

УДК 633

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА ФС-2,1 КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПОСЕВА СЕМЯН В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО РЕГИОНА КАЗАХСТАНА

Карманов Дархан Кабдыкалыкович,

ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», Алматы, Республика Казахстан

Тулепберген Алтай Баубекулы,

Казахский национальный аграрный исследовательский университет (КазНАИУ), Алматы, Республика Казахстан

Мошанов Канат Аблыгазыевич,

ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», Алматы, Республика Казахстан

Кулжанова Ботагоз Ондасынкызы

Казахский национальный аграрный исследовательский университет (КазНАИУ), Алматы, Республика Казахстан

Карманова Гульбану Кабдыкалыковна,

Казахский университет технологии и бизнес (КазУТБ), Астана, Республика Казахстан

Аннотация

В статье приведены результаты испытаний экспериментального образца ФС-2,1 комбинированного агрегата для предпосевной обработки почвы и посева семян в условиях южного региона Казахстана.

Результаты теоретических исследований по выбору типов и обоснованию параметров рабочих органов комбинированного агрегата для предпосевной обработки почвы с одновременным посевом семян с активными рабочими органами позволяют открыть широкую возможность для создания комбинированных машин, совмещающих в себе операции обработки почвы с одновременной посадкой различных сельскохозяйственных культур рабочих органов фрезерного культиватора.

В статье показаны роль предпосевной обработки почвы и посева семян за один проход значительно снижают уровень затрат по сравнению с традиционной схемой проведения предпосевной подготовки почвы и сева. Плюсом является сокращение сроков проведения посевных работ в два раза, а также экономия ГСМ на 20-25%, что позволяет сохранить влагу в почве и снизить энергозатраты при посеве.

Ключевые слова: полевые испытания, комбинированное орудие, агрофизические показатели, площадь деформации, плотность, твердость, крошение, гребнистость почвы, фрезерование.

Проект выполняется в рамках бюджетной программы МОН РК 217 «Развитие науки», подпрограмме 102 «Грантовое финансирование научных исследований» по проекту: № AP08052321 «Разработка ресурсосберегающего комбинированного агрегата для предпосевной обработки почвы и посева семян на поливных землях Южного региона Казахстана».

TEST RESULTS OF THE EXPERIMENTAL SAMPLE FS-2.1 COMBINED UNIT FOR PRE-SOWING TILLAGE AND SEED SOWING IN THE FIELD CONDITIONS OF THE SOUTHERN REGION OF KAZAKHSTAN

Darkhan K. Karmanov,

LLP "Scientific and production center of agroengineering" , Almaty, Republic of Kazakhstan

Altai B. Tulepbergen,

Kazakh National Agrarian Research University (KazNAIU), Almaty, Republic of Kazakhstan

Kanat A. Moshanov,

LLP "Scientific and production center of agroengineering" , Almaty, Republic of Kazakhstan

Botagoz O. Kulzhanova,

Kazakh National Agrarian Research University (KazNAIU), Almaty, Republic of Kazakhstan

Gulbanu K. Karmanova

Kazakh University of Technology and Business (KazUTB), Astana, Republic of Kazakhstan

ABSTRACT

The article presents the test results of the experimental sample fs-2.1 combined unit for pre-sowing tillage and seed sowing in the conditions of the southern region of Kazakhstan.

The results of theoretical studies on the selection of types and substantiation of parameters of the working bodies of a combined unit for pre-sowing tillage with simultaneous sowing of seeds with active working bodies allow us to open up a wide opportunity to create combined machines that combine tillage operations with simultaneous planting of various crops of the working bodies of a milling cultivator.

The article shows the role of pre-sowing tillage and sowing seeds in one pass significantly reduce the level of costs compared to the traditional scheme of pre-sowing soil preparation and sowing. The advantage is to reduce the timing of sowing operations by half, as well as saving fuel by 20-25% and preserve moisture in the soil and reduce energy consumption during sowing.

Keywords: field tests, combined tool, agrophysical indicators, deformation area, density, hardness, crumbling, soil ridges, milling.

