстоянии 610 мм от оси подвеса.

Рис. 2. Грузоподъемность задней и передней навесных систем сельскохозяйственных тракторов восьмого тягового класса, кг:

■ – задняя навесная система; ■ – передняя навесная система

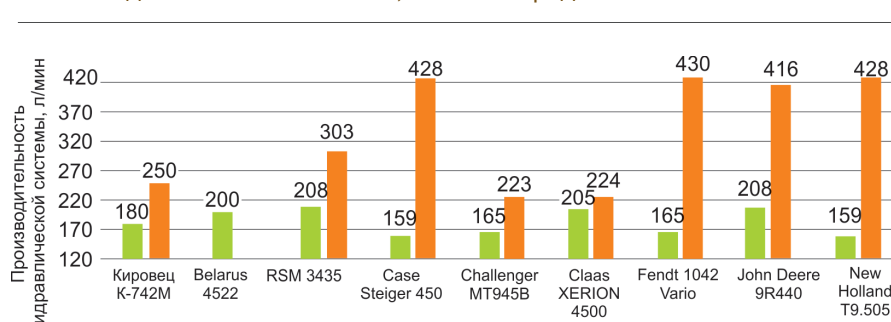


Рис. 3. Производительность гидравлических систем сельскохозяйственных тракторов тягового класса 8:

■ – базовая; ■ – опциональная

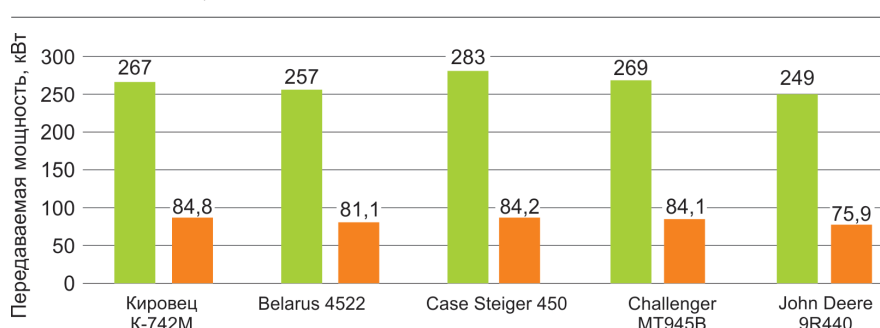


Рис. 4. Мощность, передаваемая через задний BOM тракторов восьмого тягового класса:

■ – передаваемая через BOM мощность, кВт;
■ – доля от мощности установленного двигателя, %

С целью повышения мощности, экономичности и экологичности двигатели сельскохозяйственных тракторов восьмого тягового класса оснащаются четырехклапанными системами газораспределения с гидрокомпенсаторами для автоматического регулирования тепловых зазоров клапанов, одно- и двухступенчатыми турбонагнетателями, турбонагнетателями с изменяемой геометрией турбины или с перепускными заслонками, системами охлаждения наддувочного воздуха, аккумуляторными топливными системами высокого давления Common Rail с возможностью впрыска до десяти порций топлива за один цикл, электронными системами управления мощностью.

Применяются системы очистки выхлопных газов, сажевые фильтры, катализаторы окисления, системы нейтрализации отработавших газов, системы рециркуляции отработавших газов [7-8]. В системе охлаждения используют гидравлический привод вентилятора, позволяющий регулировать интенсивность охлаждения теплоносителя или реализовать кратковременное включение вентилятора в реверсивном режиме; продуть радиатор двигателя, очистив его тем самым от скапливающихся пыли и мусора.

Для повышения производительности и снижения расхода топлива при выполнении технологических операций в тракторах восьмого тягового класса применяют в основном автоматические трансмиссии с переключением передач без разрыва потока мощности. Лишь некоторые производители серийно устанавливают на свои тракторы автоматические бесступенчатые трансмиссии, которые позволяют плавно регулировать передаточное отношение в достаточно широком диапазоне скоростей, начиная практически с нуля, обеспечивать наивысшие показатели мощности и топливной экономичности, расширить функциональные возможности трактора. С учетом достаточно высоких скоростей движения тракторов (40-60 км/ч) применяются дисковые тормозные системы

всех колес, системы торможения двигателем, курсовой устойчивости, антиблокировочные системы.

Снижение удельного давления на почву тяжелых тракторов и повышение их тяговых показателей обеспечиваются применением систем для установки сдвоенных и строенных колес, шин низкого давления с электронной системой регулирования давления в зависимости от выполняемых работ и состояния почвы. Некоторые производители предлагают комплектации тракторов с гусеничными модулями с резино-армированными гусеницами, что позволяет снизить уплотнение почвы и своевременно провести работы в ранневесенний период [9].

Поскольку тракторы тягового класса 8 используются преимущественно для выполнения определенного перечня наиболее энергоемких сельскохозяйственных операций в составе с комбинированными и широкозахватными орудиями, не требующими в большинстве случаев активного привода рабочих органов, то значение вала отбора мощности для тракторов восьмого тягового класса не столь велико по сравнению с тракторами меньших тяговых классов. В связи с чем устанавливается преимущественно одноступенчатый независимый ВОМ с частотой вращения 1000 мин⁻¹. При этом для некоторых моделей вал отбора мощности является опцией, что позволяет снизить стоимость базовой комплектации и повысить ее конкурентоспособность на рынке. Лишь некоторые производители применяют двухступенчатые и трехступенчатые ВОМ, расширяющие функциональные возможности тракторов и позволяющие повысить эффективность выполнения работ в агрегате с сельскохозяйственными машинами, требующими активного привода рабочих органов от трактора.

В то же время современные сельскохозяйственные машины, агрегирующиеся с тяжелыми тракторами, в большинстве случаев являются прицепными. Часто в них используются гидравлические цилиндры для перевода из транспортного положения

в рабочее и наоборот, изменения положения рабочих органов, гидравлический привод активных рабочих органов. Для обеспечения возможности работы с такими машинами и достижения высоких показателей эффективности агрегата производитель тракторов стремятся обеспечить высокую производительность гидравлической системы, достаточное число гидровыходов, возможность регулирования потока масла и давления в гидросистеме.

Поскольку с тракторами восьмого тягового класса агрегируются в большинстве случаев прицепные сельскохозяйственные машины, то требования к грузоподъемности навесных систем и навесоспособности данных тракторов имеют не такое высокое значение по сравнению с тракторами меньших тяговых классов. Поэтому заднюю навесную систему устанавливают опционально, используя для агрегатирования с сельскохозяйственными машинами только тяговый брус, что позволяет несколько снизить стоимость трактора и повысить его ценовую конкурентоспособность на рынке. По этим же причинам не получает широкого распространения передняя навесная система, которая используется преимущественно на тракторах классической и интегральной компоновки.

Одним из направлений совершенствования сельскохозяйственных тракторов является улучшение условий работы оператора, снижение его утомляемости и исключение ошибок, обусловленных человеческим фактором. Для этого используются системы поддрессирования кресла оператора, кабины, мостов трактора; устанавливаются системы параллельного вождения на базе современных навигационных систем, оснащенных гидравлическим блоком, встроенным в систему рулевого управления трактора (точность вождения – 1,5-2 см даже при эксплуатации широкозахватных сельскохозяйственных орудий). Используются автоматические трансмиссии, электронные системы управления гидравлической системой и ВОМ (реализация

функции запоминания действий оператора и их последующего воспроизведения или автоматического управления в соответствии с заданной программой; обеспечение возможности оператору сконцентрироваться на контроле протекания технологического процесса, вовремя осуществлять необходимые настройки и корректировки и тем самым добиться наивысших показателей производительности и качества выполнения сельскохозяйственных работ). Высокий уровень автоматизации управления тракторами является серьезной предпосылкой для последующего создания дистанционно контролируемых оператором автономных беспилотных сельскохозяйственных тракторов, работающих в формирующейся системе цифрового сельского хозяйства [10].

Выводы

1. В настоящее время ведущие мировые производители тракторной техники ориентируются на выпуск равноколесных полноприводных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 8 с шарнирно-сочлененной рамой. Расчетные тяговые усилия тракторов Belarus 4522 и Кировец К-742М ниже минимального значения тягового усилия для восьмого тягового класса, в связи с чем для работы в восьмом тяговом классе данные тракторы необходимо балластировать соответственно на 25 и 14% от их эксплуатационных масс.

2. Рассмотренные модели тракторов оснащаются шестицилиндровыми дизельными двигателями мощностью 315-336 кВт, большинство из которых имеют объем 12,4-12,9 л и максимальный крутящий момент 2000-2136 Н·м. Удельный расход топлива двигателей составляет 210-220 г/кВт·ч, коэффициент запаса крутящего момента – 35-42%. Рассмотренные модели тракторов удовлетворяют действующим в Российской Федерации экологическим требованиям по выбросам выхлопных газов.

3. Проведенный анализ основных характеристик и конструктивных особенностей сельскохозяйственных

тракторов тягового класса 8 показывает, что большинство ведущих мировых производителей представляют в данном сегменте флагманские модели своей линейки и стремятся наделить их наибольшим числом инновационных решений, способствующих повышению производительности, топливной экономичности, экологичности, функциональности, улучшению условий работы оператора.

Список

использованных источников

1. **Старостин И.А., Загоруйко М.Г.** Материально-техническая база сельского хозяйства: обеспеченность тракторами и состояние тракторостроения // Аграрный научный журнал. 2020. № 10. С. 126-130.
2. Производство и продажа тракторной и сельскохозяйственной техники производителями России и других стран СНГ: аналит. обзор. М.: ОАО «АСМ-холдинг», 2020. 109 с.
3. **Дорохов А.С.** Эффективность оценки качества сельскохозяйственной техники и запасных частей // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. 2015. № 1 (65). С. 31-35.
4. **Семейкин В.А., Дорохов А.С.** Экономическая эффективность входного контроля качества сельскохозяйственной техники // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. 2009. № 7 (38). С. 15-17.
5. **Davydova S.A., Starostin I.A.** Compliance of modern agricultural tractors presented on Russian market with global emission standards // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. № 659 (2021) 012119. DOI 10.1088/1755-1315/659/1/012111.
6. **Давыдова С.А., Старостин И.А.** Класс экологичности современных сельскохозяйственных тракторов // АгроЭко-

Инфо. 2020. № 2 [Электронный ресурс]. URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/1/st_214.pdf (дата обращения: 07.10.2021).

7. **Дорохов А.С., Давыдова С.А., Старостин И.А., Гольяпин В.Я.** Анализ технического уровня современных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 1,4 // Техника и оборудование села. 2020. № 12 (28). С. 8-13.

8. **Давыдова С.А., Старостин И.А., Ещин А.В., Гольяпин В.Я.** Анализ технического уровня современных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 2 // Техника и оборудование для села. 2021. № 3 (285). С. 2-9.

9. **Старостин И.А., Давыдова С.А., Ещин А.В., Гольяпин В.Я.** Тенденции развития современных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 3 // Техника и оборудование для села. 2021. № 9. С. 2-8.

10. **Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Дорохов А.С., Самсонов В.А.** Приоритетные направления научно-технического развития отечественного тракторостроения // Техника и оборудование села. 2021. № 2 (284). С. 2-7.

Modern Agricultural Tractors of Traction Class 8

I.A. Starostin, S.A. Davydova, A.V. Yeshchin
(FSBI FNATS VIM)

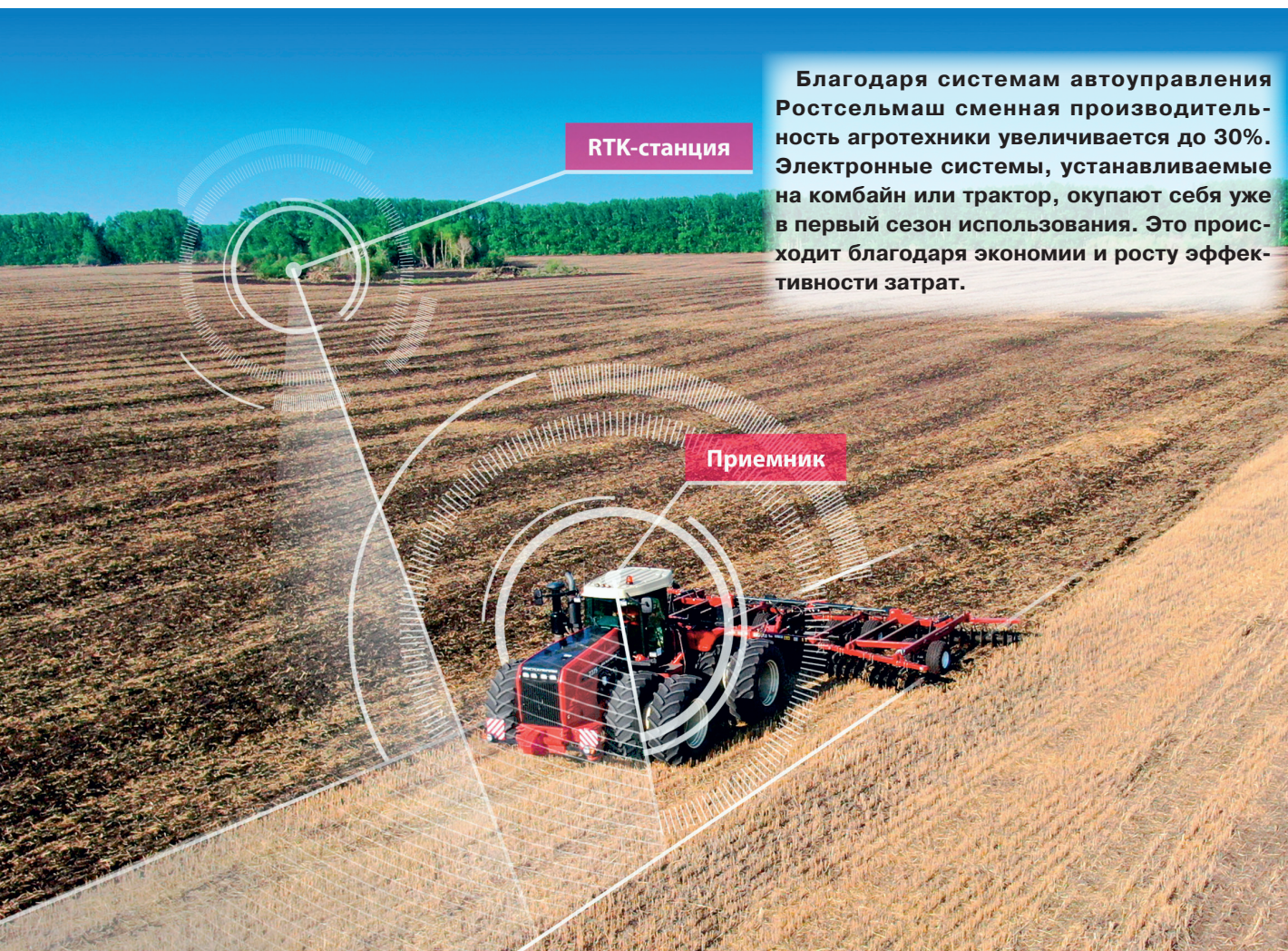
V.Ya. Golyapin
(FSBI «Rosinformagrotech»)

Summary: A comparative analysis of the technical characteristics of agricultural tractors of traction class 8 is carried out, their distinctive features and development trends are revealed.

Keywords: agricultural tractor, technical characteristics, technical level, engine, transmission, power take-off shaft, hydraulic system, hinged system.



Накопительный эффект автоуправления



Благодаря системам автоуправления Ростсельмаш сменная производительность агротехники увеличивается до 30%. Электронные системы, устанавливаемые на комбайн или трактор, окупают себя уже в первый сезон использования. Это происходит благодаря экономии и росту эффективности затрат.

Системы автоуправления Ростсельмаш – это РСМ Агротроник Пилот 1.0, РСМ Агротроник Пилот 1.0 Электроруль и РСМ Агротроник Пилот 2.0. Они могут дополняться другими системами точного земледелия и идентификации, которые доступны в дилерских центрах компании, например, РСМ Картирование урожайности, РСМ Роутер, РСМ Транспорт или Фейс Айди. Базой для них служит электронная платформа агроменеджмента РСМ Агротроник. В своей совокупности и по отдельности эти системы выполняют роль умных помощников и менеджеров предприятия, строго следящих за эксплуатацией техники, расходом ресурсов и правильным внесением удобрений.

Наиболее наглядный экономический эффект достигается от использования систем автоуправления. Они же обладают наиболее «футуристичными» харак-

теристиками, например, функцией авторазворота или способностью реагировать на меняющуюся физическую среду. Проще говоря, машины не просто едут по заданному маршруту, но «видят» все препятствия и способны должным образом на них реагировать.

РСМ Агротроник Пилот 1.0, например, управляет движением комбайна, трактора, опрыскивателя или других агромашин в поле, их разворотами, опусканием адаптера в начале гона и поднятием в конце. С помощью базовой станции RTK обеспечивается высокая точность позиционирования (до 2,5 см). Благодаря этому значительно снижается количество пропусков и перекрытий, экономятся ГСМ, а работа в условиях плохой видимости и в темное время суток становится эффективнее. В целом производительность комбайнов при поддержке системы РСМ Агротроник Пилот 1.0 выше до 30%,

тракторов – до 60%. Сигнал коррекции непрерывно передается посредством радиоканалов.

PCM Агротроник Пилот 2.0 – первая в мире уникальная гибридная система, работающая на основе технологии ГНСС и RTK, а также машинного зрения, т.е. RTK-поправки «отвечают» за точность вождения (до 2,5 см), а машинное зрение способно вовремя распознать препятствие и остановить комбайн перед ним.

«Электронные помощники» за счет сокращения времени, затрачиваемого на все операции, позволяют экономить на топливе и времени уборки. Благодаря им сводится к минимуму количество пропусков и перекрытий, а работа в условиях плохой видимости и в темное время суток становится эффективнее. Другие электронные системы позволяют не только облегчить работу механизатора, но и предложить пользователю, владельцу агробизнеса решения, повышающие эффективность и рентабельность.

Экономический эффект от использования систем автоуправления можно оценить на основе опыта эксплуатации комбайна TORUM 785, который тестировали в беспилотном и пилотируемом режимах. Машина обработала 500 га за сезон в поле с урожайностью 65 ц/га с 9-метровым адаптером. В результате сменная производительность комбайна, оснащенного системой, оказалась на 30% выше, чем у того, который работал



без нее (43,5 га против 33,4 га). Уборка была выполнена на 3,5 дня (или на 23%) быстрее. Примерно такой же показатель в процентах составил и по экономии топлива. Также за смену за счет сокращения потерь собрано на 3,2% больше зерна.

Все вышеописанные системы устанавливаются на зерноуборочные комбайны и тракторы Ростсельмаш в любом дилерском центре компании. Они доступны и в виде коробочного решения. Функционал электронных систем сегодня крайне востребован в сельском хозяйстве, особенно в силу дефицита хороших специалистов.



УДК 631.3.018.2:004.32

DOI: 10.33267/2072-9642-2023-6-10-13

Автоматизация хронометражных работ при испытаниях сельскохозяйственной техники

Е.С. Воронин,

науч. сотр.,
KDbbyScience@mail.ru

В.Е. Таркивский,

д-р техн. наук,
зам. директора по науч. работе,
гл. науч. сотр.,
tarkivskiy@yandex.ru

Н.В. Трубицын,

канд. техн. наук,
зав. лабораторией,
вед. науч. сотр.,
trubicin@yandex.ru
(Новокубанский филиал
ФГБНУ «Росинформагротех»
[КубНИИТиМ])

Аннотация. Рассмотрены особенности применения устройств для ручного ведения хронометража операций при испытаниях сельскохозяйственной техники. Предложены инерциальный датчик положения, позволяющий точно идентифицировать наиболее распространённые операции – работу и поворот, и конструкция универсального хронометра ИП-287, позволяющая подключаться по беспроводной сети к инерциальным датчикам положения.

Ключевые слова: хронометраж, эксплуатационно-технологическая оценка, универсальный хронометр, испытание, контроль показателей, датчик положения.

Постановка проблемы

В современных условиях экономическая система вынуждает производителей новой сельскохозяйственной техники проводить эксплуатационно-технологическую оценку (ЭТО) своих изделий с целью продвижения на рынке среди аналогичных машин путем ознакомления потребителей с результатами оценки. В свою очередь, сельхозпроизводители при выборе новой техники полностью опираются на данные, заявленные

производителем машин, которые при наличии на рынке большой конкуренции не всегда соответствуют истине.

Эксплуатационно-технологическая оценка сельскохозяйственной техники необходима для определения эксплуатационных свойств машин, характеризующих их способность выполнять технологический процесс с соблюдением качества, минимальными потерями сменного времени и оптимальной производительностью.

Методика расчёта показателей ЭТО изложена в межгосударственном стандарте ГОСТ 24055 [1]. Основные показатели эксплуатационно-технологической оценки определяются на основе значений длительности элементов времени смен, полученных в результате хронометража при испытаниях машины. Расчёт экономической эффективности машины проводится в соответствии с межгосударственным стандартом [2] и на базе показателей эксплуатационно-технологической оценки (производительность, расход топлива).

Условно процесс получения эксплуатационно-технологических показателей можно разделить на два этапа:

- получение элементов времени контрольной смены в полевых условиях;
- обработка всех входных данных на персональном компьютере с помо-

щью дополнительного программного обеспечения и определение производительности агрегата, удельного расхода топлива, удельного расхода вспомогательных материалов, численности обслуживающего персонала.

Исходные данные получают во время эксплуатации машины при выполнении технологической операции и фиксации продолжительности элементов времени смены.

Продолжительность элементов времени смены фиксируют при сплошном хронометраже операций в течение 8 ч. По результатам испытаний данные заносят в наблюдательный лист.

Цель исследования – разработка метода и технического средства автоматической идентификации текущей операции при эксплуатационно-технологической оценке с использованием беспроводных первичных преобразователей.

Материалы и методы исследования

Для облегчения процесса хронометража разработаны приборы, позволяющие измерять и фиксировать продолжительность и тип операций [3-5].

Одной из последних разработок в этом направлении является электронный универсальный хронометр ИП-287 [6, 7] (рис. 1). Прибор



Рис. 1. Универсальный хронометр ИП-287

базируется на современном микроконтроллере с архитектурой ARM, имеет большую встроенную память, сенсорный дисплей, возможность изменения кодов операций в соответствии с типом испытываемой техники и приёмник систем глобального позиционирования GPS/ГЛОНАСС для определения пройденного пути и расчёта производительности. Выбор текущей операции осуществляется испытателем посредством нажатия соответствующей механической кнопки на клавиатуре прибора или выбора соответствующей позиции на сенсорном экране. Данные о проведённом хронометраже хранятся на карте памяти и могут передаваться на компьютер для дальнейших расчётов с помощью специализированного программного обеспечения.

Благодаря своим возможностям и удобству в работе универсальный хронометр ИП-287 получил широкое распространение при испытаниях сельскохозяйственной техники и нормировании расхода топлива и производительности агрегатов в сельскохозяйственных организациях.

Основным недостатком прибора является необходимость ручного выбора текущей операции. Возложить эти обязанности на водителя энергосредства не представляется возможным, так как он загружен процессом управления и вероятность ошибочного ввода операции существенно возрастает. В то же время нахождение в кабине трактора или самоходной машины ещё одного человека, ведущего хронометраж, существенно увеличивает издержки на проведение испытаний и не всегда удобно с точки зрения эргономики.

Для проведения испытаний без участия человека необходима автоматизация выбора текущей операции с помощью первичных преобразователей, фиксирующих основные состояния испытываемой машины. Так как универсальный хронометр ИП-287 является компактным устройством, подключение к нему проводных первичных преобразователей состояния машины является сложным и неоптимальным решением.

Доля основного времени и времени на повороты от сменного времени при испытаниях техники в КубНИИТиМ

Тип машины	Марка сельхозмашины	Доля времени от сменного, %	
		основное	повороты
Бороны	БДТМ-5,56-04	73,91	3,73
	БДК-4,0	71,16	6,44
	БДТМ-3,8В	72,02	6,99
Культиваторы	КПЭ-3,8	78,1	3,8
	КРН-4-0-2	54,29	2,71
	КТП-6/8-01	68,29	2,71
Плуги	ПБС-8	76,2	3,2
	ПРУН-5(4)-45	76,8	3,3
	Multi-master 1103e/4t(kuhn)	73,9	7,6
Сеялки	Сеялка зерновая стерневая СЗС-4,2	71,1	4,7
	Агрегат почвообрабатывающий посевной АПП-7,2(АПК-7,2+2 СЗП-3,6А)	69,8	5,1
	Сеялка пневматическая зернотуковая нулевой технологии СНТ-1000	60,1	3,1
Комбайн зерноуборочный	«Сампо-Ростов»	72,43	2,14
	«Енисей КЗС 954»	67,8	1,6
	СК-5МЭ-1 «НИВА»	69,86	2,14

Поэтому поставленная цель будет достигнута путём разработки компактного устройства для ведения хронометража операций и беспроводных первичных преобразователей, которые могли бы идентифицировать состояние испытываемой машины.

Результаты исследований и обсуждение

По результатам контрольных смен при испытаниях, проводимых на полигоне КубНИИТиМ, от 50 до 80% сменного времени уходит на основную работу и повороты (см. таблицу).

Учитывая, что в поле во время основной работы и на поворотах оператор машины загружен больше всего и что они чередуются при выполнении технологических операций, автоматизация определения этих элементов времени смены является приоритетной задачей. На таких операциях, как уборка зерновых культур или почвообработка, определить основную работу или поворот можно, решив задачу идентификации текущего положения в пространстве таких элементов машин, как жатка или брус почвообрабатывающей машины. Для этого необходимо установить датчики положения на жатке зерноуборочного

комбайна или раме почвообрабатывающей машины.

Для определения положения объектов в пространстве широкое распространение получили полностью автономные датчики на основе инерциальной навигационной системы (ИНС). Контролируемый объект не ограничен в перемещениях конкретной средой или расположением. Для отслеживания движений объекта и определения его координат в трёхмерном пространстве ИНС включает в себя микроэлектромеханические датчики: акселерометр, гироскоп, магнетометр. Так как каждый датчик определяет перемещение в пространстве по одному направлению, в ИНС применяется по три датчика каждого типа, расположенных перпендикулярно. Для определения положения объекта в пространстве часто используется система, применяемая в авиации и известная как «курс, тангаж, крен». Она в состоянии обеспечить полное измерение ориентации относительно силы тяжести и земного магнитного поля (рис. 2).

Датчик положения на основе инерциальной навигационной системы позволяет регистрировать и непрерывно передавать данные

о его текущем положении в виде углов относительно трех пространственных плоскостей с точностью до $0,1^\circ$ [8]. Все элементы инерциальной системы навигации сконпонованы в одной микросхеме. Одной из самых распространённых микросхем инерциальной системы навигации является MPU9255.

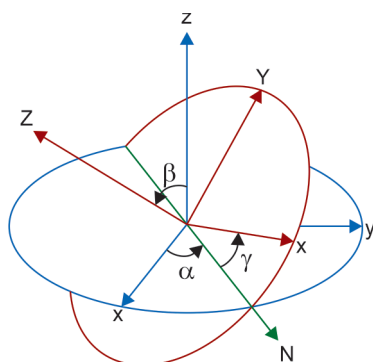


Рис. 2. Углы Эйлера в пространстве



Рис. 3. Инерциальный датчик положения

В результате исследований был разработан инерциальный датчик положения (рис. 3).

Для обработки данных от микросхемы MPU9255 в реальном времени в разработанном датчике положения применён микроконтроллер STM32F405. Программное обеспечение датчика написано на языке С и поддерживает обмен данными с управляющим устройством по различным протоколам, в том числе DCON и CAN [9]. Возможности датчика позволяют ему работать в автономном режиме 8 ч и непрерывно передавать данные о его положении в пространстве с частотой до 100 с^{-1} по беспроводной сети. Для связи с датчиком в универсальный хронометр ИП-287 установлен приёмник-передатчик радиосигнала на частоте 433 МГц (рис. 4).

Для корректной идентификации режима работы агрегата – время основной работы или поворот необходимо определить место установки датчика положения и откалибровать его углы в пространстве в соответствии с режимом работы (основная работа или поворот). При проведении почвообрабатывающих операций датчик может быть установлен на элементе конструкции почвообрабатывающего агрегата, меняющего своё положение в пространстве в соответствии с выполняемой операцией (рис. 5). Тогда при развороте на поле фиксируются одни значения углов положения датчика, а при работе агрегата – другие. При уборке зерновых культур датчик устанавливается на жатке комбайна и фиксирует её положение при основной работе и поворотах на поле.

Таким образом, можно автоматизировать определение основных

режимов работы агрегатов на универсальном хронометре ИП-287. Точность определения текущей сельскохозяйственной операции можно увеличить, если совместить алгоритм определения углов положения инерциального датчика с показаниями системы глобальной спутниковой навигации. Например, для операций «разворот» и «транспорт» положение датчика будет одинаковым, но если учитывать текущую скорость или маршрут, определяемые через систему спутниковой навигации, то можно точно идентифицировать выполняемую операцию. Так как устройство ИП-287 имеет встроенный приёмник системы глобального позиционирования GPS/ГЛОНАСС, это существенно расширяет его возможности для автоматизации определения текущих операций [10].

Выводы

1. Разработан универсальный электронный хронометр с беспроводной связью, способный вести хронометраж операций сельскохозяйственной техники при эксплуатационно-технологической оценке в ручном и автоматическом режимах.

2. Разработан и реализован метод определения основных элементов времени смен при испытаниях сельскохозяйственной техники – основной работы и на поворот на основе анализа пространственного положения элементов сельскохозяйственной машины.

3. Разработан инерциальный датчик положения, позволяющий определять положение сельскохозяйственного орудия или элемента машины в пространстве с точностью до $0,1^\circ$.

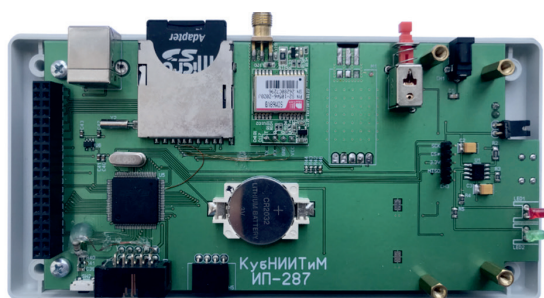


Рис. 4. Плата хронометра ИП-287 с модулем беспроводной связи

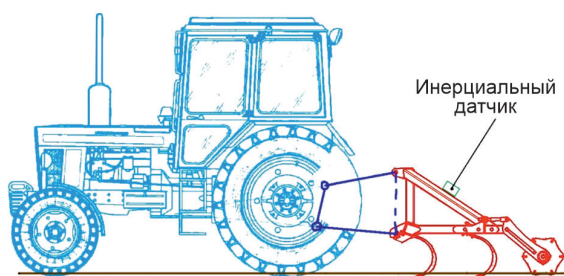


Рис. 5. Установка инерциального датчика положения на почвообрабатывающем агрегате

Список

использованных источников

1. ГОСТ 24055-2016. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. М.: Стандартинформ, 2017. 24 с.
2. ГОСТ 34393-2018. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. М.: Стандартинформ, 2018. 11 с.
3. **Сорокин Н.Т., Табашников А.Т., Марченко В.О.** К вопросу оценки потребительских свойств сельскохозяйственных машин и оборудования // С.-х. машины и технологии. М.: ВИМ, 2013. С. 41-43.
4. **Федоренко В.Ф., Черноиванов В.И., Гольяпин В.Я.** и др. Мировые тенденции интеллектуализации сельского хозяйства. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 232 с.
5. **Ранеев Г.Г.** Измерительные информационные системы. М.: Приборостроение, 2010. 336 с.
6. **Федоренко В.Ф., Трубицын Н.В.** Современные информационные технологии при испытаниях сельскохозяйственной

ной техники: науч. аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2015. 140 с.

7. **Таркинский В.Е., Трубицын Н.В., Петухов Д.А.** Инновационные методы эксплуатационно-технологической оценки сельскохозяйственной техники // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2019. № 2. С. 78-83.

8. **Конаков А.С., Шаврин В.В., Тисленко В.И., Савин А.А.** Сравнительный анализ среднеквадратической погрешности определения координат объекта в бесплатформенной инерциальной навигационной системе при использовании различных алгоритмов нелинейной фильтрации // Доклад Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2012. № 1. С. 5-9.

9. **Вальпа О.Г.** Современные микроконтроллеры с 32-разрядной ARM-архитектурой // Современная электроника. 2008. № 1. С. 11-17.

10. **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.

Automation of timing works during testing of agricultural machinery

E.S. Voronin, V.E. Tarkivsky, N.V. Trubitsin

(Novokuban branch

FGbNU Rosinformagrotech [Kub NIITim])

Summary: The features of the use of devices for manual timing of operations during testing of agricultural machinery are considered. An inertial position sensor is proposed that allows you to accurately identify the most common operations - work and rotation, and the design of the IP-287 universal chronometer, which allows you to connect wirelessly to inertial position sensors.

Key words: timing, operational and technological assessment, universal chronometer, testing, performance monitoring, position sensor.

12-13 ИЮЛЯ 2023 г.

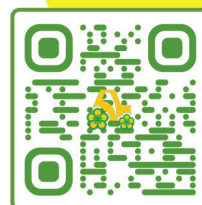
МАСЛИЧКА

ВСЕРОССИЙСКИЙ ДЕНЬ ПОЛЯ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

ИВАНОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

- ❁ ПРЕЗЕНТАЦИИ СОРТОВ И ГИБРИДОВ МАСЛИЧНЫХ И ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР
- ❁ ПОКАЗ ТЕХНИКИ И ОБОРУДОВАНИЯ
- ❁ ДЕМОНСТРАЦИЯ ТЕХНИКИ В ДЕЙСТВИИ
- ❁ ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОСЕВУ, СБОРУ И ХРАНЕНИЮ УРОЖАЯ
- ❁ СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ
- ❁ ВЫСТУПЛЕНИЯ И МАСТЕР-КЛАССЫ ЭКСПЕРТОВ

ПОДРОБНЕЕ



maslichka.com

РЕКЛАМА

ОРГАНИЗАТОРЫ

АЕ
Агрос Экспо
maslichka@agros-expo.com
+7(495)128-29-59

ИМ
ИНСТИТУТ МОЛОКА
info@imol.club
+7(495)668-39-28

Ассоциация РАСРАП
rosraps@mail.ru
+7(916)622-38-17

Параметры и режимы работы современных технических средств для глубокой обработки почвы

Т.А. Юрина,

науч. сотр.,

agrolaboratoriya@mail.ru

Д.А. Петухов,

канд. техн. наук, врио директора,

dmitripet@mail.ru

С.А. Свиридова,

зав. лабораторией,

S1161803@yandex.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 параметры современных образцов чизельных плугов и глубокорыхлителей, испытанных на МИС; приведены режимы и функциональные показатели их работы в составе машинно-тракторных агрегатов; выполнен анализ рациональности агрегатирования.

Ключевые слова: глубокая обработка почвы, чизельный плуг, глубокорыхлитель, параметры и режимы работы, мощность двигателя трактора, агрегатирование, качество выполнения технологического процесса.

Постановка проблемы

Основной проблемой при возделывании сельскохозяйственных культур является пагубное влияние ходовых систем современных тяжеловесных тракторов и сельскохозяйственных машин на пахотный и подпахотный слои почвы, под их воздействием твердость почвы повышается в 3 раза и более, плотность почвы – на 100-300 кг/м³, количество агрономически ценных фракций почвы уменьшается до 20%, а сопротивление при обработке почвы возрастает более чем в 1,5 раза [1]. Кроме того,

при многократных проходах колесных движителей сельскохозяйственных агрегатов происходит уплотняющая деформация почвы как в пахотном, так и подпахотном горизонтах на глубину 30-100 см [2].

Для решения проблемы уплотнения проводят глубокую обработку почвы без оборота пласта с сохранением стерни на её поверхности. Также рекомендуется применять глубокое рыхление почвы совместно с чизелеванием и другими агротехническими приемами по устранению переуплотнения, переувлажнения и эрозии почвы. Так, системой земледелия Краснодарского края предусмотрено сочетание отвальных способов, безотвальных и чизелевание. При этом установлено, что чизелевание почвы обеспечивает качественное рыхление и крошение пахотного слоя без оборота пласта, а также разрушение плужной подошвы, что улучшает аэрацию и при этом предотвращает водную и ветровую эрозию почвы. Своевременная обработка почвы глубокорыхлителем или чизельным плугом создаёт наилучшие условия для развития корневой системы растений, что способствует урожайности сельскохозяйственных культур [3, 4].

Для обработки почвы без оборота пласта применяют различные по конструкции отечественные и импортные модели глубокорыхлителей и чизельных плугов. Как правило, сельскохозяйственные машины с глубиной обработки почвы до 45 см относят к чизельным плугам, до 60 см – к глубокорыхлителям [5]. При применении таких орудий разрушается плужная подошва, почва приобретает комковатую структуру, в местах прохода стоек орудий на поверхности почвы образуются бороз-

ды, а на дне – неразрушенные гребни [6, 7]. При этом разрыхленная почва позволяет свободно проникать воде в нижние горизонты, что способствует большему накоплению продуктивной влаги [8].

В постановлении Правительства Российской Федерации от 1 августа 2016 г. № 740 «Об определении функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования» приведен перечень функциональных характеристик (потребительских свойств) чизельных плугов. Так, глубина обработки почвы должна составлять не менее 45 см; степень крошения почвы до комков размером 50 мм – не менее 40 % на вспаханных и 25 % – на неспаханных полях; сохранение стерни – не менее 60 % [9].

Проведенные ранее в Новокубанском филиале ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ) исследования широкого ассортимента моделей чизельных плугов и глубокорыхлителей отечественного производства, субсидируемых государством в рамках постановления № 1432 [10-11], а также новых образцов импортных моделей, испытанных на машиноиспытательных станциях [12], доказали эффективность их применения.

В настоящее время возникла проблема актуальной оценки потребительских свойств новых образцов чизельных плугов и глубокорыхлителей на соответствие нормативным требованиям.

Цель исследования – анализ соответствия параметров и режимов работы новых образцов технических средств для глубокой обработки почвы современным требованиям растениеводства.

Материалы и методы исследования

В качестве исходной информации использовались результаты испытаний за 2018-2020 гг. современных моделей плугов чизельных и глубокихрыхлителей к тракторам тяговых классов 3 и выше, получивших положительное заключение по результатам испытаний на МИС [10-12].

Методика исследований основана на комплексном анализе технических и эксплуатационно-технологических показателей плугов чизельных и глубокихрыхлителей с обоснованием наиболее рациональных соотношений мощности двигателя трактора и ширины захвата орудия, а также качественных показателей выполнения технологического процесса.

Результаты исследований и обсуждение

Для проведения комплексного анализа в качестве объектов исследования были выбраны восемь образцов чизельных плугов и глубокихрыхлителей от шести производителей (табл. 1).

Представленные модели технических средств предназначены для рыхления почвы по отвальным и безотвальным фонам с углублением пахотного горизонта, безотвальной обработки вместо зяблевой и весенней пахоты, глубокого рыхления на склонах и паровых полях и выравнивания поверхности поля.

Плуи чизельные навесные ПЧН-2,7К2 и ПЧН-4,0К2 состоят из сварной рамы с навесным устройством, двух металлических опорных колес с механизмами регулировки глубины обработки и рабочих органов типа «Параплау» с симметрично-последовательным расположением на раме. К заднему брусу рамы крепится рамка с двойным зубчатым катком.

Аналогичными по конструкции являются: рыхлитель влагосберегающий навесной РВН-5 с рабочими органами типа «Параплау» и плуг чизельный ПЧ-4,5 с рабочими органами типа «Дельтаплау». Отличие состоит в том, что РВН-5 оборудован одинарным трубчатым катком,

Таблица 1. Общие сведения о плугах чизельных и глубокихрыхлителях

Марка	Изготовитель	МИС	Год
ПЧН-2,7К2	ОАО «Светлоград-агромаш», г. Светлоград	Северо-Кавказская	2019
ПЧН-4,0К2			2020
Cultiplow Platinum SR Agrisem	Фирма «International SAS», Франция	Кубанская	2020
Artiglio 400	Фирма «Maschio Gaspardo», Румыния	Владимирская	2018
Artiglio 400/9			2020
ПЧ-4,5	АО «Алтайский завод сельскохозяйственного машиностроения», г. Барнаул	Центрально-Черноземная	2020
Artiglio 500/11	ООО «Маскио-Гаспардо Россия», г. Волжский	Поволжская	2019
РВН-5	ООО НИПВФ «Тензор-Т», г. Таганрог	Северо-Кавказская	2019

а ПЧ-4,5 – одинарным зубчатым. Также ПЧ-4,5 может быть оборудован рабочими органами типа «Параплау».

У импортного глубокогорыхлителя Cultipow Platinum SR Agrisem рабочие органы представлены стойками с режущими элементами и пружинными защитными механизмами, на которых установлены лапы TCS750-Platinum «Платинум» со смещенными режущими элементами, в конструкции тоже предусмотрен однорядный трубчатый каток.

Глубокорыхлители Artiglio мод. 400, 400/9 и 500/11 состоят из рамы жесткой конструкции; навесного устройства; механизмов регулировки; двух рядов рыхлителей типа «Дельтаплау», которые представляют собой стойки, в верхней части которых установлены ножи с закрепленными правым и левым боковыми крыльями, а в нижней части – дольтея; двухрядного зубчатого катка с гидравлической регулировкой его высоты. Для работы с трактором отечественного производства типа К-744Р2 глубокийрыхлитель Artiglio 400/9 дополнительно оборудован опорными колёсами для навески, не поддерживающей режим «жесткого позиционирования». Основные параметры современных плугов чизельных и глубокихрыхлителей приведены в табл. 2.

Исследуемые технические средства представлены моделями с широким диапазоном ширины захвата: от 2,7 до 5 м и числом рабочих ор-

ганов от 6 до 11, при этом чизельный плуг ПЧН-2,7К2 агрегируется с трактором тягового класса 3, а остальные – с тракторами тяговых классов 5-6.

По глубине обработки лишь три модели (Artiglio 400, Artiglio 400/9, Artiglio 500/11) можно отнести к глубокихрыхлителям, остальные образцы независимо от их наименования – к чизельным плугам с глубиной обработки до 45 см.

Масса современных чизельных плугов и глубокихрыхлителей варьируется от 1,7 до 3,4 т, при этом глубокихрыхлители Artiglio 400/9, Artiglio 500/11 и Cultipow Platinum SR Agrisem имеют большую удельную металлоемкость – 687,5-732,5 кг/м, что позволяет им работать в условиях повышенной твердости почвы. Режимы работы и потребительские свойства исследуемых плугов чизельных и глубокихрыхлителей представлены в табл. 3.

Проведем анализ рациональности агрегатирования плугов чизельных и глубокихрыхлителей по величине соотношения удельной мощности двигателя трактора (N) к конструктивной ширине захвата машины (B), а также по показателям затрат мощности, производительности и удельного расхода топлива. Значения N/B исследуемых машинно-тракторных агрегатов в каждом диапазоне мощности тракторов различаются:

- 150 л.с. – 55,6 л.с/м;
- 300-375 л.с. – 73,2-94,6 л.с/м;
- 390-420 л.с. – 79,6-97,7 л.с/м.

Таблица 2. Краткая техническая характеристика плугов чизельных навесных и глубокорыхлителей

Показатели	ПЧН-2,7К2	ПЧН-4,0К2	Cultiplow Platinum SR Agrisem	Artiglio 400	Artiglio 400/9	ПЧ-4,5	Artiglio 500/11	РВН-5
Тяговый класс трактора	3	5		5-6			5	6
Мощность двигателя, л.с.	150-210	300	От 250	220-390		300-420	300	420
Ширина захвата, м	2,7	3,7	4			4,4	4,7	5
Рабочие скорости, км/ч	5-10	8-9	7,8-8	10,2	7,3	6,2-7,9	До 10	6-12
Тип рабочих органов	Параплау		Платинум	Дельтаплау				Параплау
Число рабочих органов	6	8	6	9		11		10
Регулировка глубины, см	0-45	23-48	15-45	До 55		До 45	0-60	22-47
Габаритные размеры, мм:								
длина	3130	3640	2560	3220	3220	3440	3800	3145
ширина	3090	3980	4000	4050	4050	5095	5030	5070
высота	1630	1880	1740	1680	1690	1845	1650	1820
Масса, кг	1707	2260	2750	2090	2930	2800	3370	2656
Удельная металлоем- кость, кг/м	632,2	610,8	687,5	522,5	732,5	636,4	717	531,2
Тип прикатывающего катка	Двойной зубчатый		Трубчатый	Двойной зубчатый		Зубчатый	Двойной зубчатый	Труб- чатый

Таблица 3. Эксплуатационно-технологические показатели машинно-тракторных агрегатов с чизельными плугами и глубокорыхлителями

Показатели	ПЧН-2,7К2	ПЧН-4,0К2	Cultiplow Platinum SR Agrisem	Artiglio 400	Artiglio 400/9	ПЧ-4,5	Artiglio 500/11	РВН-5
Агрегатирование	Т-150К	К-701	Versatile 2375	К-744Р2	К-744Р2	К-742 Ст	К-744Р3	К-744Р4
Мощность двигателя трактора, л.с.	150	300	375	350	350	420	390	420
Вид работы	Основная безотвальная обработка почвы		Глубокое рыхление почвы	Основная безотвальная обработка почвы			Глубокое рыхление почвы	
Рабочая скорость, км/ч	5,4	8,3	8	10,2	7,3	7	7,6	10,4
Рабочая ширина захвата, м	2,7	4,1	4	4,2	3,7	4,3	4,9	5,1
Производительность за 1 ч времени, га:								
основного	1,46	3,40	3,19	4,30	2,70	3	3,71	5,30
сменного	1,17	2,60	2,56	3,40	2,03*	2,30	2,78*	4,10
Расход топлива, кг/га	20,49	15,00	21,30	10,60	19,50	18,38	13,22	12,20
Глубина обработки, см	39,1	44,3	37	33,6	34,4	40,7	29,8	41,1
Крошение почвы (размер фракций до 50 мм), %	82,2	95	94,9	-	59,9	94,6	-	80,1
Сохранение стерни, %	88,2	89,3	-	88,4	74,1	60,8	65,8	87

* Определено расчетным путем при коэффициенте использования сменного времени 0,75 в соответствии со стандартом [14].

С увеличением мощности тракторов наблюдается тенденция увеличения как минимальных (с 55,6 до 82,4 л.с/м), так и максимальных (с 83,3 до 97,7 л.с./м) значений N/B (рис. 1), что обусловлено объектив-

ным увеличением удельной металлоемкости плугов с увеличением ширины захвата и числа рабочих органов (за счёт применения более прочных рам), ростом затрат мощности на потери в двигателе, трансмиссии и

самопередвижение трактора с увеличением его массы [13].

Следовательно, для выбранных машинно-тракторных агрегатов установлены минимальные значения мощности двигателя колесных трак-

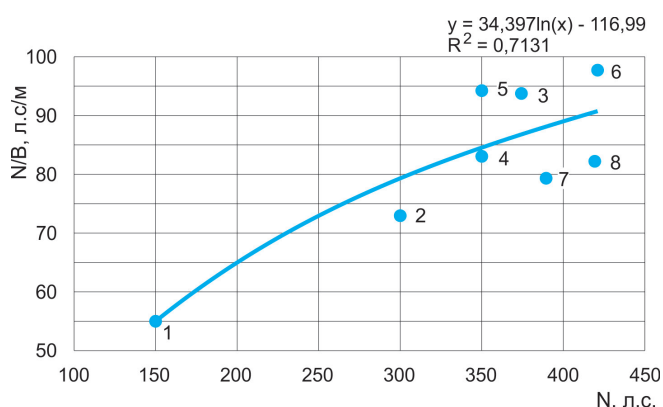


Рис. 1. Зависимость отношения удельной мощности тракторов на 1 м ширины захвата орудия от мощности двигателя:

1 – ПЧН-2,7К2; 2 – ПЧН-4,0К2;
3 – Cultiplow Platinum SR Agrisem;
4 – Artiglio 400; 5 – Artiglio 400/9; 6 – ПЧ-4,5;
7 – Artiglio 500/11; 8 – РВН-5

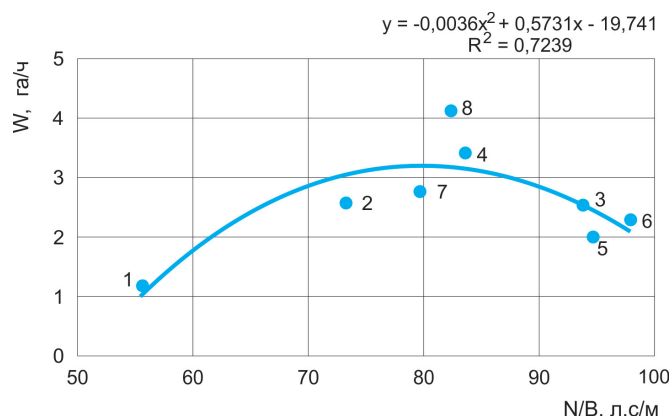


Рис. 2. Зависимость производительности машинно-тракторных агрегатов от отношения удельной мощности тракторов на 1 м ширины захвата:

1 – ПЧН-2,7К2; 2 – ПЧН-4,0К2;
3 – Cultiplow Platinum SR Agrisem;
4 – Artiglio 400; 5 – Artiglio 400/9; 6 – ПЧ-4,5;
7 – Artiglio 500/11; 8 – РВН-5

торов в расчете на 1 м ширины захвата орудия для глубокой обработки почвы в рассматриваемых диапазонах мощности в размере от 55,6 до 79,6 л.с. и соответствующая ширина захвата орудия для тракторов данного диапазона мощности – от 2,7 до 5 м.

Производительность машинно-тракторных агрегатов существенно увеличивается с ростом мощности тракторов – с 1,17 до 4,10 га/ч (рис. 2).

Рабочие скорости движения машинно-тракторных агрегатов с плугами чизельными и глубокорыхлителями при основной безотвальной обработке почвы находятся в пределах 5,4-10,4 км/ч, что практически не превышает нормативные требования к чизельным плугам – не более 10 км/ч [14].