The project is carried out within the framework of the budget program of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan 217 "Development of Science", subprogram 102 "Grant financing of scientific research" under the project: No. AP08053321 "Development of a resource-saving combined unit for pre-sowing tillage and sowing seeds on irrigated lands of the Southern region of Kazakhstan"

1. Введение. Предпосевная обработка почвы является последней и ответственной операцией перед посевом. Проведение предпосевной обработки почвы в мировой практике комбинированные посевные агрегаты с активными и пассивными рабочими органами. Агрегаты с пассивными рабочими органами в основном состоят из культиваторных или рыхлительных лап и прикатывающих катков типа планчатые, трубчатые и кольчатощпоровые. Посевные агрегаты с активными рабочими органами состоит из активной бороны с вертикальными и горизонтальными рабочими органами.

Чтобы сформировать посевной слой в соответствии с агротехническим требованием необходимо выполнить рыхление, выравнивание, крошение и подуплотнение почвы на глубину заделки семян. Для осуществления благоприятных почв для семян нижний слой должен иметь плотность 0,9-1,3 г/см³, а в почве должны преобладать комки диаметром 1-25мм (не менее 80%) поверхность поля должна быть выровненной, допустимая гребнистость 3-4 см. Зарубежные почвообрабатывающие машины не соответствуют специфическим почвенно-климатическим условиям Казахстана: выносят на поверхность поля крупные комки почвы; не выполняют выравнивание и разуплотнение почв на нужную величину и глубину; не создают фракционный состав почвы, соответствующий агротехническим требованиям, согласно которым содержание мелкокомковатой фракции почвы размером до 20мм должно быть не менее 80%

В Южной зоне Казахстана не распространены посевные агрегаты с активными рабочими органами. Для этого ТОО «НПЦ агроинженерии» разработал комбинированный агрегат для предпосевной обработки почвы и посева семян ФС-2,1 с активными рабочими органами горизонтального расположения Г-образного типа. Сеялка ФС-2,1 обеспечивает обработки почвы и посева в один проход зернобобовых и технических культур по пахотным и по стерневым фонам [1].

В ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии» были проведены лабораторно-полевые испытания макетного образца и исследовательские испытания экспериментального образца.

2. Объект исследования

Объектом исследования являются ресурсосберегающий комбинированный агрегат для предпосевной обработки почвы и посева семян на поливных землях Южного региона Казахстана.

2.1 Методы исследований. При проведении научных исследований по выбору типа, параметров и режимов работы рабочих органов комбинированной машины для предпосевной обработки почвы и посева семян ФС-2,1 использованы классические положения теоретической механики, теории механизмов и машин, механики сплошной среды, земледельческой механики.

При выборе рабочих органов не учитывались особенности почв орошаемой зоны земледелия Юга Казахстана. Анализировались многолетние данные по агрофизическому состоянию почв южной зоны Казахстана в период проведения технологических операций по их обработке. Прежде всего обращалось внимание на динамику влажности, плотность, твердость и крошение.

Для полевых испытаний рабочих органов комбинированного орудия была изготовлена лабораторная установка. Исследовательские испытания макетного и экспериментального образца проводились на полях стационара в ТОО «КазНИИЗиР» согласно следующей нормативной документации:

- ГОСТ 20915-75 «Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний»;

- СТ РК 1560 -2006 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей.

- СТ РК 1559 -2006 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей.

- ГОСТ 20915-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний». Межгосударственный стандарт.

- ГОСТ 33687-2015 «Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Методы испытаний». Межгосударственный стандарт.

- ГОСТ 33677- 2015 «Машины и орудия для междурядной и рядной обработки почвы. Методы испытаний». Межгосударственный стандарт.

- ГОСТ 24055-2016 «Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно - технологической оценки». Межгосударственный стандарт.

- ГОСТ 12.2.111-85 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Машины сельскохозяйственные навесные и прицепные. Общие требования безопасности». Межгосударственный стандарт.