Ряд агрегатов (1, 5-7) работал на скорости менее 8 км/ч, что может свидетельствовать о твердости почвы, оптимальной нагрузке двигателя трактора в данном режиме или недостаточной выровненности поля. Агрегаты под номерами 4 и 8 работали на наибольшей скорости – 10,2 и 10,4 км/ч, остальные – в диапазоне скоростей 8-8,3 км/ч.

В условиях повышенной глубины обработки почвы (от 40,7 до 44,3 см) наибольший показатель производительности за 1 ч времени сме-

ны – 4,10 га в соответствующих интервалах мощности обеспечил агрегат под номером 8 (рыхлитель влагосберегающий навесной РВН-5 + К-744Р4), что обусловлено рабочей шириной захвата орудия – 5,1 м и высокой рабочей скоростью – 10,4 км/ч. На втором месте – агрегат 4 (глубокорыхлитель Artiglio 400 + К-744Р2) – 3,4 га/ч за счет высокой рабочей скорости (10,2 км/ч) и меньшей глубины обработки почвы (33,6 см). У остальных агрегатов сменная производительность варьируется в пределах 2,03-2,78 га/ч. Самый низкий уровень – 1,17 га/ч отмечен у плуга чизельного навесного ПЧН-2,7К2 в агрегате с трактором Т-150К из-за наименьшей рабочей ширины захвата (2,7 м) и самой низкой рабочей скорости (5,4 км/ч).

Расход топлива исследуемыми машинно-тракторными агрегатами в обозначенных интервалах мощности существенно различается. Самый низкий удельный расход топлива – 10,6 кг/га получен при работе глубокорыхлителя Artiglio 400 в агрегате с трактором К-744Р2, самый высокий – 21,3 кг/га – при работе трактора Versatile 2375 с глубокорыхлителем Cultiplow Platinum SR Agrisem.

Удельный расход топлива у остальных машинно-тракторных агрегатов с плугами чизельными и глубокорыхлителями варьировался

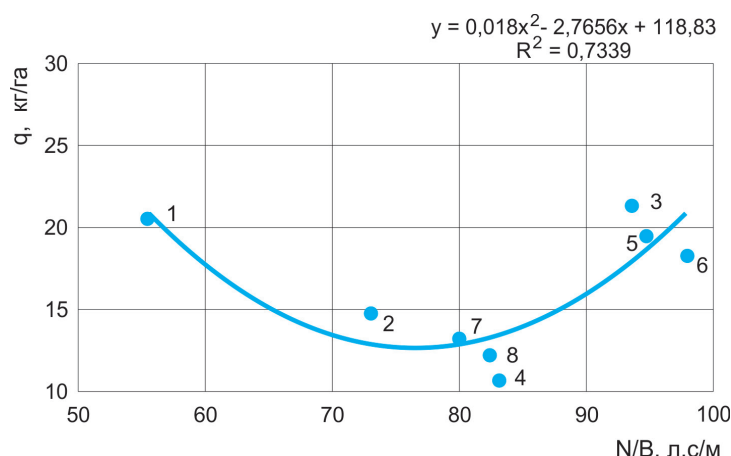
в диапазоне 12,2-20,49 кг/га. Широкий разброс данного показателя можно объяснить различными почвенно-климатическими условиями при испытаниях агрегатов, а также отличиями по мощности применяемых тракторов, массе машин, типу и количеству рабочих органов, ширине захвата, рабочей скорости и глубине обработки почвы.

Из графика зависимости расхода топлива от соотношения N/B (рис. 3) видно, что при его изменении с 55,6 до 83,3 л.с/м происходит снижение расхода топлива с 20,49 кг/га (у агрегата 1) до 10,6 кг/га (у агрегата 4). При дальнейшем увеличении N/B с 93,8 до 97,7 л.с/м прослеживается тенденция увеличения средних показателей расхода топлива с 18,38 до 21,3 кг/га, что свидетельствует о целесообразности выбора машин для агрегатирования с минимальным соотношением N/B.

Глубина обработки почвы у исследуемой сельскохозяйственной техники составляет 29,8-44,3 см, что отвечает лишь требованиям к чизельным плугам – до 45 см [14, 15], но в то же время не отвечает потребительским свойствам – не менее 45 см [9]. Вероятно, это связано с тем, что в кратких формах протоколов приведены результаты испытаний не на всех агрофонах и глубинах обработки почвы либо чизельные плуги

Рис. 3. Зависимость расхода топлива машинно-тракторных агрегатов от соотношения удельной мощности тракторов на 1 м ширины захвата:

1 – ПЧН-2,7К2; 2 – ПЧН-4,0К2;
3 – Cultiplow Platinum SR Agrisem; 4 – Artiglio 400;
5 – Artiglio 400/9; 6 – ПЧ-4,5; 7 – Artiglio 500/11;
8 – PBH-5



и глубокорыхлители испытывались в хозяйственных условиях с принятой в технологии глубиной основной обработки почвы менее 45 см.

Согласно техническим характеристикам, несмотря на различное конструктивное исполнение, все рассмотренные чизельные плуги могут работать при глубине обработки 45 см, а глубокорыхлители – при 55-60 см, что подтверждается более ранними результатами испытаний орудий для глубокой обработки почвы на Центрально-Черноземной МИС (в 2005-2015 гг.). Анализ результатов испытаний на Центрально-Черноземной МИС в 2015 г. плуга чизельного ПЧ-4,5 в агрегате с трактором К-744РЗ при работе на максимальной глубине обработки почвы 46,7 см [16] и в 2005 г. глубокорыхлителя навесного ГН-250 в агрегате с трактором К 3180 АТМ при работе на максимальной глубине обработки почвы 62,1 см [17] показал, что данные машинно-тракторные агрегаты устойчиво выполняют технологический процесс глубокой обработки почвы и по показателям качества выполнения технологического процесса соответствуют нормативным требованиям.

Крошение почвы у всех рассматриваемых плугов чизельных и глубокорыхлителей благодаря наличию прикатывающих катков (как зубчатых, так и трубчатых) находится на довольно высоком уровне – 59,9-95% (по нормативным требованиям, комков размером 50 мм на вспаханных полях должно быть не менее 40%, на не-вспаханных – не менее 25%).

Сохранение стерни у рассматриваемых агрегатов находится в пределах 60,8-89,3 %, что также отвечает нормативным требованиям – не менее 60%.

Выводы

1. Установлены минимальные значения мощности двигателя колесных тракторов в расчете на 1 м ширины захвата орудия в рассматриваемых диапазонах удельной мощности (от 55,6 до 79,6 л.с/м), которые могут быть рекомендованы в качестве ориентировочных показателей при выборе технических средств для составления машинно-тракторных агрегатов.

2. Наибольшая ширина захвата чизелей и глубокорыхлителей в агрегатах с трактором равна 2,7 м, если двигатель имеет мощность 150 л.с., 4 м – для 300 л.с., 5 м – для мощности 390 л.с.

3. При изменении соотношения N/B с 55,6 до 83,3 л.с/м происходит снижение расхода топлива с 20,49 до 10,6 кг/га, а при дальнейшем увеличении с 93,8 до 97,7 л.с/м прослеживается тенденция увеличения расхода топлива с 18,38 до 21,3 кг/га, что свидетельствует о целесообразности выбора машин для агрегатирования с минимальным соотношением N/B.

4. Показатели качества выполнения технологического процесса всех испытанных современных чизельных плугов и глубокорыхлителей соответствуют исходным требованиям на базовые машинные технологические операции в растениеводстве, но не в полной мере отвечают потребитель-

ским свойствам по глубине обработки почвы – не менее 45 см.

5. Для корректного выбора сельскохозяйствопроизводителями машинно-тракторных агрегатов рекомендуется испытывать их на МИС при глубине обработки 45 см – для чизельных плугов и 50-60 см – для глубокорыхлителей.

Список

использованных источников

1. Романюк Н.Н. Снижение уплотняющего воздействия на почву мобильных энергосредств / Н.Н. Романюк. Минск: БГАТУ, 2020. 200 с.
2. Романюк Н.Н. Снижение уплотняющего воздействия на почву вертикальными вибродинамическими нагрузками пневмоколесных движителей: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03, 05.20.01 / Н.Н. Романюк. Минск: БГАТУ, 2008. 206 л.
3. Маслов Г.Г., Шишкин М.А. Совершенствование технологии глубокого рыхления почвы // Известия Великолукской ГСХА. 2016. № 4. С. 44-48.
4. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе. Краснодар, 2015. 352 с.
5. Хлыстов Е.И. Новая техника – нашим полям. Плуг для глубокого рыхления почвы ПГР-4 // Вестник аграрной науки Дона. 2013. № 2. С. 16-21.
6. Кузыченко Ю.А. Научное обоснование эффективности систем основной обработки почвы под культуры полевых севооборотов на различных типах почв центрального и восточного Предкавказья: дис. ... д-ра с.-х. наук. Ставрополь, 2014. 290 с.
7. Сравнительный анализ технического уровня плугов по результатам испыта-

ний на машиноиспытательных станциях. Солнечногорск, 2014. 75 с.

8. Бойков В.М., Старцев С.В., Воронников И.Л., Павлов А.В. Анализ зависимости влагонакопления почвы от способа ее основной обработки // Аграрный научный журнал. 2021. № 4. С. 61-64.

9. Постановление Правительства России от 01.08.2016 № 740 «Об определении функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования». Собрание законодательства РФ. 2016. Ст. 5120.

10. Результаты анализа эффективности применения субсидируемой сельскохозяйственной техники: информ. изд. / Н.П. Мишуrow, 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.

11. Эффективность применения субсидируемой сельскохозяйственной техники. Вып. 2: информ. изд. / Н.П. Мишуrow, Д.А. Петухов, С.А. Свиридова, А.Н. Назаров, Т.В. Юрченко, Е.В. Чумак, И.С. Горячева. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 152 с.

12. Мишуrow Н.П., Потапкин М.И., Петухов Д.А., Свиридова С.А., Наза-

ров А.Н., Чумак Е.В., Юзенко Ю.А., Юрченко Т.В., Пронина А.С., Князева А.А., Труфляк Е.В., Горячева И.С. Эффективность применения новых образцов сельскохозяйственной техники. Вып. 3: сб. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 502 с.

13. Скорляков В.И., Чаплыгин М.Е. Эксплуатационные показатели чизельных агрегатов в условиях Краснодарского края // Агроснабформ. 2016. № 6. С. 34-36.

14. СТО АИСТ 4.6-2018 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины почвообрабатывающие. Показатели назначения и надежности. Общие требования. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 28 с.

15. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве / отв. за вып. И.В. Крюков. М.: М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Федер. агентство по сел. хоз-ву, 2005. 270 с.

16. Балабанов В.Д. Почвозащитная технология с применением чизельного плуга [Электронный ресурс]. URL: <https://rynok-apk.ru/articles/technology/pochvozashchitnaya-tehnologiya/> (дата обращения: 20.03.2023).

17. Протокол ФГУ «Центрально-Черноземная государственная зональная

машиноиспытательная станция» (№ 14-56-2005) испытаний глубокихли-теля навесного ГН-250. пос. Камыши, 2005. 4 с.

Parameters and Modes of Operation of Modern Technical Means for Deep Tillage

T.A. Yurina, D.A. Petukhov, S.A. Sviridova

(Novokubansk Affiliate

Federal State Budgetary Scientific Institution "Rosinformagrotech"

[KubNIITIM])

S.A. Semizorov

(Federal State Budgetary Educational

Institution of Higher Education "State Agrarian University of the Northern Trans-Urals")

Summary: The parameters of modern samples of chisel plows and subsoilers tested at MIS are presented; the modes and functional indicators of their work as part of machine and tractor units are given; an analysis of the rationality of aggregation has been completed.

Keywords: deep tillage, chisel plow, subsoiler, parameters and modes of operation, tractor engine power, aggregation, quality of the technological process.



V СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ФОРУМ-ВЫСТАВКА ПЛОДЫ И ОВОЩИ РОССИИ 2023

26-27 ОКТЯБРЯ 2023 г. / СОЧИ

АГРОБИЗНЕС
Организатор форума

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ:

- Новые направления в отрасли садоводства и виноградарства
- Перспективы отрасли плодородства и виноградарства
- Технологии хранения и предпродажной подготовки фруктов и ягод
- Инфраструктура сбыта плодов и ягод. Как реализовать?
- Переговоры с сетями
- Государственная поддержка развития плодово-ягодной отрасли

АУДИТОРИЯ ФОРУМА

Предприятия фруктового садоводства, виноградарства и ягодоводства; Компании, производящие удобрения; Предприятия по переработке и хранению плодово-ягодной продукции; Крестьянские фермерские хозяйства, выращивающие плодово-ягодные культуры открытого грунта; Крупнейшие агропарки и оптово-распределительные центры; Представители крупнейших торговых сетей; Госорганы; Представители профильных ассоциаций и союзов.

По вопросам выступления +7 (988) 248-47-17
и спонсорства:

По вопросам +7 (909) 450-36-10
участия: +7 (960) 476-53-39

e-mail: events@agbz.ru
Регистрация на сайте: fruitforum.ru



Росинформатех



УДК 631.356.43

DOI: 10.33267/2072-9642-2023-6-20-23

Обоснование конструктивных параметров малогабаритного картофелекопателя

Г.Г. Рамазанова,

канд. техн. наук, доц.,
gulbike@yandex.ru
(ФГБОУ ВО РГАЗУ);

Н.Г. Байбобоев,

д-р техн. наук, проф.,
ngbaybobaev@gmail.com
(Наманганский инженерно-строительный институт,
Республика Узбекистан);

П.И. Гаджиев,

д-р техн. наук, проф.,
pgadjiev@yandex.ru
(ФГБОУ ВО РГАЗУ);

У.Г. Гайипов,

докторант,
umidjongoyipov@gmail.com
(Наманганский инженерно-строительный институт,
Республика Узбекистан)

Аннотация. Приведены результаты исследований оптимизации параметров колебательно-сепарирующих механизмов малогабаритного картофелекопателя. Получена аналитическая зависимость в виде уравнения регрессии, позволяющая определять оптимальные параметры вибрационного сепарирующего механизма для улучшения сепарации в клубнепочвенной смеси.

Ключевые слова: картофелекопатель, почва, математическая модель, оптимизация параметров, элеватор, клубень картофеля, сепарация, конструкция.

Постановка проблемы

В настоящее время для уборки картофеля в дехканских хозяйствах и на небольших площадях используются малогабаритные картофелекопатели с колебательно-сепарирующими механизмами, обеспечивающими высокую производительность и минимальную повреждаемость клубней при уборке [1-3]. Одной из актуальных задач в этом направлении является выполнение научно-исследовательских работ по обоснованию параметров конструкций картофелекопателей, эффективно сепарирующих клубнепочвенную смесь. Однако возникающие при этом сложности с её выкапыванием и сепарацией отрицательно сказываются на производительности и степени повреждения клубней [4-7].

Имеющиеся малогабаритные картофелекопатели не в полной мере обеспечивают качественную сепарацию клубнепочвенной смеси. Кроме того, высока доля поврежденных клубней [8-10].

Цель исследования – совершенствование конструкции и оптимизация параметров вибросепарирующего механизма малогабаритного картофелекопателя.

Материалы и методы исследования

Схема малогабаритного однорядного картофелекопателя, агрегируемого с мотоблоком и оборудованного вибросепарирующим рабочим органом, представлена на рис. 1.

В процессе работы, т.е. при передаче движения от ВОМ к агрегату за счет вибрационного движения, лемех выкапывает клубнепочвенную смесь с определенной глубины и передает эту массу на сито. Кривошип (вращающийся диск) передает движение на коромысло с помощью шатуна. Коромысло, прикрепленное на раму шарнирно, совершает колебательное движение относительно центра, соответственно, это перемещает один конец треугольного звена дугообразно. В результате колебательного движения второй конец треугольного звена смещает третий за счет шарнирного крепления к раме. Через стержень закрепленные на нем треугольное звено и один конец сита перемещаются по этой траектории.

Из-за того, что второй конец пруткового сита прикреплен к раме через стержень-крючок для обеспечения колебательных движений, первый и второй концы треугольного звена движутся по дугообразным траекториям,

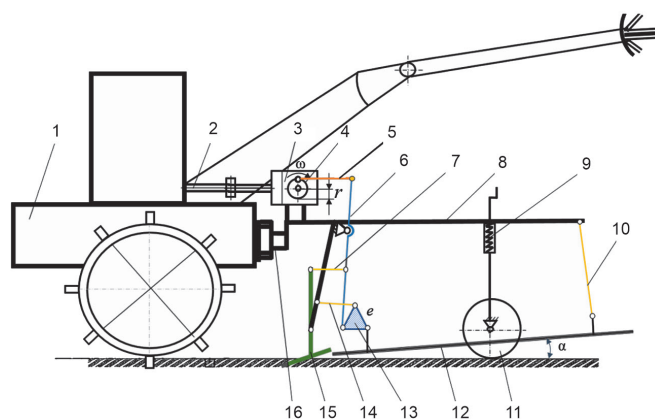


Рис. 1. Схема малогабаритного картофелекопателя, агрегированного с мотоблоком:

- 1 – мотоблок; 2 – вал отбора мощности (ВОМ);
- 3 – редуктор; 4 – кривошип (эксцентрический);
- 5 – шатун; 6 – коромысло (выбратор);
- 7 – стержень лемеходержателя; 8 – рама копателя;
- 9 – регулировочное колесо; 10 – стержень-крючок;
- 11 – опорное колесо; 12 – прутковое сито;
- 13 – треугольное звено; 14 – стержень;
- 15 – активный лемех;
- 16 – соединительное приспособление

сепарируя таким образом смесь. Фракции почвы просеиваются и выпадают из просветов пруткового сита. Клубни картофеля отделяются от почвы и выбрасываются в один ряд на поверхность почвы.

Преимущество копателя такого типа заключается в обеспечении качественного разделения почвы и клубней картофеля путем изменения направления колебательного движения сита при минимальном повреждении клубней без использования дополнительных интенсификаторов, а также высокой эффективности при минимальных затратах [11].

Многофакторные эксперименты по определению оптимальных значений параметров вибросепарирующего механизма проводились на полях фермерских хозяйств Чустского района Наманганской области Республики Узбекистан. В исследованиях определялось влияние на степень просевания почвы частоты вращения кривошипа, его длины и угла наклона сита к горизонту при скоростях 1-2 км/ч. Для изучения вопросов, намеченных в программе экспериментальных исследований, и оптимизации параметров изготовлен опытный образец устройства с возможностью агрегатирования с мотоблоками типа «Теха» (рис. 2).

При проведении экспериментальных исследований в качестве факторов, влияющих на степень просевания



Рис. 2. Агрегатирование устройства с мотоблоком

почвы (Y , %), выбраны число оборотов кривошипа (X_1), длина кривошипа (X_2) и угол наклона сита к горизонту (X_3). В качестве критерия оценки принята степень просевания почвы (Y , %). Методом математического планирования многофакторного эксперимента определены оптимальные значения теоретических и экспериментально изученных параметров вибросепарирующего механизма малогабаритного картофелекопателя, обеспечивающие качество работы на уровне агротехнических требований.

Результаты исследований и обсуждение

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований были определены значения уровней факторов и интервалов варьирования (табл. 1). План эксперимента и выходные параметры опытов представлены в табл. 2.

Таблица 1. Факторы и интервалы их варьирования

	Нижний уровень (-1)	Основной уровень (0)	Верхний уровень (+1)	Интервал варьирования	Наименование фактора
X_1 :	1	2	3	1	Число оборотов кривошипа, c^{-1}
X_2 :	0,02	0,025	0,03	0,005	Длина кривошипа (эксцентрик), м
X_3 :	5	10	15	5	Угол наклона сита, град.

Уравнение математической модели:

$$Y = 96,68 + 0,084 \cdot X_1 - 0,023 \cdot X_2 - 0,943 \cdot X_3 - 2,491 \cdot X_1^2 - 0,332 \cdot X_2^2 - 1,515 \cdot X_3^2 - 0,121 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,296 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,598 \cdot X_2 \cdot X_3. \quad (1)$$

По критерию Фишера уравнение математической модели является адекватным. Модель применима для решения производственных задач.

Таблица 2. План эксперимента и выходные параметры опытов

Номер опыта	Матрица планирования			Натуральные значения переменных			Выходной параметр, Y , %
	X_1	X_2	X_3	число оборотов кривошипа, c^{-1}	длина кривошипа (эксцентрик), м	угол наклона сита, град.	
1	-1	-1	-1	1	0,02	5	95
2	+1	-1	-1	3	0,02	5	94
3	-1	+1	-1	1	0,03	5	93
4	-1	-1	+1	1	0,02	15	90
5	-1	0,19	0,19	1	0,02595	10,95	95
6	0,19	-1	0,19	2,19	0,02	10,95	96
7	0,19	0,19	-1	2,19	0,02595	5	97
8	-0,29	+1	+1	1,71	0,03	15	93
9	+1	-0,29	+1	3	0,02355	15	92
10	+1	+1	-0,29	3	0,03	8,55	95

Примем в качестве постоянного фактора $X_1 = 0$ (частота вращения кривошипа $n = 120 \text{ мин}^{-1}$), тогда уравнение регрессии (1) с учетом постоянного фактора запишется в виде:

$$Y = 96,68 - 0,023 \cdot X_2 - 0,943 \cdot X_3 - 0,332 \cdot X_2^2 - 1,515 \cdot X_3^2 + 0,598 \cdot X_2 \cdot X_3. \quad (2)$$

Из анализа графиков отклика (рис. 3) видно, что экстремум функции отклика находится в пределах варьирования переменных факторов. Значение экстремума составляет $Y_{\text{opt}} = 96,867\%$. Экстремуму функции отклика соответствуют значения факторов: $X_2 = -0,383$ (при длине кривошипа $0,023 \text{ м}$) и $X_3 = -0,387$ (при угле наклона элеватора $8,065^\circ$) при $X_1 = 0$ (при частоте вращения кривошипа $n = 120 \text{ мин}^{-1}$).

Примем в качестве постоянного фактора $X_2 = 0$ (длина кривошипа $0,025 \text{ м}$), тогда уравнение регрессии (1) с учетом постоянного фактора запишется в виде:

$$Y = 96,68 + 0,084 \cdot X_1 - 0,943 \cdot X_3 - 2,491 \cdot X_1^2 - 1,515 \cdot X_3^2 - 0,296 \cdot X_1 \cdot X_3. \quad (3)$$

Из анализа графиков отклика (рис. 4) видно, что экстремум функции отклика находится в пределах варьирования переменных факторов. Значение экстремума составляет $Y_{\text{opt}} = 96,83\%$. Экстремуму функции отклика соответствуют значения факторов: $X_1 = 0,036$ (при частоте вращения кривошипа $n = 122,16 \text{ мин}^{-1}$) и $X_3 = -0,315$ (при угле наклона элеватора $8,425^\circ$) при $X_2 = 0$ (при длине кривошипа $0,025 \text{ м}$).

Примем в качестве постоянного фактора $X_3 = 0$ (угол наклона элеватора 10°), тогда уравнение регрессии (1) с учетом постоянного фактора запишется в виде:

$$Y = 96,68 + 0,084 \cdot X_1 - 0,023 \cdot X_2 - 2,491 \cdot X_1^2 - 0,332 \cdot X_2^2 - 0,121 \cdot X_1 \cdot X_2. \quad (4)$$

Из анализа графиков отклика (рис. 5) видно, что экстремум функции отклика находится в пределах варьирования переменных факторов. Значение экстремума составляет $Y_{\text{opt}} = 6,681\%$. Экстремуму функции отклика соответствуют значения факторов $X_1 = 0,018$ (при частоте вращения кривошипа $n = 121,08 \text{ мин}^{-1}$) и $X_2 = -0,038$ (при длине кривошипа $0,025 \text{ м}$) при $X_3 = 0$ (при угле наклона элеватора 10°).

Решения этих уравнений регрессии показали, что при расстоянии между

шарнирами треугольного звена $0,05 \text{ м}$, числе оборотов кривошипа 120 мин^{-1} и длине кривошипа $0,025 \text{ м}$ степень просеивания почвы составляет $97,7\%$.

Данные экспериментов обрабатывались в программе STATISTIKAV6. При оценке однородности дисперсии использовался критерий Кохрена, при оценке значения коэффициентов регрессии – критерий Стьюдента, при оценке адекватности регрессионных моделей – критерий Фишера.