Конструкторская документация на экспериментальный образец разработана согласно ГОСТ 2.001-93 «Единая система конструкторской документации. Общие положения».

2.2 Результаты и их обсуждение. Для создания оптимальных условий для прорастания семян необходимо довести содержание фракции почвы размером менее 20 мм, как минимум, до 80%, снизить гребнистость поверхности до 3 см, создать плотность почвы в зоне залегания семян не более 1,0г/см³ и сформировать уплотненное ложе для их посева. Плотность почвы после ее обработки в верхнем слое не должна превышать 1,3г/см³. В связи с этим фрезерные рабочие органы должны обеспечивать заданные агротребованиями показатели предпосевной обработки почв для Юга Казахстана.

На основании технического задания, разработан экспериментальный образец машины и по результатам полевых испытаний, проведенных в 2021 году, были изготовлены в ТОО «НПЦ агроинженерии» экспериментальный образец комбинированного агрегата для предпосевной обработке почвы и посева семян к тракторам класса тяги 0,6...14 кН; ФС-2,1, который для проведения исследовательских испытаний компоновался с экспериментальными рабочими органами для предпосевной обработки почвы и посева семян, имеющего следующие параметры: количество ножей 8; угол крошения почвы Г-образными ножами 20°; высота подъема пласта 55 мм; длина ножа 125 мм; норма высева – 9,3 см и интервал между семенами 10,1см .

Исследовательские испытания экспериментального образца комбинированного агрегата для предпосевной обработки почвы и посева семян ФС-2,1 на отвальном фоне проводились на полях ТОО «КазНИИЗиР» для предпосевной обработки почвы и посева семян. Условия испытаний на данной операции приведены в таблице 1[1].

Таблица 1 – Условия испытаний

Показатели	Значения показателей	
	по ТЗ	по результатам испытаний
Предшествующая операция	Осенняя вспашка	Осенняя вспашка
Тип почвы и название по механическому составу	Почва любого типа и механического состава	Среднесуглинистая светло-каштановая почва
Влажность почвы, %, по слоям, см	до 20%	7,6
0-5		8,7
5-10		9,8
10-20		

Плотность почвы, г/см ³ по слоям, см 0-5 5-10 10-20	до 2,0	0,6 1,03 1,25
Твердость почвы, МПа в слое, см: 0-5 5-10 10-20	до 2,5	0,7 1,5 2,0
Гребнистость поверхности поля, ± см	до ± 5 см	8,0

Согласно данным таблицы 1 условия испытаний соответствовали требованиям технического задания. Почвенные условия во время проведения испытаний были типичными для данной зоны и сероземных почв. Основные показатели: влажность, плотность, твердость почвы в слое 0-20см соответственно составили 11,4%; 1,12 г/см³ 1,2МПа. Гребнистость поверхности ± 8,0.

Функциональные показатели работы экспериментального образца комбинированной машины на операции по предпосевной подготовке почвы под пропашные культуры и посев семян приведены в таблице 2

Таблица 2 - Функциональные показатели экспериментального образца ФС-2,1

Показатели	Значение показателей	
	По агротребованиям	По результатам испытаний
Агрегат (энергомашинa + орудие)		Беларус 80/82 + ФС-2,1
Скорость движения агрегата, км/ч		10
Глубина обработки почвы, см:	-	
- установочная: см		12,0
- фактическая: см		11,8
Плотность почвы, г/см ³ по слоям, см 0-5 5-10 10-20	до 1,0	0,61 0,80 1,20
Твердость почвы, МПа, по слоям, см 0-5 5-10 10-20	до 1,0	0,72 0,89 1,18
Крошение почвы, % по фракциям, мм >50 50-20 20-10 <10	Содержание фракций почвы размером менее 20мм не менее 70%	- 2,7 43 54,3

Гребнистость поверхности поля, ± см	не более 3	2,3
-------------------------------------	------------	-----

Качественные и агрофизические показатели выполнения технологических операций комбинированными орудиями