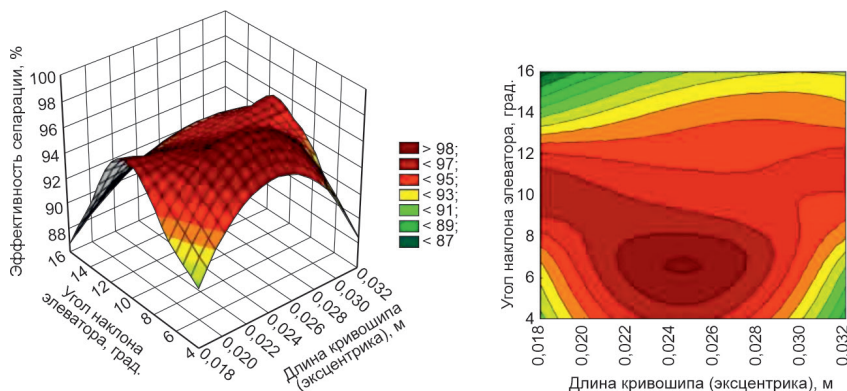


Рис. 3. Зависимость эффективности сепарации от угла наклона элеватора и длины кривошипа при частоте его вращения 120 мин^{-1}

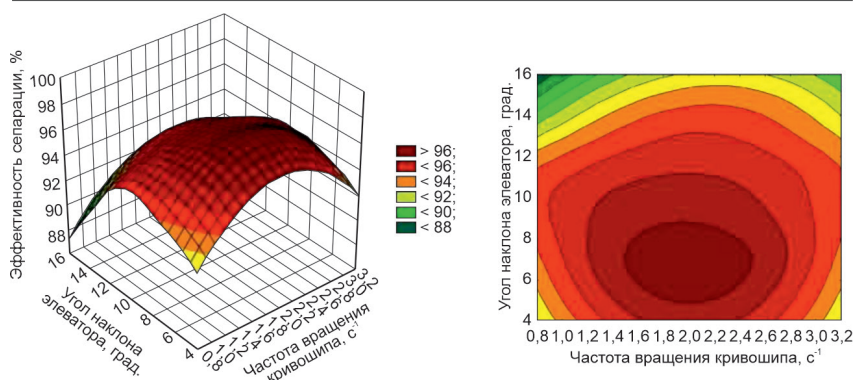


Рис. 4. Зависимость эффективности сепарации от угла наклона элеватора и частоты вращения кривошипа при его длине 25 мм

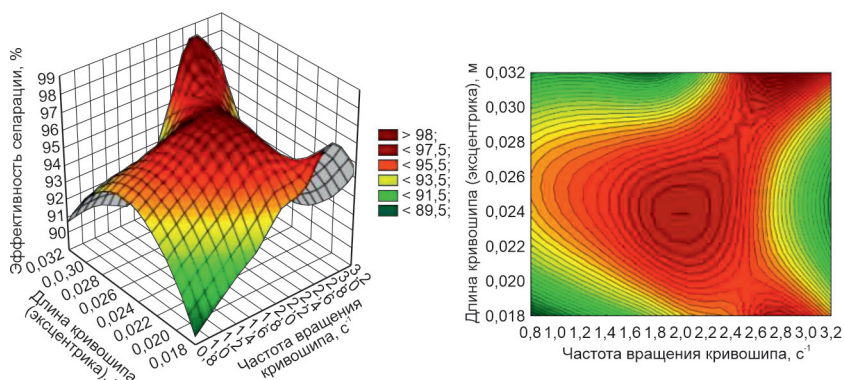


Рис. 5. Зависимость эффективности сепарации от длины кривошипа и частоты его вращения при угле наклона элеватора 10°

Выводы

1. Получена аналитическая зависимость в виде уравнения регрессии, по которой определены оптимальные параметры вибрационного сепарирующего механизма малогабаритного картофелекопателя: расстояние между шарнирами треугольного звена – 0,05 м; частота вращения кривошипа – 120 мин⁻¹; длина кривошипа – 0,025 м.
2. Проведенные эксперименты и расчеты показывали, что применение картофелекопателя с рекомендуемыми параметрами обеспечивает снижение затрат труда на 22%, увеличение производительности в 1,2 раза по сравнению с существующим картофелекопателем. Степень просеивания почвы составила 97,7%.

Список использованных источников

1. Кувайцев В.Н., Ларюшин Н.П., Кухарев О.Н., Бочкарев В.С. Механизация технологического процесса уборки картофеля в мелкотоварных хозяйствах: моногр. Пенза: РИО ПГСХА. 2014. 172 с.
2. Голиков А.А. Совершенствование технологического процесса и рабочего органа сепарации картофелеуборочных машин: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Рязань, 2014. 138 с.
3. Максимов Л.Л. Обоснование параметров сепарирующего устройства малогабаритного картофелеуборочного комбайна: дис. ... канд. техн. наук. 05.20.01. Ижевск, 2019. 154 с.
4. Bayboboev N.G., Goyipov U.G., Hamzayev A.X., Akbarov S.B., Tursunov A.A. Substantiation and calculation of gaps of the separating working bodies of machines for cleaning the tubers // в IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Т. 659. Вып. 1. С. 12022.
5. Норчаев Д.Р. Научно-технические решения механизированной уборки картофеля в условиях Узбекистана: дисс. ... д-ра техн. наук. 05.20.01. Ташкент, 2017. 140 с.
6. Дускулов А.А., Махмудов Х.С., Хайитов Б.К. Такомиллаштирилган роторли картошка кавлагич // Проблемы повышения эффективности использования электрической энергии в отраслях агропромышленного комплекса : матер. Междунар. науч.-практ. конф. Ташкент, 2018. С. 29-34.
7. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Гаджиев И.П. Условия работы сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин на переувлажненных почвах // Наука в центральной России. 2022. № 2(56). С. 98-106.
8. Bayboboev N.G., Muxamedov J.M., Goyipov U.G., Akbarov S.B. Design of small potato diggers // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing. 2022. Т. 1010. №. 1. С. 012080.
9. Bayboboev N.G., Goyipov U.G., Tursunov A.A., Akbarov S.B. Calculation of the chain drum with elastic fingers of potato harvesting machines // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing. 2021. Т. 845. №. 1. С. 012133.
10. Успенский И.А., Юхин И.А., Гаджиев И.П., Рамазанова Г.Г. Экономическая эффективность комбайновой уборки картофеля с применением интенсификатора сепарирующего элеватора // Вестник Рязанского ГАТУ им. П.А. Костычева. 2022. Т. 14. № 4. С. 177-184.
11. Гойипов У.Г., Байбобоев У.Н., Алихонов А.А., Мамадалиев А.М. Обоснование режима работы упруго-фрикционного сепаратора картофелекопателя КСТ-1.4 // Механика в технологиях илмий журнали. 2021. №. 1. С. 89.

Justification of the Design Parameters of a Small-sized Potato Digger

G.G. Ramazanova

(FSBEI HE RGASU)

N.G. Baiboboev

(Namangan Engineering and Construction Institute, Republic of Uzbekistan)

P.I. Hajiyev

(FSBEI HE RGASU)

U.G. Gayipov

(Namangan Civil Engineering Institute, Republic of Uzbekistan)

Summary: The results of studies on the optimization of the parameters of oscillatory-separating mechanisms of a small-sized potato digger are presented. An analytical dependence in the form of a regression equation is obtained, which makes it possible to determine the optimal parameters of the vibration separating mechanism to improve separation in the tuber soil mixture.

Key words: potato digger, soil, mathematical model, optimization of parameters, elevator, potato tuber, separation, construction.



УДК 633.521

DOI: 10.33267/2072-9642-2023-6-24-27

Переработка льна масличного из южного и сибирского регионов

Э.В. Новиков,*канд. техн. наук,
зав. лабораторией,
e.novikov@fncl.ru***А.В. Безбабченко,***ст. науч. сотр.,
a.bezbabchenko@fncl.ru***И.Н. Алтухова,***ст. науч. сотр.,
i.altuhova@fncl.ru
(ФГБНУ ФНЦ ЛК)*

Аннотация. Представлены результаты исследования возможности первичной и глубокой переработки льна масличного из южного и сибирского регионов. Исследованы характеристики исходного сырья в виде спутанной массы стеблей – путанины, представлена линия первичной и глубокой переработки, определены качественные показатели полученных волокон и технологические характеристики процесса переработки на каждом этапе. Предложены варианты использования полученных волокон с учетом их качества.

Ключевые слова: лен масличный, волокно, первичная переработка, однотипное неориентированное, объемный утеплитель, вата техническая.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России по государственному заданию ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (FGSS-2022-0007).

Постановка проблемы

Лен масличный занимает 3,9% всех используемых в Российской Федерации сельскохозяйственных площадей. С 2018 г. отмечается стабильное ежегодное их увеличение [1, 2]. С 2010 по 2022 г. площади посевов масличного льна увеличились в 7,8 раза, или на 1822,6 тыс. га. В 2022 г. было посеяно 2089,6 тыс. га, что на 34% больше, чем в 2021 г. [3].

Рост посевов привел к увеличению отходов стеблевой массы – соло-

мы и тресты льна масличного, которые плохо разлагаются и мешают посеву следующих культур. Кроме того, волокно наматывается на рабочие органы почвообрабатывающих агрегатов, поэтому запахивать тресту в почву проблематично, а сжигать запрещено законодательством. В России проводятся исследования по переработке масличного льна в волокно [4-7], уже существует ряд специализированных линий, производящих из тресты льна масличного однотипное неориентированное волокно [8-11].

В настоящее время в России для производства волокна и изделий масличный лен практически не используется из-за худшего его качества по сравнению с коротким волокном льна-долгунца. Однако, используя потенциал посевных площадей и среднюю урожайность льна масличного, расчетный валовой сбор льноволокна в 2022 г. дополнительно мог бы составить 417,9 тыс. т. Это волокно могло быть использовано для производства, например, утеплителей и композитов, что повысило бы независимость заинтересованных предприятий и государства в целом от импортных товаров-аналогов.

Одним из вариантов использования волокна масличного льна является переработка в объемный утеплитель, который хорошо сохраняет тепло и обладает способностью звукоизоляции, впитывает и отдает влагу, не образуя конденсат [12]. Он также эффективно регулирует температуру воздуха в помещениях, удерживая тепло, сохраняя прохладу и комфорт, что существенно экономит тепло на отопление и кондиционирование воздуха [13].

Учитывая большой объем тресты масличного льна в Ставропольском крае (около 20 тыс. га) и Тюменской области (более 1,5 тыс. га), следует изучить пригодность льна, выращен-

ного в этих регионах, к переработке в волокно и далее в объемный утеплитель или волокно высокой степени очистки, например вату техническую, как сырьё для производства целлюлозы, а также его рентабельность. Ранее эти вопросы в работах [1, 2, 4-13] не изучались.

Цель исследования – обоснование возможности первичной и глубокой переработки тресты льна масличного из Ставропольского края и Тюменской области.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели исследовались отдельные характеристики исходного сырья в виде спутанных ломаных стеблей (путанины), проведена первичная переработка тресты льна масличного из Ставропольского края и Тюменской области (рис. 1) в волокно однотипное неориентированное с фиксацией технологических характеристик процесса на каждом переходе и изучением показателей качества полученного льноволокна однотипного неориентированного. В дальнейшем это волокно было переработано в вату техническую.

В исследованиях использовалась линия первичной переработки, состоящая из машины мяльной М-110Л2, машины трепальной (дизинтегратор 2 шт.), машины трясильной (2 шт.) (условно обозначим ММ+Д+Д+Т+Т), которая определена как рациональная на тресте из других регионов России по результатам ранее проведенных исследований [4-12].

Первичная обработка проводилась следующим образом. Треста пропусклась через 12 пар вальцов мяльной машины М-110Л2, затем обрабатывалась последовательно в двух трепальных машинах (двух дезинтеграторах) и далее очищалась

последовательно в двух трясильных машинах. После каждой машины волокно вручную загружалось в следующую машину линии, тем самым имитировалась промышленная линия переработки. На каждом этапе переработки определялась масса сырья, а по ней – такие технологические показатели процессов, как умин тресты, выход волокна однопипного, пакли и костры из тресты.

Параметры переработки в мяльной машине: ширина и длина загружаемого слоя – 0,8 м, его высота – 0,05-0,07 м, линейная плотность загрузки – 1,0-1,25 кг/м², что соответствовало плотности ленты при размотке рулона. Частота вращения бил трепальной машины (дезинтегратора) – 1000 мин⁻¹. Частота качаний игольчатых валиков трясильной машины – 230 мин⁻¹.

Глубокая переработка однопипного волокна в вату техническую проводилась в машине МВБА-01 со стандартными настройками.

Исходная треста, полученные в исследованиях волокно однопипное и вата техническая анализировались по действующим стандартам.

Результаты исследований и обсуждение

Результаты исследований качества исходной тресты, однопипного волокна и ваты технической представлены в табл. 1-3 и на рис. 2 и 3.

Анализируя результаты исследований, представленные в табл. 1, на рис. 1 и 3а, следует отметить, что длина ломаных стеблей в массе у тресты обоих типов невысокая и составляет 86 и 130 мм. Однако у тресты из Тюменской области ломаные стебли большей длины, поэтому, в отличие от тресты из Ставропольского края, она имеет очень низкую прочность. Нулевая или низкая разрывная нагрузка объясняется низкой средней массодлиной волокна в тресте – 111,8 и 128,3 мм (обычно у масличного льна она варьируется

от 95 до 190 мм). Многолетний опыт анализа льнотресты масличного льна из различных регионов России в виде спутанных ломаных стеблей указывает на то, что разрывная нагрузка нулевая и редко может иметь значение до 5 кгс, поэтому у исследуемых типов тресты это классическое, нормальное значение.

Содержание волокна в спутанных ломаных стеблях низкое и составляет не более 22%, которое в зависимости от региона Российской Федерации составляет обычно 22-32% (в среднем 28%). Отделяемость волокна от древесины у обоих типов тресты высокая – 6,6 и 7,7 ед., поэтому сырье относится к тресте с нормальной степенью вылежки. Линейная плотность волокна в тресте составляет 10,6 и 13,2 текс. Умин тресты в мяльной машине можно считать высоким (24 и 40%), так как анализируемые типы льнотресты имеют нормальную степень вылежки (нормальную мацерацию, табл. 2),



а



б

Рис. 1. Треста льна масличного в виде спутанных ломаных стеблей перед первичной переработкой:
а – из Ставропольского края;
б – из Тюменской области

Таблица 1. Показатели качества тресты масличного льна в виде спутанных ломаных стеблей (путанины) перед первичной переработкой

Показатели	Ставропольский край	Тюменская область
Влажность перерабатываемой тресты, %	14	11
Длина ломаных стеблей, мм:		
средняя	86	130
min	19	40
max	250	330
Диаметр ломаных стеблей, мм:		
средний	1,0	1,3
min	0,4	0,7
max	2,1	1,8
Содержание волокна в исходной массе тресты, %	21,4	21
Отделяемость волокна от древесины, ед.	6,6	7,7
Разрывная нагрузка волокна в массе тресты, кгс / даН / Н	–*	4,5 / 44,1 / 4,4
Массодлина волокна в тресте, мм:		
средняя	111,8	128,3
модальная	80,4	40,8
Линейная плотность волокна в тресте, текс	10,6	13,2

* Определить невозможно, так как отсутствуют волокна длиной 270 мм и более.

что является положительным фактором.

Несмотря на низкое содержание волокна в тресте (см. табл. 1), выход однотипного волокна является высоким – 35 и 33% (см. табл. 2), что объясняется высоким значением массовой доли костры и сорных примесей в волокне (см. табл. 3). Выход ваты технической из однотипного волокна низкий – 39 %. Данные табл. 2 следует использовать при планировании первичной перера-

ботки тресты льна масличного в виде массы спутанных ломаных стеблей при технологической влажности и расчета ТЭО.

Рассматривая качество однотипного волокна, представленного в табл. 3 и на рис. 2 и 3б, следует отметить, что оно ни по разрывной нагруз-

Таблица 2. Технологические показатели процесса первичной переработки тресты по переходам производства волокна однотипного на линии ММ+Д+Д+Т+Т

Показатели	Ставропольский край	Тюменская область
Умин в мяльной машине, %	24	40 (волокно повреждается при промине)
Выход однотипного волокна из льно-тресты, %	35	33
Доля, %:		
костры	56	52
пакли	10	10
невозвратных отходов (угаров)	4	5

Таблица 3. Показатели качества волокна однотипного из тресты масличного льна

Показатели	Волокно		Вата
	из Ставропольского края	из Тюменской области	
Влажность, %	14	11	
Разрывная нагрузка скрученной ленточки, кгс / Н / даН	–*	–*	–**
Массовая доля костры и сорных примесей, %	43	34	13
Удельное содержание костры, %:			
несвязанной	9	4	–**
связанной	91	96	–**
Массодлина волокна, мм:			
средняя	65,6	69,6	27,1
модальная	40,4	40,4	19,2
Линейная плотность, текс	6,5	8,3	5,5
Номер метрический волокна	153,8	120,5	181,8
Количество плотных нерасчесанных скоплений, %	–**	–**	0
Массовая доля инкрустов, %	–**	–**	2,51 и более
Запах гнили, плесень, поражение грибом	–**	–**	Нет

*Ленточка не формируется из-за малой длины волокон и большого количества костры.

**Определение показателя не предусмотрено стандартом.



а



б

Рис. 2. Виды волокна однотипного неориентированного (после линии первичной переработки):

а – из тресты Ставропольского края; б – из тресты Тюменской области



а



б



в

Рис. 3. Вид тресты, однотипного волокна и ваты технической из Тюменской области:

а – исходная треста; б – волокно однотипное; в – вата техническая

ке (0 кгс), ни по массовой доле костры (34 и 43%) не соответствует требованиям стандарта на волокно льняное короткое, а дальнейшая его очистка известными машинами отечественного или зарубежного производства сделает волокно значительно короче, но при этом существенного снижения массовой доли костры не происходит. Костру из этого льна удалить крайне сложно, так как основная ее масса (91%) крепко связана с волокном.

Кроме костры, в однотипном волокне содержатся примеси в виде семян, которые значительно снижают его качество. Их невозможно удалить полностью при механической обработке волокна даже в ватной машине, удельный вес семян в костре составляет до 50%.

В процессе первичной переработки тресты средняя массодлина волокна снижается в 2 раза, а его линейная плотность – на 4-5 текс и составляет 6,5-8,3 текс. Значения характеристик однотипного волокна при его переработке в ватной машине снижаются (см. табл. 3), а именно: массовая доля костры – на 21%, средняя и модальная массодлина – на 42,5 и 21,2 мм соответственно, линейная плотность – на 2,8 текс. Однако массовая доля костры 13% не дает возможность производить из этого сырья высококачественную целлюлозу.

Выводы

1. Переработка анализируемой льнотресты в волокно однотипное возможна, но его качество значительно ниже качества волокна из льна-долгунца. При этом качество тресты и льноволокна из сырья, полученного в южном и сибирском регионах существенно не различается.

2. Получены значения технологических показателей процесса переработки тресты льна масличного в спутанных ломаных стеблях технологической влажности и полученного волокна в утеплитель и техническую вату, которые следует использовать для расчета ТЭП: выход однотипного волокна неориентированного – не более 35%, костры – до 56, пакли – до 10, технической ваты – 39%,

доля невозвратных отходов (угаров) – до 5 %.

3. Линия первичной переработки способна произвести волокно при качестве, достаточном для получения из него объемных утеплителей и ваты технической, изделий, к которым не предъявляются требования по прочности: межвенцовые утеплители, некоторые виды композитов (обшивка автомобилей) и др. Вата техническая также может использоваться при производстве композитов высокого качества, целлюлозы низкого качества и т.п. Полученная льнокостра (до 60% по массе от загружаемой тресты) может использоваться при производстве композитов, пеллет (топливных или абсорбирующих гранул), брикетов, кострблоков, костроплит, бумаги, топлива для сжигания в различных котлах и теплогенераторах.

Список использованных источников

1. Новиков Э.В., Басова Н.В., Безбабченко А.В. Лубяные культуры в России и за рубежом: состояние, проблемы и перспективы их переработки // Технические культуры. Научный с.-х. журнал. 2021. № 1 (1). С. 30-40.
2. Басова Н.В., Новиков Э.В., Безбабченко А.В. Производство и переработка лубяных культур в России как элемент импортозамещения // АПК: экономика, управление. 2022. № 8. С. 71-78.
3. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 01.12.2022).
4. Новиков Э.В., Соболева Е.В., Безбабченко А.В. Влияние ориентации стеблей масличного льна и дополнительного оборудования на качество однотипного волокна в куделеприготовительном агрегате // Техника и оборудование для села. 2022. № 7 (301). С. 37-41.
5. 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 масличного в агрегате КЛВ-1М // Техника и оборудование для села. 2021. № 6 (288). С. 12-16.
6. Пучков Е.М., Галкин А.В., Ушаповский И.В. Экономическая эффективность инновационной технологии переработки тресты масличного льна // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Вып. 6 (67). С. 134-140.
7. Прокофьев С.В. Обоснование модернизации машины для первичной переработки льна масличного в полевых условиях КВЛ-1 // Инновационные разработки для производства и переработки лубяных культур: матер.

Междунар. науч.-практ. конф. Тверь: ФГБНУ ВНИИМЛ. 2017. С. 262-265.

8. Королева Е.Н., Новиков Э.В., Безбабченко А.В. Возможность получения длинного волокна из тресты масличного льна на различном технологическом оборудовании // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т.15. № 2. С. 19-25.

9. Ушаповский И.В., Новиков Э.В., Басова Н.В., Безбабченко А.В., Галкин А.В. Системные проблемы льнокомплекса России и зарубежья, возможности их решения // Молочнохозяйственный вестник. 2017. № 1 (25). С. 166-184 [Электронный ресурс]. URL: <http://molochnoe.ru/journal> (дата обращения: 15.12.2022).

10. Новиков Э.В., Соболева Е.В., Безбабченко А.В., Пираков Ш.Х. Обоснование линии первичной переработки масличного льна в волокно // Техника и оборудование для села. 2020. № 2 (272). С. 26-29.

11. Новиков Э.В., Соболева Е.В., Безбабченко А.В. Обоснование линии для производства короткого волокна из целых стеблей тресты масличного льна // Аграрный научный журнал. 2021. № 4. С. 98-101.

12. Особенности льняного утеплителя [Электронный ресурс]. URL: <https://x-teplo.ru/uteplenie/obzory-materialov/Inyanoj.html?ysclid=i4xv1luy2u963032968> (дата обращения: 27.05.2022).

13. Особенности льняного волокна и его применения [Электронный ресурс]. URL: <https://www.postavshiki.ru/novosti-kompanij/13-obshchie-novosti-kompanij/12811-osobennosti-Inyanogovolokna-i-ego-primeneniya> (дата обращения: 29.05.2022).

14. Окупаемость бизнеса: формулы, примеры и оптимальные сроки [Электронный ресурс]. URL: <https://reklamaplanet.ru/biznes/okupaemost-biznesa> (дата обращения: 15.06.2022).

Processing of Oilseed Flax From the Southern and Siberian Regions

E.V. Novikov, A.V. Bezbabchenko, I.N. Altukhova
(FGBNU FNTs LK)

Summary: The results of a study of the possibility of primary and deep processing of oil flax from the southern and Siberian regions are presented. The characteristics of the initial raw material in the form of a tangled mass of stems were studied, a line of primary and deep processing was presented, the quality indicators of the obtained fibers and the technological characteristics at each stage of the processing were determined. Options for using the obtained fibers are proposed, taking into account their quality.

Key words: oilseed flax, fiber, primary processing, the same type non-oriented, bulk insulation, technical cotton wool.

УДК 631.361.022

DOI: 10.33267/2072-9642-2023-6-28-30

Пневматическое молотильное устройство

В.И. Пахомов,

чл.-корр. РАН,

д-р техн. наук, директор,

vniptim@gmail.com

С.В. Брагинец,

д-р техн. наук, вед. науч. сотр.,

sbraginet@mail.ru

(ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

ФГБОУ ВО «Донской ГТУ»);

Д.В. Рудой,

канд. техн. наук, доц.,

spu-38@donstu.ru

(ФГБОУ ВО «Донской ГТУ»);

О.Н. Бахчевников,

канд. техн. наук, науч. сотр.,

oleg-b@list.ru

(ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»)

Аннотация. Предложена конструкция пневматического молотильного устройства для обмолота колосьев зерновых культур при селекционной работе, которая позволяет уменьшить травмирование зерна. В результате экспериментов установлено, что в ходе пневматического обмолота полностью отсутствует дробление. При скорости воздушного потока более 40 м/с эффективность пневматического обмолота колосьев составляет 100%, обеспечивается полное выделение из колосьев всех зерен.

Ключевые слова: пневматический обмолот, молотильное устройство, выделение зерна из колоса, травмирование зерна.

Постановка проблемы

В настоящее время при обмолоте колосьев зерновых культур проблемой является травмирование зерна, обусловленное механическими повреждениями в результате ударного воздействия на него рабочих органов молотильных устройств [1]. Традиционный способ обмолота уже невозможно усовершенствовать, так как он не позволяет предотвратить ударное воздействие, повреждающее зерна [2, 3]. Более того, при обмолоте очесанных колосьев в молотильной камере находится малое количество половы, а травмирование зерна увеличивается [4].

Было предложено отказаться от ударного воздействия при обмолоте, заменив его контактным, происходящим при взаимодействии колоса с декой и приводящим к его истиранию, в результате чего происходит выделение зерен [5]. Для перемещения колосьев внутри молотильной камеры и обеспечения контактного воздействия на них было предложено использовать вихревой поток воздуха. Однако такие устройства остаются несовершенными, их недостатком является травмирование части зерен в результате ударного воздействия вращающихся внутри молотильной камеры лопастей ротора. Поэтому необхо-

димо разработать молотильное устройство, в котором ротор был бы вынесен за пределы молотильной камеры.

Такое молотильное устройство будет востребовано селекционерами, так как при создании новых сортов зерновых культур требуется производить обмолот небольших партий предварительно срезанных колосьев, обеспечивая минимальное травмирование семян.

Цель исследований – разработать пневматическое молотильное устройство и оценить влияние его параметров на выделение и травмирование зерен при обмолоте колосьев.

Материалы и методы исследования

Для осуществления пневматического обмолота предварительно срезанных колосьев зерновых культур (в селекционной работе) было разработано специализированное молотильное устройство (патент на изобретение RU 2788011 «Способ пневматического обмолота колосьев и молотильное устройство для его осуществления»). Устройство состоит из цилиндрического корпуса, на внутренней поверхности которого размещена дека волнообразного профиля, и ротора с лопастями, который размещен вне корпуса, а соединяющий их воздуховод совмещен с загрузочным патрубком и разделен на каналы с вращающимися заслонками (рис. 1).

Загрузка колосьев в молотильную камеру производится в направлении и со скоростью, совпадающими с воздушным потоком, создаваемым ротором (рис. 2). Обмолот колосьев происходит при их периодическом контактом взаимодействии с волнистой поверхностью

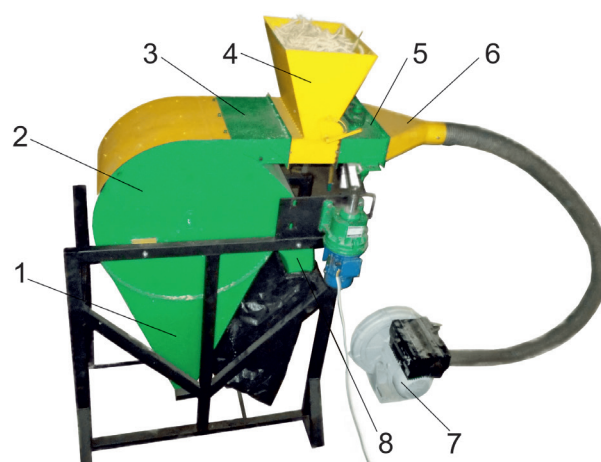


Рис. 1. Пневматическое молотильное устройство:

1 – разгрузочная камера; 2 – корпус с молотильной камерой; 3 – загрузочный патрубок; 4 – загрузочный бункер; 5 – блок заслонок; 6 – воздуховод; 7 – ротор; 8 – выгрузная горловина

деки в ходе циркуляции. Скорость воздушного потока в молотильной камере периодически изменяют путём открытия и закрытия каналов в воздуховоде. Попеременное действие на колосья повышенного и пониженного давления воздуха и изменение скорости воздушного потока сопровождаются периодическим контактным взаимодействием колосьев с декой и отдалением от нее, что приводит к разрушению колоса и выделению из него

зерен. Вымолоченное зерно перемещается на решето и поступает в разгрузочную камеру.

Мотовило, приводимое во вращение воздушным потоком, обеспечивает перемещение колосьев вдоль деки, препятствуя отдалению от нее недомолоченных колосьев, а также перемещает отходы вдоль решета в выгрузную горловину. Размещение ротора с лопастями, создающими воздушный поток, вне молотильной камеры предотвращает травмирование зерен в результате ударного воздействия при контакте с ними.

Колосья безостой озимой пшеницы сорта «Лучезар» [6] были срезаны вручную в начале июля 2022 г. в Ростовской области. Из них были отобраны полноценные колосья, сходные по величине и массе.

Проведены опыты, в ходе которых с помощью частотного преобразователя изменяли частоту вращения ротора, что, в свою очередь, изменяло скорость потока воздуха. После завершения каждого опыта по обмолоту колосьев определяли дробление и травмирование вымолоченного зерна, а также количество невымолоченных зерен [7, 8]. Для оценки репрезентативности исследований проводили статистическую обработку данных с определением относительной ошибки выборочной средней [9].

Результаты исследований и обсуждение

В результате экспериментальных исследований было установлено, что процесс обмолота колосьев пшеницы в пневматическом молотильном устройстве дает удовлетворительный результат. Выделение зерен из колоса в процессе обмолота в пневматическом устройстве происходит при контактом взаимодействии колосьев, движущихся под действием потока воздуха, с поверхностью деки.

Было установлено, что в ходе пневматического обмолота полностью отсутствует дробление зерен, что является преимуществом по сравнению с другими способами обмолота. Анализ данных эксперимента показал, что эффективность пневматического обмолота колосьев увеличивается по мере увеличения скорости воздушного потока в молотильной камере и достигает 100% при скорости выше 40 м/с, обеспечивая полное выделение из них всех зерен (рис. 3).

Таким образом, при увеличении скорости воздушного потока и, соответственно, силы контактного взаимодействия колоса и деки повышается эффективность обмолота.

На рис. 4 представлена графическая зависимость количества травмированных зерен от скорости воздушного потока. На нем имеется два экстремума. Анализируя график, можно сделать вывод, что оптимальный диапазон скорости воздушного потока в молотильной камере устройства, обеспечивающий минимальное травмирование зерен, – 42–45 м/с. Этот диапазон оптимален и по параметру качества обмолота, так как он находится за пределом скорости в 40 м/с, после достижения которого достигается полный обмолот колосьев.

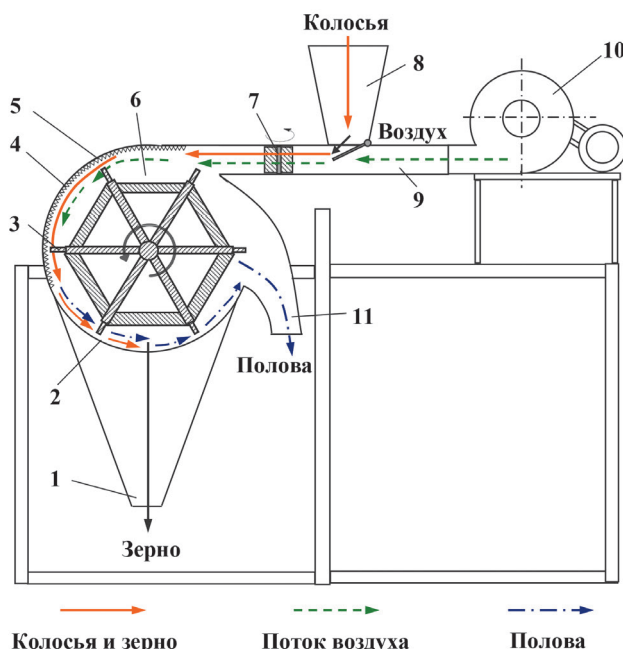


Рис. 2. Схема работы пневматического молотильного устройства:

1 – разгрузочная камера; 2 – решето; 3 – мотовило; 4 – корпус; 5 – дека; 6 – молотильная камера; 7 – блок заслонок; 8 – загрузочный бункер; 9 – воздуховод; 10 – ротор; 11 – выгрузная горловина для отходов

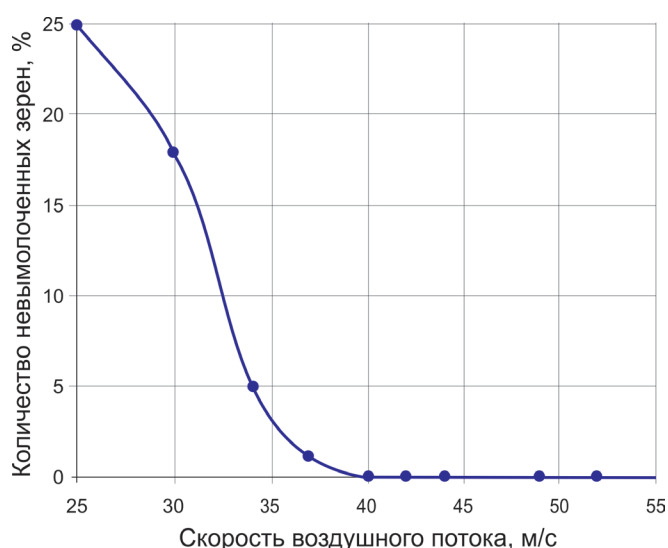


Рис. 3. Зависимость качества обмолота колосьев пшеницы от скорости воздушного потока

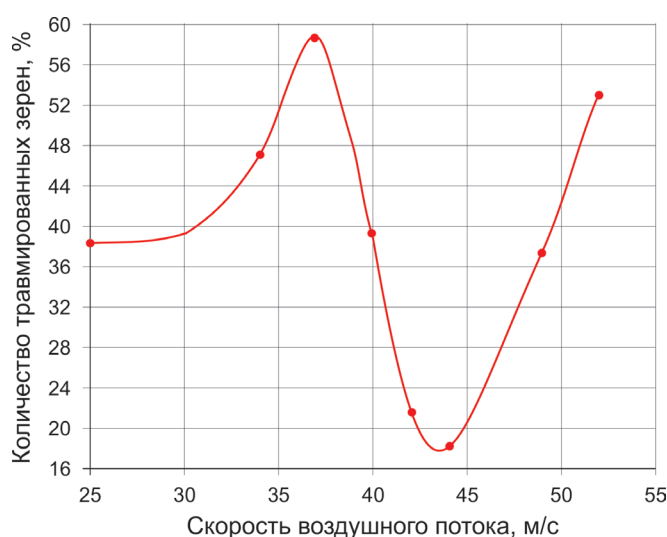


Рис. 4. Зависимость количества травмированных при обмолоте колосьев пшеницы зерен от скорости воздушного потока

Форма графика зависимости травмирования зерна от скорости потока воздуха, имеющая локальные максимумы и минимумы, предположительно имеет следующее объяснение. В диапазоне скорости 25-37 м/с происходит увеличение количества травмированных зерен. Это объясняется тем, что планки мотвила в определенные моменты времени имеют скорость вращения, отличающуюся от скорости воздушного потока. При снижении скорости потока в результате закрытия заслонок воздуховода скорость мотвила в силу инерции снижается более медленно. В результате планки мотвила в своем движении «догоняют» части колосьев и зерна, отдалившись от деки, травмируя их.

После достижения воздушным потоком скорости 37 м/с происходит постепенное уравнивание скоростей потока и мотвила, в результате чего в диапазоне 37-43 м/с травмирование зерна уменьшается, достигая минимума. При скоростях воздушного потока более 43 м/с начинает происходить все больше соударений уже выделенных из колосьев зерен на все более высокой скорости. Это явление характерно для случаев, когда в молотильной камере находится малое количество половы, что имеет место при обмолоте очесанных колосьев.

Выводы

1. Установлено, что в ходе пневматического обмолота полностью отсутствует дробление зерен. При скорости воздушного потока более 40 м/с эффективность пневматического обмолота колосьев составляет 100%, обеспечивается полное выделение всех зерен.
2. Графическая зависимость количества травмированных зерен от скорости воздушного потока в молотильной камере имеет сложную форму с локальными максимумами и минимумами.
3. Оптимальный диапазон скорости воздушного потока в молотильной камере, обеспечивающий минимальное травмирование семян, составляет 42-45 м/с.

4. Пневматическое молотильное устройство является перспективным, но требует усовершенствования конструкции для снижения травмирования зерна. Его применение после усовершенствования позволит уменьшить травмирование и исключить дробление зерен в процессе обмолота колосьев, что обеспечит увеличение производства ценного семенного материала.

Список использованных источников

1. **Chen Z., Wassgren C., Ambrose R.K.** Measured damage resistance of corn and wheat kernels to compression, friction, and repeated impacts // Powder Technology. 2021. Т. 380. С. 638-648.
2. **Fu J., Chen Z., Han L., Ren L.** Review of grain threshing theory and technology // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2018. Т. 11. № 3. С. 12-20.
3. **Benaseer S., Masilamani P., Albert V.A., Govindaraj M., Selvaraju P., Bhaskaran M.** Impact of harvesting and threshing methods on seed quality – A review // Agricultural Reviews. 2018. Т. 39. С. 183-192.
4. **Орбинский В.И., Ворохобин А.В., Корнев А.С., Головин А.Д., Бачурин И.Г., Пожидаев И.А.** Влияние фракционного состава зернового вороха на уровень травмирования и посевные качества семян // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14. № 3. С. 12-17.
5. **Matrosov A., Nizhnik D., Panfilov I., Pakhomov V., Serebryanaya I., Soloviev A., Rudoy D.** Calculation of the movement trajectory of the grain mass in the field stripper. E3S Web of Conferences. 2020. Т. 210. С. 08015.
6. **Ионова Е.В., Кравченко Н.С., Игнатова Н.Г., Васюшкина Н.Е., Олдырева И.М.** Технологическая оценка зерна сортов и линий озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2017. № 6. С. 16-21.
7. **Пехальский И.А., Артюшин А.А., Елизаров В.П., Славкин В.И., Сорочинский В.Ф.** Методика определения комплексного травмирования зерна и семян машинами // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 120. С. 399-411.
8. **Пехальский И.А., Кряжков В.М., Артюшин А.А., Сорочинский В.Ф.** О количественной и качественной оценке травмирования семян машинами // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 119. С. 503-512.
9. **Ritz C., Pipper C.B., Streibig J.C.** Analysis of germination data from agricultural experiments // European Journal of Agronomy. 2013. Т. 45. С. 1-6.

Pneumatic Threshing Device

V.I. Pakhomov, S.V. Braginet

(FGBNU "Agrarian Scientific Center "Donskoy",
FGBOU VO "Donskoy GTU")

D.V. Rudoy

(FGBOU VO "Donskoy GTU")

O.N. Bakhchevnikov

(FGBNU "Agrarian Scientific Center "Donskoy")

Summary: The design of a pneumatic threshing device for threshing ears of grain crops during selection work is proposed, which makes it possible to reduce grain injury. As a result of the experiments, it was found that crushing is completely absent during pneumatic threshing. At an air flow speed of more than 40 m/s, the efficiency of pneumatic threshing of ears is 100%, complete separation of all grains from the ears is ensured.

Key words: pneumatic threshing, threshing device, separation of grain from the ear, grain injury.

УДК 620.178.169

DOI: 10.33267/2072-9642-2023-6-31-34

Оценка триботехнических свойств и возможности применения композита ULTRAN 630CF для узлов трения сельскохозяйственной техники

В.А. Денисов,д-р техн. наук,
гл. науч. сотр.,
va.denisov@mail.ru**Ю.В. Катаев,**канд. техн. наук,
вед. науч. сотр.,
ykataev@mail.ru**Ю.А. Гончарова,**канд. техн. наук,
науч. сотр.,
lopatina.julia@yandex.ru**В.Э. Славкина,**мл. науч. сотр.,
vicktoria.slavkina@yandex.ru**А.О. Шитов,**инженер,
shitov@vimlab.ru
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Ключевые слова: надежность, ресурс, полиамид, композит, углеродные волокна, трение, коэффициент трения, объемный износ, износостойкость.

Постановка проблемы

Надежность сельскохозяйственной техники относится к числу основных показателей, характеризующих ее технический уровень. Повышение ресурса работы и безотказности техники достигается, в частности, применением новых материалов [1-3]. По экспертным оценкам, в ближайшие 20 лет свыше 80% материалов будут заменены принципиально новыми. Одним из направлений совершенствования современных конструкций является разработка и применение полимерных композиционных материалов [4-7].

Эффективность работы машин и оборудования во многом определяется техническим состоянием их узлов трения [8, 9]. В результате износа снижаются эксплуатационные параметры детали, что приводит к функционированию оборудования с люфтами и отклонениями от норм

или поломке механизма. К примеру, износ втулок высеивающей секции сеялки приводит к появлению зазоров и люфтов, в результате чего нарушается технология высева семян (рис. 1). Этот дефект снижает урожайность до 5% на 1 тыс. га, что для масличных культур составляет около 4,15 млн руб. потерь.

Одним из наиболее перспективных полимерных материалов для изготовления узлов трения является полиамид, обладающий низким коэффициентом трения и высокой износостойкостью [10, 11]. Кроме того, специальные добавки, короткие волокна разной природы, вводимые в состав полиамида, способны значительно улучшить его триботехнические свойства [12-15]. Одним из перспективных видов наполнителей являются короткие углеродные волокна [15].

Цель исследований – оценка триботехнических свойств композита марки ULTRAN 630CF на основе полиамида, наполненного короткими углеродными волокнами, в сравнении с чистым полиамидом и формиро-



а



б

Рис. 1. Пневматическая зерновая сеялка John Deere 1890 (а) и ее высевная секция после наработки 12 тыс. га (б)

вание вывода о возможности его применения в узлах трения сельскохозяйственной техники на основе полученных данных.

Материалы и методы исследования

Материал ULTRAN 630CF (рис. 2) представляет собой термопластичный углекомпозит на базе полиамида 6, наполненного короткими углеродными волокнами размером 5-20 мкм с массовой долей волокна до 30%. Данный материал может быть переработан различными методами – литьем под давлением, экструзией толстостенных листов, изготовлением филаментов для 3D-печати. Производитель – российская компания ИК-ИНТЕК, с которой заключен договор о сотрудничестве и совместных исследованиях применимости указанного композиционного материала в парах трения сельскохозяйственной техники. Свойства композита в рамках работы сравнивались со свойствами чистой ненаполненной матрицы – полиамида 6

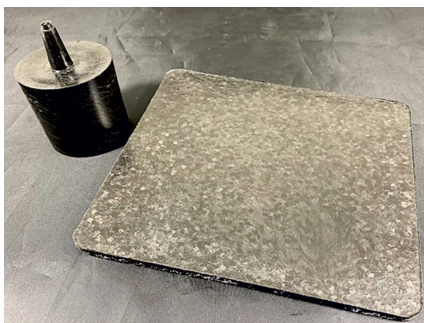


Рис. 2. Образцы из ULTRAN 630CF

марки ПА-6, широко применяемого в качестве материала для изготовления деталей машин, работающих в условиях трения и износа.

Испытания материалов проводились на трибометре TRB-S-DE Tribometer компании CSM Instruments согласно методике, изложенной в работе [16]. Прибор представляет собой настольную установку, состоящую из машины трения с измерительным устройством и компьютера (рис. 3).

Испытания проводили согласно требованиям стандартов ГОСТ 27640-88 Материалы конструк-

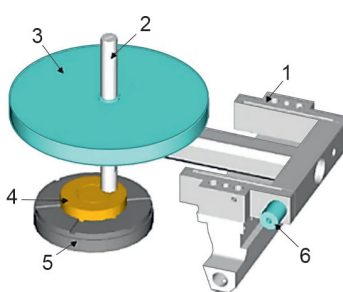
ционные и смазочные. Методы экспериментальной оценки коэффициента трения, ГОСТ 11629-2017 Пластмассы. Метод определения коэффициента трения, ГОСТ 23.244-86 Обеспечение износостойкости изделий. Методы оценки износостойкости восстановленных деталей. В качестве схемы трения была выбрана схема «шар-диск» (рис. 4). Контртелом выступал шарик из закаленной стали $\varnothing 5$ мм. Скольжение контртела относительно образца обеспечивали вращением платформы с образцом при линейной скорости 26 см/с. Путь трения составил 4000 м.

Испытательная нагрузка определялась методом ступенчатого нагружения. Нагрузку, прикладываемую к образцу в процессе испытания, каждые 20 мин повышают на 0,5 Н до тех пор, пока прибор не начнет регистрировать скачки коэффициента трения, что сигнализирует о заедании. После этого производится плавная разгрузка с повторением тех же самых ступеней. Зависимость коэффициента трения от пути трения в этом случае имеет вид, представленный на рис. 5.

Далее рассчитывают изменение коэффициента трения при переходе со ступени на ступень. Полученный ряд значений анализируют и определяют с его помощью следующие величины: усилие задира P_m – максимальная нагрузка в ходе эксперимента; нагрузка неприработанного образца P_n – нагрузка, после которой закончилась приработка образца и колебание коэффициента трения начало снижаться; рабочая нагрузка P_0 – нагрузка, при которой изменение коэффициента трения минимально.



а



б

Рис. 3. Внешний вид трибометра TRB-S-DE Tribometer компании CSM Instruments (а) и его принципиальная схема (б):

1 – упругий рычаг; 2 – держатель шара или штифта; 3 – груз; 4 – образец; 5 – патрон крепления образца; 6 – датчик тангенциальной силы

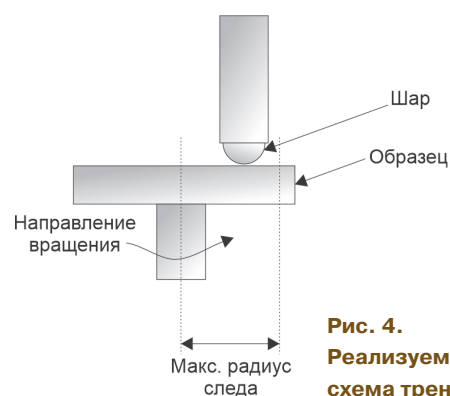


Рис. 4. Реализуемая схема трения

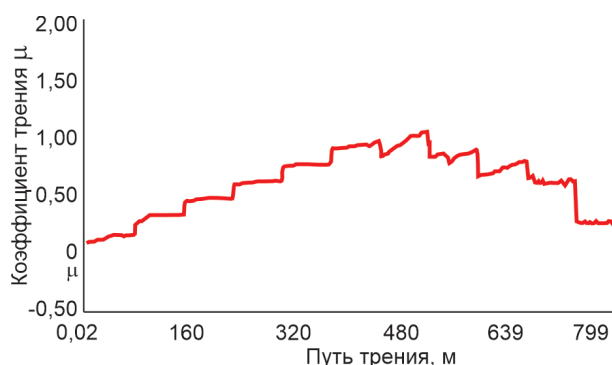


Рис. 5. Коэффициент трения при ступенчатом нагружении

Последующие основные испытания материала проводят при нагрузке P_0 . Для каждого исследуемого образца определялась своя рабочая нагрузка по описанной методике.

Кроме коэффициента трения для исследуемых образцов определяли массовый износ по следующей формуле:

$$\Delta m = m_0 - m_1, \text{ г},$$

где m_0 – масса исследуемого на трение образца до начала испытаний, г;

m_1 – масса образца после испытаний на трение, г.

Массу образцов измеряли с помощью высокоточных весов A&D GR-200 с дискретностью измерения 0,1 мг.

Поскольку плотность исследуемых материалов различна, для корректного сравнения поведения материалов в парах трения рассчитывали интенсивность объемного изнашивания материалов:

$$I_V = \frac{\Delta m}{L \cdot \rho}, \text{ мм}^3/\text{м},$$

где Δm – массовый износ, г;

L – путь трения, м;

ρ – плотность материала, г/мм³.

Результаты исследований и обсуждение

Значение определённых рабочих нагрузок и усилия задира, полученные в результате испытаний коэффициенты трения и рассчитанный массовый износ для всех исследованных образцов композита ULTRAN 630CF представлены в табл. 1, для образцов полиамида 6 – в табл. 2.

Средний коэффициент трения для ULTRAN 630CF с учетом исключения крайних значений составил 0,29, для полиамида 6 – 0,18. Таким образом, полиамид показал коэффициент трения на 38% меньше, чем композит. Полученный результат, вероятно, связан с неоднородной структурой композита: армирующие углеродные волокна, распределенные хаотичным образом в полимерной матрице, имеют границы раздела с полиамидом и создают дополнительное препятствие для движения контртела по

Таблица 1. Результаты триботехнических испытаний композита ULTRAN 630CF

Номер		Рабочая нагрузка P_0 , Н	Коэффициент трения	Массовый износ, г
образца	испытания			
1	1	2	1,16	0,0003
	2		1,52	0,0019
	3		0,42	0,0019
2	4	1,5	0,44	0,0005
	5		0,46	0,0015
	6		0,18	0,0008
3	7	1,5	0,26	0,0015
	8		0,12	0,0009
	9		0,09	0,0003
4	10	2	0,40	0,0006
	11		0,84	0,0014
	12		0,89	0,0012

Таблица 2. Результаты триботехнических испытаний ПА-6

Номер		Рабочая нагрузка P_0 , Н	Коэффициент трения	Массовый износ, г
образца	испытания			
1	1	1	0,15	0,0012
	2		0,14	0,0008
	3		0,17	0,0016
2	4	1,5	0,13	0,0010
	5		0,18	0,0011
	6		0,14	0,0009

поверхности в процессе трения, поэтому коэффициент трения оказывается выше, чем на чистом полиамиде.

При сравнении рабочих нагрузок испытанных материалов можно заметить, что нагрузки в варианте с композитом в среднем оказались выше по сравнению с чистым полиамидом: для композита средняя рабочая нагрузка составляла 1,8 Н, а для полиамида – 1,3 Н. Таким образом, несущая способность пары трения с композиционным материалом выше, чем с чистым полиамидом. Полученный эффект объясняется эффектом упрочнения, происходящим благодаря введению волокон в полимер: углеродные волокна в составе композита не дают раскручиваться молекулярным цепочкам полиамида при внешних нагрузках, за счет чего материал выдерживает большие напряжения.

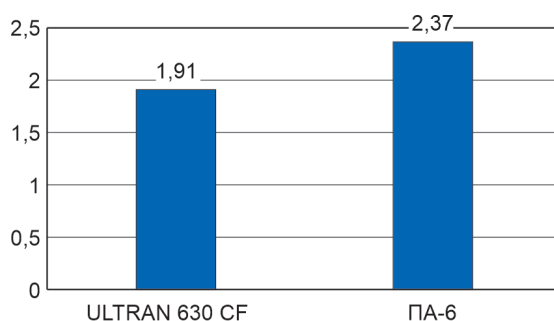
Стоит отметить, что усилие задира для композита оказалось выше, чем

для чистого полиамида: композиционный материал испытывал задиры при нагрузках до 4 Н, тогда как полиамид – уже при 2,5 Н. Как известно, задиры происходят при значительном разогреве материалов трущихся пар, в результате чего происходит их схватывание. Поскольку теплопроводность композита за счет присутствия углеродных волокон значительно выше, чем для чистого полиамида, в случае испытаний композитов тепло из зоны трения отводится гораздо эффективнее, а задиры происходят при более высоких нагрузках.