Технологические операции	Ширина полосы, см	Глубина обработки, см	Глубина посева семян, см	Количество высеянных семян на п/м рядка, шт
Фрезерование, рыхление полос, посев семян	32,9	10,8	4,8	9,3

Технологические операции по обработке почвы	Сроки выполнения	Агрофизические показатели почвы				
		Гребнистость поверхности, ± см	Крошение почвы, %			
			Размер фракций, мм			
			100-50	50-20	20-10	<10
Фрезерование полос, рыхление полос, посев семян	10.05	2,3	-	2,7	43	54,3

На рисунке 1 показаны посевы кукурузы, проведенные во время испытаний комбинированного агрегата. На рисунке 2 показан экспериментальный образец машины в работе.



Рисунок 1- Развитие растений кукурузы



Рисунок – 2 Экспериментальный образец комбинированного агрегата для предпосевной обработки почвы и посева семян ФС-2,1 в работе

Первичная техническая экспертиза. Согласно данным, экспертизы представленные на испытания экспериментальный образец комбинированной машин соответствовали требованиям технического задания.

Представленная техническая документация достаточна для выполнения операций по подготовке экспериментального образца к работе и проведению исследовательских испытаний.

Оценка качества изготовления комбинированной машины проводилась непосредственно перед началом исследовательских испытаний.

Условия проведения испытаний были типичными для данной зоны.

С 3 по 10 мая экспериментальный образец испытывалась на операции по предпосевной подготовке почвы и посев пропашных культур. Условия испытаний соответствовали требованиям технического задания. Почвенные условия во время проведения испытаний были типичными для данной зоны и сероземных почв. Основные показатели: влажность, плотность, твердость почвы в слое 0-20см соответственно составили 11,4%; 1,12 г/см³ 1,2МПа. Гребнистость поверхности ± 8,0.

Функциональные показатели обработки почвы были удовлетворительными и соответствовали агротребованиям.

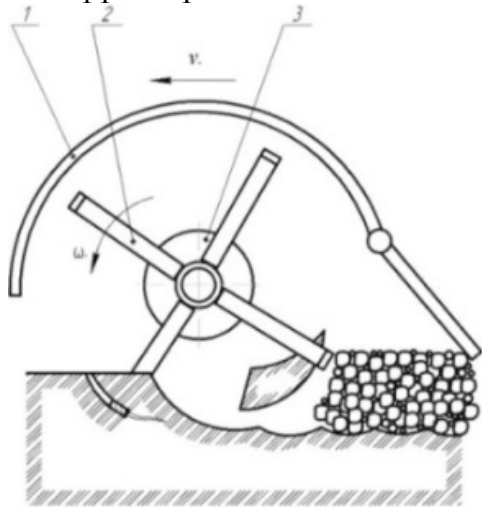
Все полученные результаты по параметрам сформированной полосы, глубине ее обработки, качеству посева семян соответствовали агротребованиям и установочным величинам.

Качество обработки почвы машинами было удовлетворительным и соответствовало агротребованиям на технологическую операцию. После прохода плотность почвы в слое 0-20см соответственно составила 0,90 г/см³, твердость 0,94 Мпа. Глубина обработки почвы была стабильной, отклонения от установочной глубины были незначительными: коэффициент вариации соответственно по машинам равнялся 10,2 %; среднее квадратическое отклонение 0,3 см. Содержание мелкокомковатой фракции почвы после

прохода составило 97,3%. Содержание фракции размером более 50 мм находилось в пределах допустимых значений (соответственно для машины: 3,7%) как и гребнистость поверхности почвы (2,3 см). Поломок и сбоев в работе комбинированных орудий по отвальному фону не наблюдалось.

Результаты.