На рис. 6 представлены результаты расчета усредненного значения объемного износа образцов.

Объемный износ полиамида, наполненного углеродными волокнами, на 20% ниже, чем износ чистого полиамида, несмотря на более высокий коэффициент трения. Поскольку углеродные волокна, армирующие компо-

Рис. 6.
Интенсивность
объемного изнашивания,
мм³/м·10⁻⁹



зит, обладают высокой твердостью, их истирание в процессе трения по сравнению с чистым полимером значительно затруднено, что и приводит к указанному эффекту.

Выводы

1. В результате проведенных триботехнических испытаний установлено, что средний коэффициент трения для ULTRAN 630CF с учетом исключения крайних значений на 38% выше, чем для чистого полиамида 6, и составил 0,29 против 0,18 – для полиамида.

2. Несущая способность композита и сопротивление задиру выше, чем для чистого полиамида (для композита рабочая нагрузка составляла 1,8 Н, а усилие задира – 3,6 Н, тогда как для полиамида – 1,3 Н и 2,5 Н соответственно). Износостойкость композита также оказалась на 20% выше, чем у полиамида 6.

3. Результаты экспериментов позволяют оценить ULTRAN 630CF как конкурентоспособный износостойкий материал. В результате полученных экспериментальных данных можно ожидать, что узлы трения, изготовленные из данного материала, прослужат на 20% дольше изготовленных из полиамида 6.

Список

использованных источников

1. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сидоров А.С. и др. Использование биметаллических сталей для повышения ресурса рабочих органов сельскохозяйственных машин // Вестник РАСХН. 2013. № 2. С. 80-81.
2. Дорохов А.С., Свиридов А.С., Гончарова Ю.А., Алёхина Р.А. Оценка химической стойкости полиуретановых компаундов, применяемых при изготовлении диафрагм

мембранно-поршневых насосов // Техника и оборудование для села. 2021. № 8 (290). С. 41-44.

3. Дорохов А.С., Гончарова Ю.А., Свиридов А.С. и др. Определение динамической вязкости наполненных композиций на основе терморезактивного литьевого полиуретана // Химическая технология. 2022. № 12. С. 502-506.

4. Каблов Е.Н. Семенова Л.В., Петрова Г.Н. и др. Полимерные композиционные материалы на термопластичной матрице // Известия высших учебных заведений. Сер.: Химия и химическая технология. 2016. Т. 59. № 10. С. 61-71.

5. Денисов В.А., Славкина В.Э., Алёхина Р.А., Кузьмин А.М., Гончарова Ю.А. Исследование реологических свойств композиционных материалов для изготовления распылителей сельскохозяйственных опрыскивателей // Клеи. Герметики. Технологии. 2022. № 6. С. 26-33.

6. Гончарова Ю.А. Исследование механических свойств композиционного материала на основе 3D-печатных каркасов, наполненных полимерным компаундом // Агроинженерия. 2022. № 2. С. 65-70.

7. Катаев Ю.В., Гончарова Ю.А., Свиридов А.С., Тужилин С.П., Казберов Р.Я. Оценка абразивной стойкости композиций на основе полиуретановых компаундов, применяемых при изготовлении диафрагм мембранно-поршневых насосов // Техника и оборудование для села. 2022. № 6 (300). С. 38-41.

8. Радайкина Е.А., Котин А.В. Новая полимерная композиция для восстановления трибоспрояжений машин // Технический сервис машин. 2022. № 3 (148). С. 101-105.

9. Радайкина Е.А., Котин А.В. Ремонт силовых гидроцилиндров с применением новых полимерных композиционных материалов // Технический сервис машин. 2021. № 3 (144). С. 138-145.

10. Радайкина Е.А., Водяков В.Н., Котин А.В., Конаков А.В. Трибологические

свойства антифрикционного полиамидного композита // Сельский механизатор. 2019. № 2. С. 30-32.

11. Денисов В.А., Задорожный Р.Н., Романов И.В. и др. Триботехнические свойства материалов для опор скольжения культиваторов // С.-х. машины и технологии. 2022. Т. 16. № 4. С. 13-18.

12. Shibata K., Yamaguchi T., Hokkirigawa K. Tribological behavior of polyamide 66/rice bran ceramics and polyamide 66/glass bead composites // Wear. 2014. V. 317, Is. 1-2. P. 1-7.

13. Unal H., Mimaroglu A. Friction and wear performance of polyamide 6 and graphite and wax polyamide 6 composites under dry sliding conditions // Wear. 2012. V. 289. P. 132-137.

14. Водяков В.Н., Котин А.В., Кузнецов В.В. и др. Модификация полиамидных композитов тонкодисперсным шунгитом и графитом // Сельский механизатор. 2020. № 3. С. 34-35.

15. Li J., Xia Y.C. The reinforcement effect of carbon fiber on the friction and wear properties of carbon fiber reinforced PA6 composites // Fibers and polymers. 2009. V. 10, Is. 4. P. 519-525.

16. Dorokhov A.S., Denisov V.A., Zadorozhny R.N., Romanov I.V., Zuevskiy V.A. The tribotechnical properties of electrosprays with a secondary bronze coating // Coatings. 2022. T. 12. № 3. Порядковый номер статьи 312.

Evaluation of Tribological Properties and the Possibility of Using the ULTRAN 630CF Composite for Friction Units of Agricultural Machinery

V.A. Denisov, Yu.V. Kataev,
Yu.A. Goncharova, V.E. Slavkina,
A.O. Shitov
(FGBNU FNATS VIM)

Summary: The results of the study of the tribological properties of a composite based on polyamide 6 filled with short carbon fibers are presented in comparison with pure polyamide 6. It is shown that the volumetric wear of the composite is lower than that of pure polyamide. The bearing capacity and tear resistance of the materials were evaluated. Friction coefficients are introduced.

Key words: reliability, service life, polyamide, composite, carbon fibers, friction, friction coefficient, volumetric wear, wear resistance.

УДК 631.3 – 772:005.934.4

DOI: 10.33267/2072-9642-2023-6-35-38

Перспективные направления использования аддитивных технологий в ремонтном производстве

И.Г. Голубев,

д-р техн. наук, проф.,
зав. отд.,

golubev@rosinformagrotech.ru
(ФГБНУ «Росинформагротех»);

А.С. Апатенко,

д-р техн. наук, доц.,
зав. кафедрой,

a.apatenko@rgau-msha.ru

Н.С. Севрюгина,

д-р техн. наук, доц.,
nssevr@yandex.ru

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева);

В.В. Быков,

д-р техн. наук, проф.,
wbykov@yandex.ru

М.И. Голубев,

канд. техн. наук, доц.,
m.i.golubev@mail.ru

(МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Мытищинский филиал)

Аннотация. Показаны перспективные направления развития аддитивных технологий в Российской Федерации, технологий автоматизированного ремонта машин и оборудования с применением машинного зрения и обучения, а также создания мобильных цехов и комплексов для ремонта деталей машин. В ремонтном производстве будут широко востребованы 3D-сканирование и реверс-инжиниринг деталей, 3D-печать запасных частей и 3D-технологии ремонта деталей и комплектующих. Использование 3D-технологий при ремонте машин снижает расход присадочного материала при восстановлении деталей и повышает их износостойкость.

Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, деталь, ремонт, восстановление, аддитивная технология, 3D-сканирование, реверс-инжиниринг, 3D-печать.

Постановка проблемы

Работающий парк машин и оборудования страны, в том числе в сельском хозяйстве, имеет большой износ, а зачастую морально устарел.

Поэтому сохраняется рост эксплуатационных издержек из-за увеличения доли затрат на запасные части. Снизить такие затраты, особенно для импортной техники, можно путем совершенствования организации и технологий ремонта машин.

В 2021 г. Правительство Российской Федерации утвердило стратегическое направление в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов до 2030 г. В ходе его реализации в агропромышленном комплексе будут внедрены технологии цифровых двойников, беспилотная сельскохозяйственная техника и робототехника, спутниковые системы связи и позиционирования, сенсоры и маяки со спутниковым каналом передачи данных и другие цифровые технологии. Они будут применены как в рамках государственного управления, так и для повышения эффективности производственных и бытовых процессов предприятий, в том числе ремонтных [1].

Одним из наиболее динамично развивающихся направлений «цифрового» производства является применение аддитивных технологий (АТ) [2]. Мировой объем рынка АТ составляет примерно 12 млрд долл. США, и его рост продолжается. В России объем рынка АТ всего 4 млрд руб., или около 1% мирового объема. Для этих целей на российских предприятиях используется около 90% оборудования иностранного производства [3]. Поэтому Стратегией развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2021 г. № 1913-р) намечен рост рынка аддитивных технологий

к 2030 г. более чем в 3 раза, а объем производства на российских компаниях должен увеличиться более чем в 7 раз [4].

Объем 3D-печати деталей в 2022 г. по сравнению с 2021 г. вырос в 3 раза, объем услуг реверс-инжиниринга – в 20 раз. По данным экспертов, к традиционным областям использования аддитивных технологий добавятся услуги по ремонту машин в различных отраслях экономики, в том числе импортных [5].

Цель исследования – выявление перспективных направлений развития аддитивных технологий и возможностей их применения в ремонтном производстве.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов исследования использовались открытые информационные источники и интернет-ресурсы профильных российских научных и образовательных организаций и промышленных компаний. Исследование проводилось с помощью информационно-аналитического мониторинга, анализа и обобщения отечественных и зарубежных информационных источников об аддитивных технологиях. Для анализа использованы материалы РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, ФНАЦ ВИМ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МАДИ и др.

Большое внимание уделено изучению и анализу перспективных аддитивных технологий и инновационного оборудования, представленных на различных ежегодных выставках, в том числе международных: «Станкостроение», «Металлообработка», «Аддитивные технологии и 3D-печать в промышленности», «Оборудование и технологии обработки конструкционных материалов», «Технофорум»,

«Аддитивные технологии в промышленности «3D fab + print Russia», которая проходит в рамках Международной специализированной выставки пластмасс «Интерпластика», и др.

Результаты исследований и обсуждение

Анализ и обобщение передовых решений в области контроля деталей указал на мировой тренд создания цифровых измерений и систем бесконтактного оптического контроля качества изделий [3]. 3D-сканеры позволяют получить трехмерную модель какого-либо предмета (трехмерный образ в электронном виде) и передать результат в компьютерную программу обработки. 3D-сканирование широко используется для автоматизации поиска дефектов и контроля размеров деталей в автомобильной и авиационной промышленности, других отраслях.

Наиболее часто для изучения и контроля сборочных узлов машин применяется лазерное сканирование, обеспечивая широкие возможности применения аддитивных технологий [6, 7]. Оно позволяет проверить фактические допуски деталей и определить порядок сборки узла с наименьшими затратами и в кратчайшие сроки. 3D-сканирование на ремонтном предприятии перспективно для использования в качестве средства контроля геометрии деталей сельскохозяйственной техники при входном контроле и дефектации. Для этого с помощью 3D-сканера создается цифровая модель реального изделия и сравнивается с его цифровой идеально спроектированной моделью

(цифровой двойник). С помощью подобного сравнения можно оценить величину износа деталей, остаточный ресурс работы и назначить способы восстановления ее геометрии [6, 7].

В Башкирском ГАУ изучили возможности технологии 3D-сканирования при проведении дефектации изношенных деталей. Метод позволяет повысить эффективность дефектации, сократить ее продолжительность в 6 раз, снизить уровень субъективности оценки технического состояния детали и уменьшить трудоемкость процесса на 30 % [8]. В ФНАЦ ВИМ 3D-сканированием определяют износ фрикционных дисков трактора К-701, а для контроля геометрических параметров шатуна двигателя трактора К-744 разработали автоматизированную интерактивную систему с программным обеспечением [9,10].

Важным направлением развития АТ является реверс-инжиниринг (обратное проектирование) деталей машин. В ФНАЦ ВИМ функционирует цифровая 3D-ферма, позволяющая выполнять обратное проектирование и изготовление деталей и узлов сельскохозяйственной техники. Возможности 3D-фермы позволили осуществить оперативную замену изношенного зубчатого колеса на приводе насоса низкого давления. Было произведено обратное проектирование колеса, получена CAD-модель, доработана в специализированном программном обеспечении и по ней изготовлена методом FDM-печати новая деталь [11].

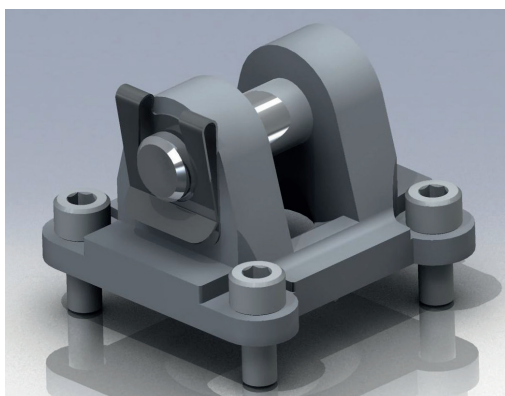
Большие перспективы реверс-инжиниринг имеет для восстановления работоспособности деталей и

комплектующих импортных машин. В РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева на основе реверс-инжиниринга с использованием координатно-измерительной машины предложена концепция решения проблемы импортозамещения крупногабаритных запасных частей. На основе цифрового двойника детали определяется износ поверхности и разрабатываются технологии восстановления.

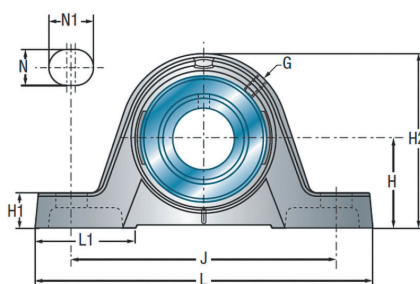
Измерительные руки серии SPACE PLUS с установкой программного обеспечения измеряют контур детали посредством чувствительной головки, обеспечивают моделирование конструкции, затем проецируют ее в 3D-модель с конвертированием в конструкторские чертежи. Измерение производится с помощью контактных датчиков путем касания щупом измеряемой поверхности. Лазерные сканеры фиксируют координаты реперных точек измеряемой поверхности в зоне поля зрения сканера.

При создании цифрового двойника деталь устанавливается на базовую плиту, выбирается реперная точка начала моделирования, обеспечивающая нулевой горизонт цифрового прототипа на экране монитора. В заданной координатной сетке выполняются замеры детали, верхние и нижние точки модели фиксируются измерительной головкой гибкой руки. На дисплее ПК получается объект измерения, обладающий геометрическими характеристиками, соответствующими замерам детали.

Данным способом достаточно быстро и точно можно моделировать деталь с необходимыми характеристиками, которые автоматически



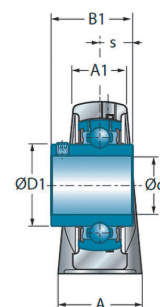
а



б

Результаты реверс-инжиниринга детали:

а – деталь; б – рабочий чертеж



переводятся в техническую документацию изделия. Полученная информация обрабатывается, составляется технологическая карта, подбираются оборудование, материал и определяются этапы процессов изготовления заданной детали (см. рисунок). В итоге можно получить как 3D-модель, так и рабочий чертеж детали для ее изготовления [12].

Анализ показал, что для 3D-печати деталей из полимерных материалов в больших объемах используют принтеры SLA, FDM и PoLyJet и др. [2]. В ФНАЦ ВИМ разработан способ изготовления полимерных запасных частей для сельскохозяйственной техники, предполагающий на первом этапе 3D-печать каркаса детали из термопластичного полимера с помощью технологии FDM, на втором – упрочняющую вакуумную пропитку полученной конструкции в термоактивном полимере. При изготовлении запасных частей способом 3D-печати с вакуумной пропиткой

сроки ремонта иностранной техники с длительными сроками поставок запчастей сокращаются в 3 раза, в результате сокращаются и простои зерноуборочных комбайнов [13].

В последние годы многие компании наращивают свои инвестиции в развитие технологий 3D-печати металлами. Компания «Лазерные системы» поставила на рынок промышленный принтер для 3D-печати металлических деталей M 250, использующий технологию селективного лазерного сплавления (СЛС). Оборудование позволяет печатать форсунки, плунжеры, сопла и другие детали [14].

Одним из перспективных направлений внедрения 3D-технологий в ремонтное производство является комплексное применение аддитивных технологий и 3D-сканирования. При дефектации деталей после разборки ремонтируемых агрегатов машины с помощью 3D-сканера определяют величину износа, а с по-

мощью 3D-принтера восстанавливают изношенную поверхность с учетом неравномерности износа. К преимуществам такой технологии ремонта следует отнести повышение точности измерения, уменьшение номенклатуры используемых средств измерения, возможность восстановления деталей сложной геометрической формы; нанесение слоя присадочного материала производится точно на место износа. Таким образом, снижается расход материала от 20 до 90%.

Аддитивные технологии позволяют наносить специальные покрытия на такие детали, как гильзы цилиндров, поршневые кольца, кулачковые валы, седла клапанов и др. [2]. В МАДИ разработана технология ремонта пластмассовых деталей дорожных машин с использованием 3D-печати. Для этого разработана программа автоматизированного подбора компонентов полимерных композиционных материалов, позволяющая осуществлять подбор

Возможности применения 3D-технологий в ремонтном производстве

Технология	Перспективные направления развития	Применимость	Эффект
3D-сканирование деталей	Производство отечественных комплектов для аддитивного оборудования (оптических сканаторов, лазеров, систем контроля), развитие лазерного сканирования, которое позволяет получать данные о наличии даже мельчайших пор на поверхности деталей, следов коррозии и других дефектов	Для автоматизации поиска дефектов и контроля размеров деталей. Перспективно для входного контроля запасных частей и дефектации деталей при ремонте сельскохозяйственной техники	Сокращается продолжительность дефектации, повышается уровень точности оценки технического состояния детали и уменьшается трудоемкость процесса
Реверс-инжиниринг деталей	Разработка специальных программных продуктов, которые позволяют в автоматическом режиме проводить анализ конструкции детали, химического состава и микроструктуры материала; создание цифровых 3D-ферм, позволяющие в минимальные сроки осуществлять реверс-инжиниринг и изготовление деталей	Перспективно для производства запасных частей к импортной технике в условиях санкций	Существенно сокращаются сроки и затраты ремонта импортной техники
3D-печать запасных частей	Получают развитие технологии печати изделий методом селективного лазерного сплавления, микроволнового излучения, электронно-лучевого плавления; производство различных материалов, в том числе прутка, порошка, филамента; особенно будет востребована печать деталей композитными материалами	Изготовление радиаторов, форсунок, подшипников скольжения, корпусов приборов; комплектующих гидравлического оборудования (уплотнения направляющих поршней и поршни гидроцилиндров, разъемные соединения, детали гидрораспределителей, насосов и гидромоторов)	Снижение материалоемкости производства запасных частей
3D-технология ремонта деталей	Развитие технологий автоматизированного ремонта изделий методами аддитивных технологий, в том числе с применением технологий машинного зрения и обучения; а также создание мобильных цехов и комплексов для ремонта деталей машин	Ремонт и восстановления деталей сельскохозяйственной техники, в том числе сложной геометрической формы. Упрочнение деталей. АТ-технологии позволяют наносить специальные износостойкие покрытия на такие детали, как гильзы цилиндров, поршневые кольца, кулачковые валы, седла клапанов и др.	Снижение расхода присадочного материала при восстановлении деталей, повышение износостойкости деталей

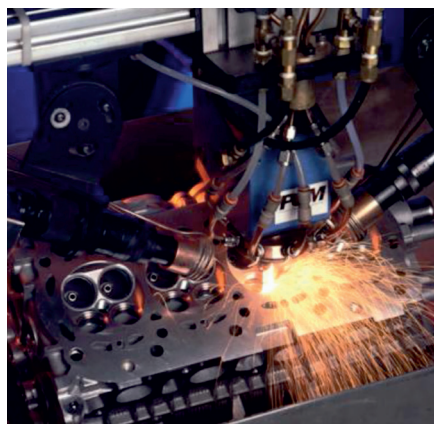
связующих и наполнителей для получения требуемых физико-механических свойств детали. Себестоимость восстановления по предлагаемой технологии составляет около 70% от стоимости новой детали [15]. Анализ и обобщение информационных материалов показал возможности применения 3D-технологий в ремонтном производстве (см. таблицу).

Выводы

1. К перспективным направлениям развития аддитивных технологий в Российской Федерации следует отнести разработку отечественного оборудования и материалов, в том числе прутков, проволоки, порошка из стружки нержавеющей стали. Получат развитие технологии автоматизированного ремонта машин и оборудования с применением машинного зрения и обучения, а также создание мобильных цехов и комплексов для ремонта деталей машин.

2. Выявлено, что в ремонтном производстве будут востребованы 3D-сканирование и реверс-инжиниринг деталей, 3D-печать запасных частей и 3D-технологии ремонта деталей и комплектующих.

3. Установлено, что 3D-сканирование деталей перспективно для входного контроля запасных частей и дефектации деталей, а реверс-инжиниринг и 3D-печать запасных частей – для производства запасных частей к импортной технике в условиях санкций. Использование 3D-технологий при ремонте машин снижает расход присадочного материала при восстановлении деталей и повышает их износостойкость.



Список

использованных источников

1. Стратегическое направление в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства России от 29 декабря 2021 г. № 3971-р).
2. **Федоренко В.Ф., Голубев И.Г.** Перспективы применения аддитивных технологий при производстве и техническом сервисе сельскохозяйственной техники. М.: Юрайт, 2022. 137 с.
3. **Сацкая З.** Вопрос поставлен, ответа пока нет // Аддитивные технологии. 2022. № 2. С. 2-3.
4. Стратегия развития аддитивных технологий // Аддитивные технологии. 2022. № 4. С. 10-11.
5. Аддитивные технологии. Слова и дела // Аддитивные технологии. 2022. № 1. С. 14-15.
6. **Голубев И.Г., Мишуров Н.П., Дорохов А.С., Скороходов Д.М., Свиридов А.С.** Цифровые решения при техническом сервисе сельскохозяйственной техники. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 76 с.
7. **Быков В.В., Голубев М.И.** Инновационные технологии 3D-сканирования для контроля качества деталей машин // Теория и практика современной аграрной науки : сб. V нац. (всерос.) науч. конф. с междунар. участием. Новосибирск, 2022. С. 522-525.
8. **Юнусбаев Н.М.** 3D-сканирование в технологии ремонта деталей и узлов тракторов и автомобилей // С.-х. машины и технологии. 2019. Т. 13, № 1. С. 4-8.
9. **Катаев Ю.В., Гончарова Ю.А., Свиридов А.С., Тужилин С.П.** Применение технологий 3D-печати и 3D-сканирования при изготовлении и ремонте сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. 2023. № 1 (307). С. 34-38.
10. **Катаев Ю.В., Герасимов В.С., Соломашкин А.А.** Интерактивная система 3D для измерительного контроля деталей при ремонте автотракторных двигателей // Технический сервис машин. 2021. № 2 (143). С. 39-45.
11. **Свиридов А.С., Тужилин С.П., Лопатина Ю.А.** Использование цифровой 3D-фермы в ремонтном производ-

стве сельскохозяйственной техники // Технический сервис машин. 2019. № 1. С. 93-99.

12. Инженерные расчеты для машиностроения и строительства – НТЦ «АПМ» [Электронный ресурс]. <https://apm.ru/img/185/top-opt-fem-v18-text-3.jpg> (дата обращения: 04.04.2023).

13. **Гончарова Ю.А.** Реновация технических средств с использованием 3D-печати полимерных запасных частей : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03. М.:ФНАЦ ВИМ, 2022. 21 с.

14. Лазерные системы: комплексный подход в области разработки, производства и реализации серийного аддитивного оборудования // Аддитивные технологии. 2022. № 4. С. 6-7.

15. **Нефелов И.С.** Разработка технологического обеспечения ремонта пластмассовых деталей дорожных машин с использованием методов 3D-печати : автор. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.04. М.: МАДИ, 2022. 28 с.

Promising Paths for the Use of Additive Technologies in the Repair Industry

I.G. Golubev

(Rosinformagrotech)

A.S. Apatenko, N.S. Sevryugina

(RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev)

V.V. Bykov, M.I. Golubev

(MSTU named after N.E. Bauman, Mytishchi branch)

Summary: Promising paths for the development of additive technologies in the Russian Federation, technologies for automated repair of machines and equipment using machine vision and learning, as well as the creation of mobile workshops and complexes for the repair of machine parts are shown. In the repair industry, 3D scanning and reverse engineering of parts, 3D printing of spare parts and 3D technologies for repairing parts and components will be in great demand. The use of 3D technologies in the repair of machines reduces the consumption of filler material during the restoration of parts and increases their wear resistance.

Key words: agricultural machinery, detail, repair, restoration, additive technology, 3D scanning, reverse engineering, 3D printing.

УДК 621.3 DOI:

DOI: 10.33267/2072-9642-2023-6-39-44

Методика расчёта показателей надёжности электроснабжения с учётом сезонности

А.В. Виноградова,

канд. техн. наук,
вед. науч. сотр.,
alinawin@rambler.ru

А.В. Виноградов,

д-р техн. наук,
доц., гл. науч. сотр.,
winaleksandr@gmail.com
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Аннотация. Выявлено, что аварийные и плановые отключения в электрических сетях носят сезонный характер по месяцам года и времени суток. Приведены сведения о методиках расчёта показателей надёжности электроснабжения сельских потребителей и выполнен их анализ. Показано, что существующие методики не позволяют осуществлять дифференцированный расчёт показателей надёжности в зависимости от сезона года и времени суток. Разработана методика расчёта данных показателей с учётом сезонности по месяцам и времени суток, позволяющая получить вероятность безотказной работы по аварийным и плановым отключениям с использованием соответствующих коэффициентов сезонности.

Ключевые слова: надёжность электроснабжения, методика расчёта показателей надёжности, сезонность отключений электроэнергии, коэффициент сезонности.

Постановка проблемы

Обеспечение надёжности электроснабжения сельских потребителей – одна из основных задач развития электросетевого комплекса, систем электроснабжения. Поскольку показатели надёжности электроснабжения имеют, как правило, вероятностный характер существует целый ряд способов их определения [1, 2]. В работе [3] приводится оригинальная методика оценки схемной надёжности электроснабжения конечных потребителей с использованием приёмов теории факторного анализа. Особенность методики – минимизация необходимой исходной и нормативно-справочной объективной информации об объекте. Основные показатели надёжности отдельных элементов электрических сетей и методика их расчета приведены в работе [4]. Новая методика определения расчетного количества отключений потребителей по цепи «источник-потребитель» предлагается в работе [5].

Применение метода блок-схем для расчета показателей структурной надёжности распределительной электрической сети, в том числе с учётом возможности резервирования и наложения аварийного восстановления основного элемента на плановый ремонт резервно-

го, вопросы оценки фактического технического состояния электрооборудования, расчета ущерба от нарушения электроснабжения для объектов нефтедобычи рассмотрены в работе [6]. Эти методы применимы и для систем электроснабжения сельских потребителей.

В работах различных авторов предлагаются методы повышения надёжности электроснабжения, в том числе, например, с применением накопителей электроэнергии [7]. Однако в данной работе недостаточно учтены сезонный характер отказов элементов электрической сети и точная сезонность работы накопителя в части его зарядки и разрядки. В работе [8] рассмотрен вопрос влияния сезонности климатических факторов на планирование запасных элементов распределительных электрических сетей 10 кВ. В то же время не учтены другие факторы, определяющие сезонность аварийных отключений и плановых ремонтов оборудования электрических сетей.

Сезонность потребления электроэнергии по месяцам года и времени суток и влияющие на неё факторы рассмотрены в работах [9, 10], а также в нормативных документах РД 34.20.178 (Методические указания по расчету электрических нагрузок в сетях 0,38-110 кВ сельскохозяйственного назначения), РД 34.20.185-94 (Нормативы для определения расчетных электрических нагрузок зданий (квартир), коттеджей, микрорайонов (кварталов) застройки и элементов городской распределительной сети), где приведены методики расчёта дневных и вечерних максимумов электрической нагрузки. В постановлении Правительства России от 29.12.2011 № 1178 (ред. от 01.09.2022) «О ценообразовании в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике» приведён перечень сезонных потребителей электроэнергии, т.е. сезонность аварийных отключений и плановых ремонтов может оказывать значительное влияние на ущерб от перерывов в электроснабжении потребителей.

Таким образом, существующие методики расчёта показателей надёжности электроснабжения не предполагают учёта фактора сезонности перерывов в электроснабжении, считая вероятности возникновения аварийных отключений, вызванных отказами, в электрических сетях одинаковыми в разные моменты времени. Это не позволяет более точно прогнозировать надёжность электроснабжения потребителей, определять вероятные ущербы от перерывов в электроснабжении, разрабатывать мероприятия по повышению надёжности. В то же время, исследование статистических данных по отключениям в электрических сетях разных классов напряжения, выполненное на примере Орловской области, показало,

что параметр потока отказов, причины отключений носят сезонный характер [11]. Поэтому актуальной является задача разработки методики расчёта показателей надёжности электроснабжения сельских потребителей с учётом сезонности перерывов в электроснабжении по месяцам и времени суток.

Цель исследования – разработка методики расчёта показателей надёжности электроснабжения с учётом сезонности.

Материалы и методы исследования

В работе [11] приведено количество аварийных и плановых отключений, отключенной мощности, времени перерывов в электроснабжении в сельских электрических сетях 0,4-110 кВ на примере Орловской области. Выявлено, что количественные значения данных показателей распределены неравномерно по месяцам года и времени суток. Гистограмма распределения суммарного времени аварийных перерывов по ВЛ 0,4 кВ в филиале ПАО «Россети Центр»-«Орелэнерго» по месяцам за 2018-2021 гг. [11] представлена на рис. 1.

Наибольшее суммарное время аварийных отключений за этот период характерно для мая (786,6 ч), июня (873 ч), июля (873,6 ч). При этом общее время аварийных перерывов в электроснабжении составляет 5748,3 ч. Наименьшее время аварийных перерывов в электроснабжении характерно для января-апреля и октября-декабря в количестве менее 500 ч, что отчасти обусловлено незначительной грозовой деятельностью в данное время года и высокими показателями технического состояния ВЛ 0,4 кВ после выполнения летней ремонтной программы [11].

Выраженный сезонный характер носят и плановые отключения. В частности, на рис. 2 показана гистограмма распределения количества плановых отключений ВЛ 0,4 кВ в определённое время суток в филиале ПАО «Россети Центр»-«Орелэнерго» за 2018-2021 гг. [11]. График показывает ярко выраженный сезонный по времени суток характер плановых отключений.

Произошедшие 4248 плановых отключений в сетях 0,4 кВ Орелэнерго, по которым имеется информация

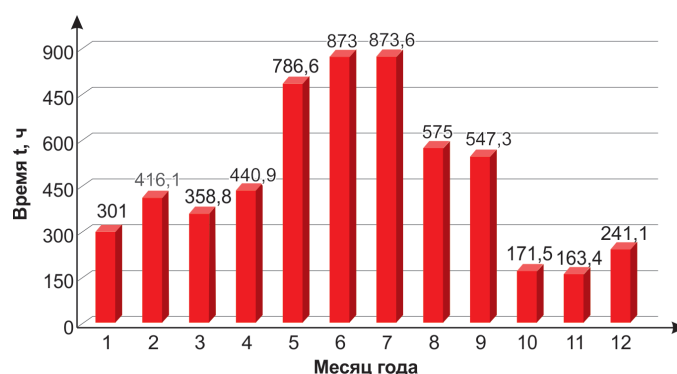


Рис. 1. Распределение суммарного времени аварийных перерывов по ВЛ 0,4 кВ в филиале ПАО «Россети Центр»-«Орелэнерго» по месяцам за 2018-2021 гг. [11]

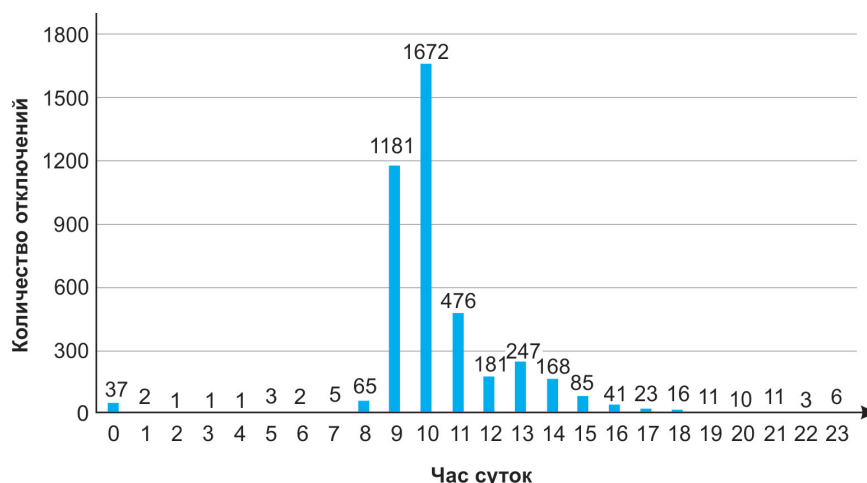
о времени их начала, распределились, как показано на диаграмме на рис. 2. Наибольшее количество плановых отключений наблюдается с 9:00 до 15:00. При этом максимальное их количество приходится на 10:00. Это связано с графиком работы электросетевой компании и временем доставки бригады, осуществляющей отключения, до места выполнения работ и производства отключения. Наименьшее количество отключений наблюдается с 16:00 до 8:00. За 2018-2021 гг. в это время произошло 238 плановых отключений, что составляет 5,6% от общего их количества за рассматриваемый период. Суммарное время плановых отключений в электроснабжении ВЛ 0,4 кВ за 2018-2021 гг. составило 57519,6 ч [11].

В качестве прототипа принята методика, приведённая в работах [12, 13]. Она позволяет рассчитывать такие показатели, как вероятность безотказной работы участков электрических сетей, время перерывов в электроснабжении и другие, но не учитывает факторы сезонности.

Результаты исследований и обсуждение

В разрабатываемой методике под участием сети понимаются участки ЛЭП, а также источники питания и коммутационные аппараты, установленные в сети, например,

Рис. 2. Распределение количества плановых отключений ВЛ 0,4 кВ в определённое время суток в филиале ПАО «Россети Центр»-«Орелэнерго» за 2018-2021 гг. [11]



секционирование пункты (СП), секционирование пункты с функцией автоматического включения резерва (СПАВР), мультиточечные коммутационные системы (МКС), как и в работах [12, 13].

Первым действием методики является определение статистических данных по аварийным отключениям в электрических сетях рассматриваемого региона. По этим данным определяется параметр потока отказов ω_{0i} на 100 км ЛЭП или на 100 ед. оборудования в год:

$$\omega_{0i} = \frac{N_{\text{откл}} \cdot 100}{n_{\text{а.л.}} \cdot L_{\Sigma}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{откл}}$ – число отключений за анализируемое число лет;

$n_{\text{а.л.}}$ – анализируемое число лет, год;

L_{Σ} – суммарная протяжённость анализируемых сетей, км, или суммарное число единиц анализируемого оборудования.

По этим данным определяется также среднее время восстановления $T_{\text{всрпч}}$:

$$T_{\text{всрпч}} = \frac{\sum T_{Bi}}{N_{\text{откл}}}, \quad (2)$$

где $\sum T_{Bi}$ – суммарное время восстановления по всем отключениям за анализируемый период времени, ч.

Как ω_{0i} , так и $\sum T_{\text{всрпч}}$ могут быть определены по справочным или литературным данным, например из источников [14, 15], если нет возможности определить их статистически.

Далее определяется значение безразмерных коэффициентов сезонности, характеризующих отличия показателей потока отказов и времени восстановления для разных месяцев года и разных часов суток. Коэффициенты определяются отдельно для каждого класса напряжений рассматриваемых сетей.

Коэффициент учёта сезонности года по времени восстановления $k_{\text{ГТj}}$:

$$k_{\text{ГТj}} = \frac{12 \cdot t_{\text{в мес j}}}{\sum t_{\text{в мес i}}}, \quad (3)$$

где $t_{\text{в мес j}}$ – суммарное время восстановления после отключений в j -м анализируемом месяце по статистическим данным, ч;

$\sum t_{\text{в мес i}}$ – суммарное время восстановления после отключений в течение года по статистическим данным, ч;

12 – число месяцев в году.

Коэффициент учёта сезонности времени суток по времени восстановления $k_{\text{СТj}}$:

$$k_{\text{СТj}} = \frac{24 \cdot t_{\text{в час j}}}{\sum t_{\text{в час i}}}, \quad (4)$$

где $t_{\text{в час j}}$ – суммарное время восстановления после отключений, возникших в анализируемом в j -м часу, по статистическим данным, ч;

$\sum t_{\text{в час i}}$ – суммарное время восстановления после отключений в течение суток, по статистическим данным, ч;

24 – часов в сутках.

Коэффициент учёта сезонности года по потоку отказов $k_{\text{Гωj}}$:

$$k_{\text{Гωj}} = \frac{12 \cdot N_{\text{откл мес j}}}{\sum N_{\text{откл мес i}}}, \quad (5)$$

где $N_{\text{откл мес j}}$ – число отключений в j -м анализируемом месяце, по статистическим данным;

$\sum N_{\text{откл мес i}}$ – число отключений в течение года, по статистическим данным.

Коэффициент учёта сезонности времени суток по потоку отказов $k_{\text{Сωj}}$:

$$k_{\text{Сωj}} = \frac{24 \cdot N_{\text{откл час j}}}{\sum N_{\text{откл час i}}}, \quad (6)$$

где $N_{\text{откл час j}}$ – число отключений в анализируемом j -м часу, по статистическим данным;

$\sum N_{\text{откл час i}}$ – суммарное число отключений в течение суток, по статистическим данным.

Далее определяются конфигурация сети, для которой необходимо выполнить расчёт и её протяжённость. Следующим действием определяется анализируемый сезон. Это может быть конкретный месяц, сутки, заданное число суток в заданном месяце или нескольких месяцах, год.

Расчётное количество часов перерыва от аварий на каждом участке сети на заданный сезон:

$$T_{\text{пер ав учч}} = \frac{T_{\text{всрпч}} \cdot \omega_{0i} \cdot l_i}{100} \cdot \sum_1^{n_{\text{ма}}} \left(\frac{k_{\text{ГТj}} \cdot k_{\text{Гωj}} \cdot n_{\text{дмаj}}}{n_{\text{дмj}}} \right), \quad (7)$$

где l_i – длина участка i , км, или число единиц оборудования;

$n_{\text{ма}}$ – число анализируемых месяцев;

$n_{\text{дмаj}}$ – число анализируемых суток в анализируемом конкретном месяце;

$n_{\text{дмj}}$ – число суток в анализируемом конкретном месяце.

Количество часов перерыва от отключений на участке сети, возникших в течение конкретного часа $T_{\text{пер ав учччч}}$, ч:

$$T_{\text{пер ав учччч}} = \frac{T_{\text{всрпч}} \cdot k_{\text{ГТj}} \cdot k_{\text{Сωj}} \cdot \omega_{0i} \cdot l_i \cdot k_{\text{СТj}} \cdot k_{\text{Сωj}}}{100}, \quad (8)$$

где $k_{\text{ГТj}}$ – коэффициент учёта сезонности года по времени восстановления для анализируемого месяца и классов напряжения;

$k_{\text{Гωj}}$ – коэффициент учёта сезонности года по потоку отказов для анализируемого месяца и классов напряжения;

$k_{\text{СТj}}$ – коэффициент учёта сезонности года по времени восстановления для анализируемого конкретного часа суток и класса напряжения;

$k_{\text{Сωj}}$ – коэффициент учёта сезонности года по потоку отказов для анализируемого конкретного часа суток и класса напряжения.

Следующим шагом методики является определение вероятности безотказной работы (ВБР) участков сети в течение заданного сезона $P_{(\text{безотк ав уч}iC)}$:

$$P_{(\text{безотк ав уч}iC)} = \frac{t_{\text{Чс}} - T_{\text{пер ав уч}iC}}{t_{\text{Чс}}}, \quad (9)$$

где $t_{\text{Чс}}$ – число часов в сезоне.

Затем рассчитывается вероятность безотказной работы всей исследуемой сети, задействованной в электроснабжении заданного участка, в заданный сезон с учётом её конфигурации. Для этого строится схема замещения сети, на которой указывается ВБР каждого участка для заданного сезона. Схема сети упрощается путём приведения последовательно и параллельно соединённых участков сети к одному элементу. ВБР последовательно соединённых участков для заданного сезона $P(t)_{\text{посл}C}$:

$$P(t)_{\text{посл}C} = \prod_{i=1}^{n_{\text{посл}}} P_{(\text{безотк ав уч}iC)}(t_C) = e^{-t \sum_{i=1}^{n_{\text{посл}}} \lambda_i}, \quad (10)$$

где e – основание натурального логарифма;

t – рассматриваемое время, годы;

λ_i – интенсивность потока отказов на 100 км линии или на 100 шт. оборудования (равна потоку отказов ω_{0i} в рассматриваемом случае), год⁻¹;

$n_{\text{посл}}$ – число последовательно соединённых участков сети в рассматриваемой цепи;

$P_{(\text{безотк ав уч}iC)}$ – ВБР i -го участка сети с учётом сезона.

Для параллельных участков ВБР с учётом сезона $P(t)_{\text{пар}C}$ определяется для числа параллельных участков $n_{\text{пар}}$, шт.:

$$P(t)_{\text{пар}C} = 1 - \prod_{i=0}^{n_{\text{пар}}} (1 - P_{(\text{безотк ав уч}iC)}(t_C)). \quad (11)$$

Постепенно схема замещения сокращается до одного элемента, для которого определяется ВБР, являющаяся ВБР всей сети.

Определяются показатели перерывов в электроснабжении, связанных с техническим обслуживанием и плановыми ремонтами участков сети. Как правило, такая оценка проводится с учётом заданного значения количества плановых ремонтов для каждого типа оборудования сети. Однако при исследовании региональных энергосистем, входящих в них электрических сетей не всегда имеется возможность оценки показателей надёжности, связанных с плановыми отключениями по данной методике. Также не всегда количество планируемых ремонтов совпадает с фактическим. Кроме того, часть электросетевых компаний переходит на обслуживание оборудования «по состоянию», не выполняя, таким образом, плановые ремонты для части оборудования в количестве, соответствующем нормативному значению. Поэтому рационально опираться на статистические данные по количеству и времени плановых отключений.

Для этого собираются статистические данные по плановым перерывам в электрических сетях региона. По ним определяется параметр потока плановых отключений m_{0i} на 100 км ЛЭП или на 100 шт. оборудования, год⁻¹:

$$m_{0i} = \frac{N_{\text{пл.откл}} \cdot 100}{n_{\text{а.л.}} \cdot L_{\Sigma}}, \quad (12)$$

где $N_{\text{пл.откл}}$ – число плановых отключений за анализируемое число лет;

$n_{\text{а.л.}}$ – анализируемое число лет;

L_{Σ} – суммарная протяжённость анализируемых сетей, км, или суммарное число единиц анализируемого оборудования.

Также по этим данным определяется среднее время плановых отключений $T_{\text{пл}Cpi}$, ч:

$$T_{\text{пл}Cpi} = \frac{\sum T_{\text{пл}i}}{N_{\text{пл.откл}}}, \quad (13)$$

где $\sum T_{\text{пл}i}$ – суммарное время плановых отключений за анализируемый период времени, ч.

Как m_{0i} , так и $T_{\text{пл}Cpi}$ могут быть определены по справочным данным, например из источника [14] (с учётом того, что в нем приводятся значения m_{0i} и $T_{\text{пл}Cpi}$ на единицу оборудования или на одну линию), если нет возможности определить их статистически. В этом случае обозначим m_{0i} и $T_{\text{пл}Cpi}$ как $m_{0i\text{спр}}$ и $T_{\text{пл}Cpi\text{спр}}$ и определим время плановых перерывов на участке сети $T_{\text{пл}i\text{уч}i}$, ч/год:

$$T_{\text{пл}i\text{уч}i} = T_{\text{пл}Cpi\text{спр}} \cdot m_{0i\text{спр}}. \quad (13.1)$$

Далее вычисляется значение коэффициентов сезонности, характеризующих отличия показателей потока плановых отключений и времени плановых отключений для разных месяцев года и разных часов суток.

Коэффициенты учёта сезонности года по времени плановых отключений $k_{\text{ГТ.пл}j}$, $k_{\text{СТ.пл}j}$, $k_{\text{Гм}j}$, $k_{\text{См}j}$ определяются аналогично коэффициентам сезонности для аварийных отключений с учётом того, что при их расчёте используют данные по количеству и времени плановых отключений.

Расчётное количество часов плановых отключений на каждом участке сети на заданный сезон $T_{\text{пер пл уч}iC}$, ч, определяется как

$$T_{\text{пер пл уч}iC} = \frac{T_{\text{пл}Cpi} \cdot m_{0i} \cdot l_i}{100} \cdot \sum_{j=1}^{n_{\text{ма}}} \left(\frac{k_{\text{ГТ.пл}j} \cdot k_{\text{Гм}j} \cdot n_{\text{дм}j}}{n_{\text{дм}j}} \right), \quad (14)$$

где l_i – длина участка i , км, или число единиц оборудования;

$n_{\text{ма}}$ – число анализируемых месяцев;

$n_{\text{дм}j}$ – число анализируемых дней в анализируемом конкретном месяце;

$n_{\text{дм}j}$ – число дней в анализируемом конкретном месяце.

В случае использования справочных данных $m_{0i\text{спр}}$ и $T_{\text{пл}Cpi\text{спр}}$:

$$T_{\text{пер пл учс}} = T_{\text{ПЛсрi.cnp}} \cdot m_{0i.cnp} \cdot l_i \cdot \sum_1^{n_{\text{ма}}} \left(\frac{k_{\text{ГТ.плj}} \cdot k_{\text{Гмj}} \cdot n_{\text{дмаj}}}{n_{\text{дмj}}} \right). \quad (14.1)$$

Количество часов перерыва от плановых отключений на участке сети, возникших в течение конкретного часа, ч:

$$T_{\text{пер пл учс}} = \frac{T_{\text{ПЛсрi}} \cdot k_{\text{ГТ.плj}} \cdot k_{\text{Смj}} \cdot m_{0i} \cdot l_i \cdot k_{\text{СТ.плj}} \cdot k_{\text{Смj}}}{100}, \quad (15)$$

где $k_{\text{ГТ.плj}}$ – коэффициент учёта сезонности года по времени плановых отключений для анализируемого месяца и классов напряжения;

$k_{\text{Гмj}}$ – коэффициент учёта сезонности года по потоку плановых отключений для анализируемого месяца и классов напряжения;

$k_{\text{СТ.плj}}$ – коэффициент учёта сезонности года по времени плановых отключений для анализируемого конкретного часа суток и класса напряжения;

$k_{\text{Смj}}$ – коэффициент учёта сезонности года по потоку плановых отключений для анализируемого конкретного часа суток и класса напряжения.

В случае использования справочных данных $m_{0i.cnp}$ и $T_{\text{ПЛсрi.cnp}}$:

$$T_{\text{пер пл учс}} = T_{\text{ПЛсрi.cnp}} \cdot k_{\text{ГТ.плj}} \cdot k_{\text{Смj}} \cdot m_{0i.cnp} \cdot l_i \cdot k_{\text{СТ.плj}} \cdot k_{\text{Смj}}. \quad (15.1)$$

Следующим шагом методики является определение вероятности безотказной работы (ВБР) участков сети по плановым отключениям в течение заданного сезона:

$$P_{(\text{безотк пл учс})} = \frac{t_{\text{чс}} - T_{\text{пер пл учс}}}{t_{\text{чс}}}, \quad (16)$$

где $t_{\text{чс}}$ – число часов в сезоне, ч.

Далее рассчитывается ВБР всей исследуемой сети, действующей в электроснабжении заданного участка, с учётом её конфигурации в заданный сезон по аварийным и плановым отключениям. Для этого строится схема замещения сети, на которой указывается ВБР по плановым и аварийным отключениям (ВБРПЛ) каждого участка для заданного сезона.

Расчёт проводится с учётом следующего положения: во время ремонта или обслуживания одной из цепей питания потребителя вторая (резервная) в плановый ремонт не выводится. При расчётах резервирующих цепей учитывают ВБРПЛ одной цепи и ВБР второй, т.е. определяют вероятность возникновения аварийного отключения в резервной цепи во время планового ремонта первой.

Упрощение схемы сети происходит путём приведения последовательно и параллельно соединённых ее участков к одному элементу для ВБРПЛ последовательно соединённых участков для заданного сезона $P(t)_{\text{посл.плл.с}}$:

$$P(t)_{\text{посл.плл.с}} = \prod_{i=1}^{n_{\text{посл.плл}}} P_{(\text{безотк пл учс})}(t_{\text{с}}) = e^{-t \sum_{i=1}^{n_{\text{посл.плл}}} m_{0i}}, \quad (17)$$

где e – основание натурального логарифма;

t – рассматриваемое время сезона, год;

$n_{\text{посл.плл}}$ – число последовательно соединённых участков сети;

$P_{(\text{безотк пл учс})}$ – ВБРПЛ i -го участка сети с учётом сезона.

Для двух параллельных участков (резервирующих) ВБР по плановым и аварийным отключениям с учётом сезона $P(t)_{\text{пар.плл.авс}}$ определяется для количества параллельных участков $n_{\text{пар.плл}}$, шт.:

$$P(t)_{\text{пар.плл.авс}} = P_{(\text{безотк пл учс})} + P_{(\text{безотк ав учс})} - P_{(\text{безотк пл учс})} \cdot P_{(\text{безотк ав учс})}. \quad (18)$$

Постепенно схема замещения сокращается до одного элемента, для которого определяется ВБР по плановым и аварийным отключениям, являющаяся ВБР всей сети. В дальнейшей работе на основании изученной статистической информации будут определены значения соответствующих коэффициентов сезонности, сопоставление вероятности отключений в разные моменты времени с возможными ущербами для потребителей.