Фрезерования почвы применяются для уничтожения сорняков, равномерного перемешивания удобрений с почвой, создания мелко комковатого строения разрыхляемого слоя. Фрезерная обработка за счет качественного крошения и перемешивания генетических горизонтов обеспечивает большую водопроницаемость почвы, повышает ее микробиологическую активность и интенсивность «дыхания», создает глубинные запасы влаги. Фрезерование способствует усилению в почве процессов нитрификации, создавая благоприятные условия для минерального питания выращиваемых культур. Собственно технологический процесс резания почвы рабочими органами фрезерных машин заключается в отделении от массива почвенной стружки и отбрасывании ее в сторону вращения фрезбарабана, как это показано на рисунке 3[1-6].



1 – защитный кожух, 2 – Г-образные лапки, 3 – фрезерный барабан, ω_0 – угловая скорость фрезерного барабана, v – поступательная скорость движения фрезы.

Рисунок – 3 Технологический процесс резания почвы фрезерными рабочими органами.

При резании плотной почвы верхняя часть стружки, составляющая около 30 % всего объема отрезаемой почвы, отбрасывается под углом 10 - 30° к горизонту.

При работе фрезерного барабана накладываются определенные ограничения на скоростной режим работы, т.к. с увеличением числа оборотов барабана пласты почвы могут вовлекаться в круговое вращение и отбрасываться вперед по ходу движения агрегата (рис. 3). На элемент стружки действуют: сила тяжести $G = mg$, центробежная сила инерции $F_{ц} = mR\omega^2$, нормальная реакция поверхности ножа N и сила трения $F = fN$ [6,7].

Заключение

Заключение по результатам испытания экспериментального образца ФС-2,1 комбинированной машины для предпосевной обработки почвы и посева семян показало, что он работоспособен, устойчиво выполняется технологический процесс, функциональные показатели его работы соответствуют агротребованиям. Энергетические показатели - тяговое сопротивление соответствует мощности тракторов класса 14,20кН. Первичная техническая экспертиза показала, что представленный на испытания

экспериментальный образец комбинированной машины соответствовал требованиям технического задания.

Оценка работы экспериментального образца ФС-2,1 при обработке верхнего слоя почвы на глубину до 10–12 см позволила нам сделать следующие выводы:

- Увеличение скорости движения агрегата снижает, а частоты вращения фрезерного барабана повышает степень крошения.

- С увеличением частоты вращения фрезерного барабана удельные энергозатраты на фрезерование Г-образными ножами возрастают интенсивнее, чем комбинированными и прямыми ножами.

- Наилучшие показатели по степени крошения верхнего слоя при одинаковых энергозатратах имеют комбинированный и Г-образный ножи с радиусом загиба $R = 0,04$ м. Комбинированный нож производит дополнительное рыхление головки столбцов и увеличивает степень крошения пахотного горизонта на 8–10%, поэтому его использование при послойной обработке является целесообразным.

Таким образом:

1. Теоретическая зависимость удельных энергозатрат на фрезерование от параметров, режимов работы фрезы и физико-механических свойств почвы проверена и подтверждена экспериментальными исследованиями.

2. При послойной обработке почвы фрезерование верхнего слоя комбинированными ножами обеспечивает качественное рыхление с наименьшими удельными энергозатратами, дополнительно разрушая головки столбцов и увеличивая степень крошения пахотного горизонта.

В чем преимущества использования

Конструкция комбинированного посевного орудия адаптирована к работе на почвах различного механического состава Юга Казахстана и к его производству на предприятиях сельхозмашиностроения Казахстана. В отличие от однооперационных машин комбинированное орудие на предпосевной подготовке почвы за счет совмещения несколько операций, снижает нагрузку на почву ходовой части машинно-тракторных агрегатов и тем самым препятствует разрушению ее структуры, снижается отрицательное воздействие на агрофизические свойства почвы - воздухо- и водопроницаемость, уменьшается потеря влаги за счет испарения. При работе комбинированного орудия формируется уплотненное посевное ложе и тем самым обеспечивается приток влаги к семенам, стабильная глубина их заделки, что улучшает их всхожесть.

Использование комбинированного орудия в перспективных технологиях позволит снизить эксплуатационные затраты и удельные капитальные вложения на 20–25%.