Выводы

1. Аварийные и плановые отключения в электрических сетях носят сезонный характер по месяцам года и времени суток. В случае аварийных отключений это связано с сезонностью климатических условий, неравномерностью графиков нагрузки и другими факторами. В случае плановых отключений – с графиками работ в течение суток, планированием ремонтных программ и др.

2. Существующие методики расчёта показателей надёжности электроснабжения не предполагают учёта фактора сезонности отключений, считая вероятности возникновения отключений в электрических сетях одинаковыми в разные моменты времени. Это приводит к невозможности дифференцированного определения вероятности безотказной работы, времени перерывов в электроснабжении в течение заданных сезонов. В свою очередь, многие потребители имеют сезонный характер технологического процесса, ущерб от перерывов в электроснабжении для них неодинаков в зависимости от момента возникновения отключения, в том числе планового.

3. Разработанная методика позволяет выполнять расчёт показателей надёжности электроснабжения сельских потребителей с учётом сезонности перерывов в электроснабжении по месяцам и времени суток. Она предполагает определение соответствующих коэффициентов сезонности и корректировку с их учётом средних годовых показателей надёжности рассматриваемой сети.

Список использованных источников

1. Папков Б. В. Вероятностные и статистические методы оценки надёжности элементов и систем электроэнергетики: теория, примеры, задачи: учеб. пособ. / Б.В. Папков, В.Л. Осокин. Старый Оскол: ТНТ, 2017. 424 с.

2. **Папков Б.В.** Надёжность и эффективность современного электроснабжения: монография / Б.В. Папков, П.В. Илюшин, А.Л. Куликов. Н. Новгород: науч.-изд. центр «XXI век», 2021. 160 с.
3. **Терешко О.А.** Оценка схемной надёжности электроснабжения конечных потребителей электроэнергии // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2019. № 9. С. 12-19.
4. **Карпенко О.И.** Анализ надёжности электрической сети / О.И. Карпенко, А.Н. Шилин // Известия Волгоградского ГТУ. 2009. № 7(55). С. 36-39.
5. **Андреева Е.В.** К вопросу расчета количества отключений потребителей электроэнергии АПК [Гомельская обл., Белоруссия]. 2007. С. 403.
6. **Левин В.М.** К вопросу об эффективности управления ремонтами электрооборудования нефтедобычи со стратегией по техническому состоянию / В.М. Левин, Н.П. Гужов, Д.А. Боярова // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24. № 1. С. 39-51. DOI 10.30724/1998-9903-2022-24-1-39-51.
7. **Извеков Е.А.** Оценка повышения надёжности электроснабжения потребителя, резервируемого с помощью системы накопления энергии / Е.А. Извеков, В.В. Картавцев // Вестник Воронежского ГАУ. 2022. Т. 15. № 2(73). С. 53-63. DOI 10.53914/issn2071-2243_2022_2_53.
8. **Рыбаков Л.М.** Прогнозирование отказов и планирование резерва запасных элементов, аппаратов и оборудования распределительных электрических сетей 10 кВ / Л.М. Рыбаков, З.Г. Иванова // Вестник Чувашского университета. 2015. № 1. С. 104-110.
9. **Хомутов С.О., Серебряков Н.А.** Влияние метеорологических факторов на режим потребления электроэнергии группы точек поставки электроэнергии сельскохозяйственных товаропроизводителей // Процессы и машины агроинженерных систем. 2019. № 5(175). С. 148-153.
10. **Биятто Е.В.** Зависимость электропотребления от влияния различных факторов. Анализ потребления электроэнергии по ОЭС и энергосистемам 2012-2014 гг. / Е.В. Биятто, Г.Ю. Шарманова, К.К. Привалихина // Молодой ученый. 2015. № 6(86). С. 126-129. [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/86/16264/> (дата обращения: 15.03.2023).
11. Энергосистема Орловской области: обзор статистической информации / А.В. Виноградова, А.А. Лансберг, А.В. Виноградов /

Под ред. д-ра техн. наук А.В. Виноградова: моногр. Орёл: Картуш, 2023. 360 с.

12. **Виноградов А.В.** Принципы управления конфигурацией сельских электрических сетей и технические средства их реализации : моногр. Орёл: Картуш, 2022. 392 с.
13. **Виноградов А.В.** Методика определения надёжности электроснабжения потребителей в схемах электроснабжения, содержащих мультиточечные коммутационные системы // Вестник Башкирского ГАУ. 2020. № 2 (54). С. 73-84.
14. РД 34.20.574 Указания по применению показателей надёжности элементов энергосистем и работы энергоблоков с паротурбинными установками [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294817/4294817220.htm> (дата обращения 15.03.2023).
15. **Виноградова А.В., Лансберг А.А., Виноградов А.В., Псарёв А.И.** К определению показателей надёжности устройств секционирования и резервирования электрических сетей 0,4 кВ // Энергетика будущего – цифровая трансформация : сб. тр. II Всерос. науч.-практ. конф. Липецк, 2021. С. 190-196.

Methodology for Calculating Indicators of Reliability of Power Supply, Taking Into Account Seasonality

A.V. Vinogradova, A.V. Vinogradov
(FGBNU FNATS VIM)

Summary: It was revealed that emergency and planned outages in electrical networks are seasonal in nature by months of the year and time of day. Information about the methods for calculating the indicators of reliability of power supply to rural consumers is given and their analysis is performed. It is shown that the existing methods do not allow for a differentiated calculation of reliability indicators depending on the season of the year and the time of day. A methodology has been developed for calculating these indicators, taking into account seasonality by months and time of day, which makes it possible to obtain the probability of failure-free operation for emergency and planned outages, taking into account the corresponding seasonality coefficients.

Key words: reliability of power supply, methodology for calculating reliability indicators, seasonality of power outages, seasonality factor.

Резюме

Цель исследований – разработать методику расчёта показателей надёжности электроснабжения с учётом сезонности. Выявлено, что аварийные и плановые отключения в электрических сетях носят сезонный характер по месяцам года и времени суток, что связано в случае аварийных отключений с климатическими условиями, неравномерностью графиков нагрузки и др. В случае плановых отключений сезонность вызвана графиками работ в течение суток, планированием ремонтных программ и т.д. Приведены сведения о методиках расчёта показателей надёжности электроснабжения сельских потребителей и выполнен их анализ. Существующие методики не позволяют выполнять дифференцированный расчёт показателей надёжности в зависимости от сезона года и времени суток. Это приводит к невозможности дифференцированного определения вероятности безотказной работы, времени перерывов в электроснабжении. Многие потребители имеют сезонный характер технологического процесса, ущерб от перерывов в электроснабжении для них неодинаков в зависимости от момента возникновения отключения, в том числе планового. Разработанная методика позволяет выполнять расчёт показателей надёжности электроснабжения сельских потребителей с учётом сезонности перерывов в электроснабжении по месяцам и времени суток. Она предполагает определение соответствующих коэффициентов сезонности и корректировку с их учётом средних годовых показателей надёжности рассматриваемой сети, что позволяет получить вероятность безотказной работы по аварийным и плановым отключениям. Приведены аналитические зависимости и уравнения для определения соответствующих коэффициентов, определяется конфигурация сети, для которой необходимо выполнить расчёт, её протяжённость. На основании изученной статистической информации в дальнейшем будут определяться значения соответствующих коэффициентов, сопоставление вероятности отключений в разные моменты времени с возможными ущербами для потребителей.

Abstract

The purpose of the study – to elaborate the methodology of for calculating indicators of reliability of power supply taking into account seasonality. It was revealed that emergency and planned outages in settlement networks are seasonal in nature by months of the year and time of day, which is associated in the case of emergency with climatic conditions, uneven load schedules, etc. In the case of scheduled outages, seasonality is caused by work schedules during the day, planning of repair programs, etc. Information about the methods for calculating reliable indicators of the reliability of electricity supply to rural consumers is given and their analysis is performed. Existing methods do not allow performing certain calculations of reliability indicators depending on the season of the year and time of day. This leads to the impossibility of a differentiated determination of the probability of failure-free operation, the time of interruptions in power supply. Many consumers have a seasonal nature of the technological process, the damage from interruptions in power supply is not the same for them, depending on the moment of occurrence of the outage, including the scheduled one. The developed methodology makes it possible to calculate the indicators of the reliability of power supply to rural consumers, taking into account the seasonality of interruptions in power supply by month and time of day. It involves the determination of the relevant seasonality coefficients and the adjustment with the help of these coefficients of the average annual reliability indicators of the network in question, which makes it possible to obtain the probability of failure-free operation for emergency and planned outages. Analytical dependencies and equations for determining the corresponding coefficients are given, the network configuration for which it is necessary to perform the calculation, its length is determined. Based on the studied statistical information, the values of the corresponding coefficients will be determined in the future, and the probability of outages at different time points will be compared with possible damage to consumers.

УДК 336.226

DOI: 10.33267/2072-9642-2023-6-45-48

Участие государства в защите имущественных интересов сельскохозяйственных товаропроизводителей региона

Л.А. Овсянко,

д-р экон. наук, доц.,

lidiya-ovs@mail.ru

(ФГБОУ ВО «Красноярский ГАУ»)

Аннотация. Представлены результаты мониторинга состояния сельскохозяйственного страхования с государственной поддержкой в Красноярском крае. Проанализированы особенности субсидирования договоров сельскохозяйственного страхования, а также востребованность данного направления поддержки среди хозяйствующих субъектов региона, на основании чего определены общие направления развития системы страхования рисков в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: сельскохозяйственное страхование, государственная поддержка, риски, имущественный интерес.

Постановка проблемы

Сельское хозяйство по сравнению с другими отраслями в большей степени подвержено влиянию различных факторов, что приводит к появлению многочисленных рисков. Сельскохозяйственное страхование относится к отрасли имущественного страхования и является добровольным. При этом имущественные интересы хозяйствующих субъектов могут быть весьма разнообразными: от защиты живых организмов до специальной техники и агрегатов. За 2017-2021 гг. коэффициент страховых выплат повысился как в целом по договорам добровольного страхования, так и по договорам сельскохозяйственного страхования и составил соответственно 44,2 и 61,6% [1, 8]. Это свидетельствует о более высокой частоте наступления страховых случаев в сфере сельскохозяйствен-

ного производства по сравнению с другими отраслями.

В то же время сельскохозяйственные товаропроизводители в большинстве случаев не в силах нивелировать влияние неблагоприятных факторов за счет «самострахования». Поэтому одним из основных направлений государственной поддержки в сфере развития сельского хозяйства выступает развитие системы страхования рисков в данной отрасли [4]. В соответствии с Федеральным законом «О государственной поддержке в сфере сельскохозяйственного страхования и о внесении изменений в Федеральный закон «О развитии сельского хозяйства» от 25.07.2011 № 260-ФЗ сельскохозяйственное страхование с государственной поддержкой распространяется на урожайность сельскохозяйственных культур, сельскохозяйственных животных и объекты товарной аквакультуры (товарного рыбоводства). В то же время из 1375,4 тыс. договоров добровольного сельскохозяйственного страхования, действующих на 01.01.2023, всего 0,7% – договоры сельскохозяйственного страхования с государственной поддержкой [7].

Все это свидетельствует о том, что изучение участия государства в защите имущественных интересов сельскохозяйственных товаропроизводителей является актуальным.

Цель исследования – оценить состояние сельскохозяйственного страхования с государственной поддержкой.

Материалы и методы исследования

При проведении исследования использовались нормативно-пра-

вовые и законодательные акты в области страхования, в том числе сельскохозяйственных товаропроизводителей. Информационную базу исследования составили официальные данные Центрального банка, министерства сельского хозяйства и торговли Красноярского края.

В работе использовались абстрактно-логический, монографический и статистический методы исследования.

Результаты исследований и обсуждение

В Красноярском крае за период 2017-2021 гг. можно отметить некоторые негативные тенденции в развитии сельского хозяйства. Так, в сельскохозяйственных организациях произошло сокращение посевных площадей на 118,2 га, или на 10%. При этом уборочная площадь на 2-3% меньше посевной, что непосредственно сказывается на урожае сельскохозяйственных культур и в итоге – на финансовых результатах субъектов хозяйствования. В животноводстве также произошло сокращение количества крупного рогатого скота, в том числе коров, на 24 и 10% соответственно (до 184,7 и 65 тыс. голов) [1]. Причинами таких изменений являются различные факторы, в том числе случайного характера, которые можно отнести к страховым случаям.

В связи с тем, что сельскохозяйственное страхование является добровольным, вступление сельскохозяйственных товаропроизводителей в страховые отношения является недостаточно востребованным. В большей степени договоры сель-

скохозийственного страхования оформляются при участии государства. В Красноярском крае доля субсидий на возмещение части затрат на уплату страховых премий, начисленных по договорам сельскохозяйственного страхования, за период исследования хоть и увеличилась с 0,22 до 0,51%, всё же остается незначительной (рис. 1) [5].

Характеристика сельскохозяйственного страхования с государственной поддержкой в регионе представлена на рис. 2 [3, 6].

Согласно региональному закону «О государственной поддержке субъектов агропромышленного комплекса края», в форме субсидий предоставляются: средства на возмещение части затрат сельскохозяйственных товаропроизводителей на уплату страховых премий, начисленных по договорам сельскохозяйственного страхования в области растениеводства, животноводства и аквакультуры (рыбоводства). Субсидии предоставляются 5 раз в год. Существуют следующие условия предоставления субсидий (рис. 3) [6].

Определение размера субсидии на возмещение части затрат сельскохозяйственных товаропроизводителей на уплату страховых премий по заключенным договорам сельскохозяйственного страхования представлено в табл. 1.

Субсидирование договоров сельскохозяйственного страхования в регионе за период исследования выросло в 2,9 раз – до 32716,7 тыс. руб. (табл. 2). При этом в 2017-2018 гг. средства выделялись только из краевого бюджета, а с 2019 г. большая доля ассигнования поступает из федерального бюджета (75%). Также необходимо отметить, что субсидии в области животноводства предоставлялись на протяжении всего периода исследования, однако их размер сократился почти в 2 раза. В то же время бюджетные средства на защиту имущественных интересов хозяйствующих субъектов в области растениеводства выплачиваются с 2019 г., их размер вырос в 5,5 раза [5].



Рис. 1. Динамика государственной поддержки сельскохозяйственных организаций Красноярского края, %



Рис. 2. Характеристика сельскохозяйственного страхования с государственной поддержкой в регионе

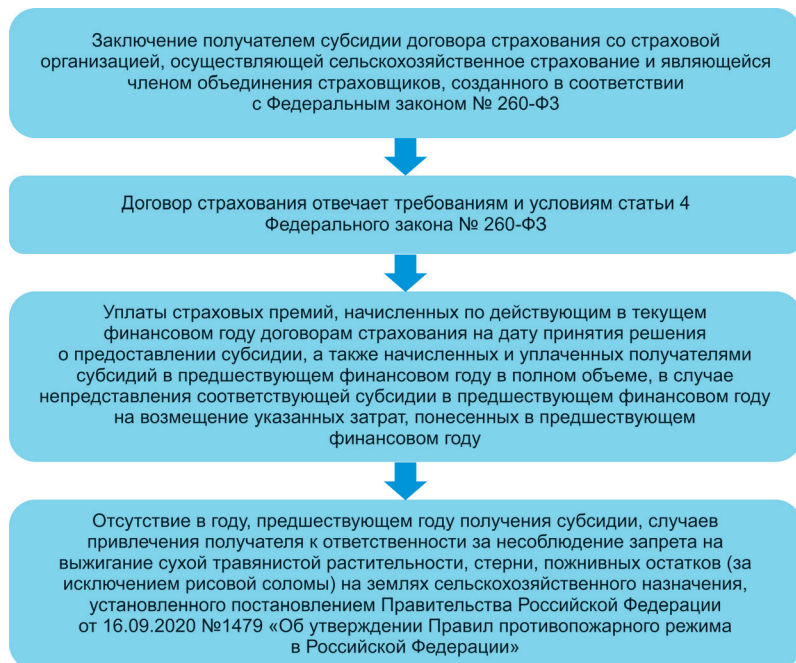


Рис. 3. Условия предоставления субсидий по договорам сельскохозяйственного страхования в Красноярском крае

Таблица 1. Определение размера субсидии на возмещение части затрат сельскохозяйственных товаропроизводителей на уплату страховых премий по заключенным договорам сельскохозяйственного страхования*

Соотношение страхового тарифа (C_T) и предельного размера ставки для расчета размера субсидии (P_{CT})	Определение размера субсидии
<i>Рисковые события в соответствии с ФЗ «О государственной поддержке в сфере сельскохозяйственного страхования и о внесении изменений в Федеральный закон «О развитии сельского хозяйства»</i>	
$C_T \leq P_{CT}$	$C = SP \times 0,5$, %, где C – субсидия на возмещение части затрат сельскохозяйственных товаропроизводителей на уплату страховых премий по договорам сельскохозяйственного страхования; SP – страховая премия, начисленная по договору сельскохозяйственного страхования
$C_T > P_{CT}$	$C = (CC \times P_{CT}) \times 0,5$, %, где CC – страховая сумма, указанная в договоре сельскохозяйственного страхования
<i>Чрезвычайная ситуация природного характера</i>	
$C_T \leq P_{CT}$	Для сельскохозяйственного товаропроизводителя, являющегося субъектом малого предпринимательства, %: с 1 июля 2021 г. – $C = SP \times 0,8$, с 1 июля 2023 г. – $C = SP \times 0,7$, с 1 июля 2024 г. – $C = SP \times 0,6$, с 1 июля 2025 г. – $C = SP \times 0,5$. Для сельскохозяйственного товаропроизводителя, не являющегося субъектом малого предпринимательства, %: с 1 июля 2021 г. – $C = SP \times 0,8$, с 1 июля 2022 г. – $C = SP \times 0,7$, с 1 июля 2023 г. – $C = SP \times 0,6$, с 1 июля 2024 г. – $C = SP \times 0,5$
$C_T > P_{CT}$	Для сельскохозяйственного товаропроизводителя, являющегося субъектом малого предпринимательства, %: с 1 июля 2021 г. – $C = (CC \times P_{CT}) \times 0,8$, с 1 июля 2023 г. – $C = (CC \times P_{CT}) \times 0,7$, с 1 июля 2024 г. – $C = (CC \times P_{CT}) \times 0,6$, с 1 июля 2025 г. – $C = (CC \times P_{CT}) \times 0,5$. Для сельскохозяйственного товаропроизводителя, не являющегося субъектом малого предпринимательства, %: с 1 июля 2021 г. – $C = (CC \times P_{CT}) \times 0,8$, с 1 июля 2022 г. – $C = (CC \times P_{CT}) \times 0,7$, с 1 июля 2023 г. – $C = (CC \times P_{CT}) \times 0,6$, с 1 июля 2024 г. – $C = (CC \times P_{CT}) \times 0,5$

Примечание: $P_{CT} = P_{CT}^B \times K_n$, где P_{CT}^B – базовый предельный размер ставки, определяемый с учетом субъекта Российской Федерации, объекта сельскохозяйственного страхования и доли участия страхователя в риске; K_n – поправочный коэффициент.

*Составлено автором на основании [2].

Таблица 2. Состояние сельскохозяйственного страхования с государственной поддержкой в Красноярском крае

Вид субсидий	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2021 г. к 2017 г., %
Субсидии на возмещение части затрат на уплату страховых премий по договорам сельхозстрахования в области растениеводства, тыс. руб.	0	0	4127,1	16923,7	22651,4	x
В том числе доля средств из регионального бюджета, %	0	0	100	25	25	x
Субсидии на возмещение части затрат на уплату страховой премии, начисленной по договору сельхозстрахования в области животноводства, тыс. руб.	11342,5	11198	11481,4	12993,4	5646	49,8
В том числе доля средств из регионального бюджета, %	100	100	25	25	25	
Субсидии на возмещение части затрат на уплату страховых премий, начисленных по договорам сельскохозяйственного страхования в области растениеводства и (или) животноводства, и (или) товарной аквакультуры (товарного рыбоводства) (Резервный фонд Правительства России), тыс. руб.	0	0	0	0	4419,3	x
В том числе доля средств из регионального бюджета, %	0	0	0	0	25	x

Количество заключенных с сельскохозяйственными товаропроизводителями договоров сельскохозяйственного страхования увеличилось с 10 до 30. С 2020 г. преобладают договоры страхования в области растениеводства – 22 в отчетном году (рис. 4).

В 2021 г. наибольший размер субсидий был выделен АО «Свинокомплекс «Красноярский» (Большемуртинский район) при заключении договора страхования в области животноводства, что составило 6131 тыс. руб., это выше уровня 2017 г. на 21,7 %.

В области растениеводства наибольшие размеры субсидии в 2021 г. были предоставлены следующим организациям: ЗАО «Назаровское» (Назаровский район) – 5514 тыс. руб., АО «Тубинск» (Краснотуранский район) – 1940,5 тыс. руб., АО племзавод «Краснотуранский» (Краснотуранский район) – 1888,5 тыс. руб., ООО «Чулымское» (Балахтинский район) – 1886,9 тыс. руб., ООО «Ирина» (Идринский район) – 1747,7 тыс. руб.

Выводы

1. В Красноярском крае в 2017-2021 гг. произошло увеличение количества заключенных договоров сельскохозяйственного страхования с государственной поддержкой, однако в целом оно остается небольшим. Лишь 11 % сельскохозяйственных организаций вступило в страховые отношения, а среди индивидуальных предпринимателей за весь период зафиксирован всего один договор.

2. Субсидии предоставлялись хозяйствующим субъектам, расположенным преимущественно в центральной и южной природно-климатических зонах. В то же время в хозяйствах, осуществляющих свою деятельность в северной зоне с менее благоприятными условиями, сельскохозяйственное страхование отсутствует. Наиболее востребованным в крае является страхование в области растениеводства. Страхование аквакультуры вообще не осуществлялось, хотя хозяйства, осуществляющие разведение аквакультуры в регионе, активно развиваются.

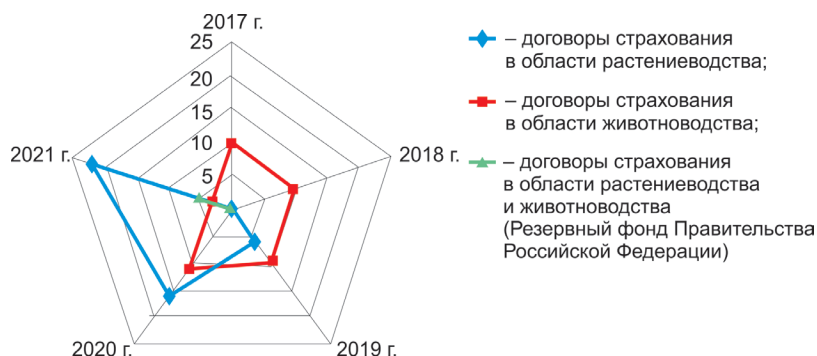


Рис. 4. Количество заключенных договоров сельскохозяйственного страхования с государственной поддержкой

3. На основании полученных результатов следует отметить, что сельскохозяйственное страхование нуждается в активизации. Необходимо совершенствовать механизм осуществления страхования с государственной поддержкой, основываясь на повышении заинтересованности всех участников процесса страхования. Также следует расширить перечень защищаемых имущественных интересов в отрасли. Ведь сельскохозяйственные товаропроизводители, помимо рисков, связанных с потерей имущества, зачастую сталкиваются с финансовыми и предпринимательскими рисками.

Список

использованных источников

1. Агропромышленный комплекс Красноярского края в 2020 году. Красноярск, 2021. 244 с.
2. Федеральный закон «О государственной поддержке в сфере сельскохозяйственного страхования и о внесении изменений в Федеральный закон «О развитии сельского хозяйства» от 25.07.2011 № 260-ФЗ (ред. от 01.05.2019) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 15.03.2023).
3. Закон Красноярского края «О государственной поддержке субъектов агропромышленного комплекса края» от 29.06.2017 № 3-854 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://krasagro.ru/pages/state_support/acts (дата обращения: 15.03.2023).
4. Федеральный закон «О развитии сельского хозяйства» от 29.12.2006

№264-ФЗ (ред. от 30.12.2021) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 15.03.2023).

5. Отчеты о предоставлении государственной поддержки [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://krasagro.ru/pages/state_support/state_support_report (дата обращения: 15.03.2023).

6. Официальный сайт министерства сельского хозяйства и торговли Красноярского края [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.krasagro.ru/> (дата обращения: 15.03.2023).

7. Официальный сайт Центрального банка Российской Федерации <https://cbr.ru/search/?Text=сельскохозяйственное+страхование&PageNum=39&Category=Any&Time=Any> (дата обращения: 15.03.2023).

8. Финансы России. 2022 : стат. сб. / Шаповал И.Н. и др. Росстат. М., 2022. 392 с.

Participation of the State in Protecting the Property Interests of Agricultural Producers in the Region

L.A. Ovsyanko

(FGBOU VO "Krasnoyarsk State Agrarian University")

Summary: The results of monitoring the state of agricultural insurance with state support in the Krasnoyarsk Territory are presented. The features of subsidizing agricultural insurance contracts, as well as the demand for this area of support among the economic entities of the region, are analyzed, on the basis of which the general directions for the development of the risk insurance system in agriculture are determined.

Key words: agricultural insurance, state support, risks, property interest.