Результаты проведенных исследований будут использованы при проектировании и изготовлении опытного образца комбинированного орудия в этом году. В дальнейшем нашим институтом будет продолжена работа над совершенствованием данного комбинированного орудия ФС-2,1 и подготовлена техническая документация к постановке его на серийное производство.

Список литературы:

1. Промежуточный отчет по проекту МОН РК «Разработка ресурсосберегающего комбинированного агрегата для предпосевной обработки почвы и посева семян на поливных землях Южного региона Казахстана» // промежуточный отчет НИОКР ТОО «НПЦАИ»: – Алматы., 2020. – 119 с.

2. Gribanovsky A., Rzaliev A., Goloborodko V., Bekmukhametov S., Karmanov D., Sagyndykova A. Revisiting the choice of the sowing system of broad-cut seeders . Journal of Engineering and Applied Sciences, 12 (5), (2017) 1307-1316 p.
3. Грибановский А.П., Рзалиев А.С., Голобородько В.П. Разработка почвообрабатывающего посевного комплекса с комбинированной пневмомеханической высеивающей системой. Технический сервис машин. ФНАЦ ВИМ. 2019. С94-103.
4. Рзалиев А.С. Бегалы Д.К., Бекназаров Д.Р. Энергосберегающие технологии обработки почвы в условиях Юга Казахстана. Международной научно-практической конференции «Достижения и перспективы развития земледелия и растениеводства» 2019. С 390.
5. Kalimbetov B., Karmanov D. Kalymbetov B., Kenzhibayeva G., Tukhtakuziyev A., Kablan B. Justification parameters of the ripper tooth of combined unit for minimum tillage. EurAsian Journal of BioSciences, Eurasia J Biosci 13, (2019) 341-347p.
6. Основы теории и расчета машин для основной и поверхностной обработки почв, посевных машин и машин для внесения удобрений: курс лекций / А. Н. Капустин; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 134 с.
7. Никифоров М. В, Голубев В. В. Определение критерия качества предпосевной обработки почвы при использовании различных почвообрабатывающих машин. Ж. Вестник "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". Изд. Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева (Москва)ISSN: 1728-7936. № 6 (88), 2018г. С 11-16

References

1. Interim report on the project of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan "Development of a resource-saving combined unit for pre-sowing tillage and sowing seeds on irrigated lands of the Southern region of Kazakhstan" // interim R&D report of NPCAI LLP: - Almaty., 2020. - 119 p.
2. Gribanovsky A., Rzaliev A., Goloborodko V., Bekmukhametov S., Karmanov D., Sagyndykova A. Revisiting the choice of the sowing system of broad-cut seeders . Journal of Engineering and Applied Sciences, 12 (5), (2017) 1307-1316 p.
3. Gribanovskiy A.P., Rzaliev A.S., Goloborodko V.P. Development of a tillage sowing complex with a combined pneumomechanical sowing system. Technical service of machines. FNAC VIM. 2019. S94-103.
4. Rzaliev A.S. Begaly D.K., Beknazarov D.R. Energy-saving technologies of tillage in the conditions of the South of Kazakhstan. International Scientific and Practical Conference "Achievements and prospects for the development of agriculture and crop production" 2019. From 390.
5. Kalimbetov B., Karmanov D. Kalymbetov B., Kenzhibayeva G., Tukhtakuziyev A., Kablan B. Justification parameters of the ripper tooth of combined unit for minimum tillage. EurAsian Journal of BioSciences, Eurasia J Biosci 13, (2019) 341-347p.

6. Fundamentals of theory and calculation of machines for basic and surface treatment of soils, sowing machines and machines for fertilization: a course of lectures / A.N. Kapustin; Yurginsky Institute of Technology. – Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2013. – 134 p.
7. Nikiforov M. V., Golubev V.V. Determination of the quality criterion of pre-sowing tillage when using various tillage machines. Zh. Bulletin "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin". Ed. Russian State Agrarian University - K.A. Timiryazev Agricultural Academy (Moscow)ISSN: 1728-7936. No. 6 (88), 2018. From 11-16