

Author's Information

Ovchinnikov Aleksey Semenovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: volgau@volgau.com

Ahmadov Askar Jangir, Doctor of Engineering Sciences, Professor of Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: askar-5@mail.ru

Lipskiy Dmitriy Dmitrievich, graduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: mityalipcky@yandex.ru

Babaev Javid Elkanovich, graduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: dbabaev1996@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-31

**ANALYSIS OF THE TECHNICAL LEVEL OF GRASS STRIP SEEDING MACHINES
IN THE TURF OF THE MPTD FAMILY**

¹Fedorova O. A., ¹Ryadnov A. I., ²Tekushev A. Kh., ²Chaplygin M. E.,
³Revenko V. Yu., ²Davydova S. A.

¹Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

²Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center VIM»
Moscow, Russian Federation

³Federal Research Center «V. S. Pustovoit All-russian scientific research institute of oil crops»
Krasnodar, Russian Federation

Corresponding author E-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Received 10.11.2023

Submitted 12.12.2023

**The research work was carried out in accordance with the topic of the state task No. FGUN–2022–0007
To develop innovative complexes of machines with elements of robotics for breeding and seed
production of cereals, legumes and oilseeds using electrophysical methods of exposure**

Summary

Currently, weak technical equipment remains a deterrent to highly efficient harvesting of high-quality feed, the renewal of agricultural machinery lags behind the rate of its disposal by 3...4 times. The article discusses the results of research on agrotechnical and energy indicators of machines for strip sowing of grasses in the turf of the MPTD family, developed on the basis of the FSAC VIM.

Abstract

Introduction. The development of feed production is a strategic direction in the development of rational nature management in agriculture in Russia. Natural and seeded forage lands are one of the main sources of feed for livestock. However, significant areas of hayfields and pastures, both in terms of yield and the quality of grasses growing on them, do not meet the requirements of animal husbandry: low productivity of natural forage lands – 7...13 kg/ha of dry matter, unsatisfactory condition of natural lands, extensive system of grassland management, etc. The average annual rate of degradation of grass stands continues to increase due to the lack of advanced technologies and machines for improving forage lands. One of the options for surface improvement of pastures and hayfields is strip processing of sod and planting grasses in the treated strips. **Object.** The object of research is the machines developed on the basis of the FSAC VIM for strip sowing of grasses in the turf of the MPTD family. **Materials and methods.** The necessary calculations were carried out on the basis of well-known dependencies of efficiency theory and mathematical analysis, optimization methods, and probability theory. Field research was carried out in accordance with current methodological requirements and standards. **Results and conclusions.** The analysis of agrotechnical and energy indicators developed on the basis of FSAC VIM machines for strip sowing of grasses in the turf of the MPTD family on the basis of field tests was carried out. As a result, the use of special grassland equipment is justified, which provides an increase in productivity and improvement of the species composition of the herbage of cultivated and natural forage lands with an increase in the yield of grasses by 1.8...2.5 times and a reduction in the consumption of fuel and lubricants by 30...40%.

Keywords: strip sowing of grasses, fodder lands, machine and tractor units.

Citation. Fedorova O. A., Ryadnov A. I., Tekushev A. Kh., Chaplygin M. E., Revenko V. Yu., Davydova S. A. Analysis of the technical level of grass strip seeding machines in the turf of the MPTD family. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1 (73). 271-283 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-31.

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

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

УДК 631.331

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ МАШИН ПОЛОСНОГО ПОДСЕВА ТРАВ В ДЕРНИНУ СЕМЕЙСТВА МПТД¹Федорова О. А., доктор технических наук, профессор¹Ряднов А. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор²Текушев А. Х., кандидат технических наук, старший научный сотрудник²Чаплыгин М. Е., кандидат технических наук, старший научный сотрудник³Ревенко В. Ю., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник²Давыдова С. А., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²ФГБНУ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ

г. Москва, Российская Федерация

³ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта»
г. Краснодар, Российская Федерация

Исследовательская работа выполнена согласно теме государственного задания № FGUN-2022-0007. Разработать инновационные комплексы машин с элементами роботизации для селекции и семеноводства зерновых, зернобобовых и масличных культур с применением электрофизических методов воздействия

Актуальность. Развитие кормопроизводства является стратегическим направлением в развитии рационального природопользования в сельском хозяйстве России. Природные и сеяные кормовые угодья являются одним из основных источников корма для скота. Однако значительные площади сенокосов и пастбищ, как по урожайности, так и по качеству произрастающих на них трав, не отвечают требованиям животноводства: низкая продуктивность природных кормовых угодий – 7...13 ц/га сухого вещества, неудовлетворительное состояние природных угодий, экстенсивная система ведения лугопастбищного хозяйства и др. Кроме того из-за нехватки современных технологий и технических средств для улучшения кормовых угодий темпы деградации травостоев не снижаются. Один из вариантов поверхностного улучшения пастбищ и сенокосов является полосная обработка дернины и подсев трав в обработанные полосы. **Объект.** Объектом исследований являются разработанные на базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ машины для полосного подсева трав в дернину семейства МПТД. **Материалы и методы.** Необходимые расчеты проводились на основе общеизвестных зависимостей теории эффективности и математического анализа, методов оптимизации, теории вероятностей. Полевые исследования проводились в соответствии с действующими методическими требованиями и стандартами. **Результаты и выводы.** Проведен анализ агротехнических и энергетических показателей разработанных на базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ машин для полосного подсева трав в дернину семейства МПТД на основе проведенных полевых испытаний. В результате обосновано применение специальной лугопастбищной техники, которая позволяет повысить урожай трав в 1,8...2,5 раза, снизить расход горюче-смазочных материалов на 30...40% и затраты труда не менее, чем в двое, а также улучшить видовой состав травостоя культурных и естественных кормовых угодий.

Ключевые слова: полосной подсев трав, кормовые угодья, машинно-тракторные агрегаты.

Цитирование. Федорова О. А., Ряднов А. И., Текушев А. Х., Чаплыгин М. Е., Ревенко В. Ю., Давыдова С. А. Анализ технического уровня машин полосного подсева трав в дернину семейства МПТД. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 271-283. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-31.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Природные и сеяные кормовые угодья являются одним из основных источников корма для скота. Однако значительные площади сенокосов и пастбищ, как по урожайности, так и по качеству произрастающих на них трав, не отвечают требованиям животноводства. В связи с нехваткой современных технологий и технических средств для улучшения кормовых угодий темпы деградации травостоев не снижаются. Один из вариантов поверхностного улучшения пастбищ и сенокосов является полосная обработка дернины и подсев трав в обработанные полосы. В работах как отечественных ученых (Л. Г. Раменского, Т. А. Работнова, А. Ф. Любской и др.), так и зарубежных исследователей, подсев трав в дернину без ее традиционной (сплошной) обработки обоснован как перспективный

прием поверхностного улучшения сенокосов и пастбищ с экономией посевного материала и горючесмазочных материалов [1-12]. Однако, значительная часть площадей естественных кормовых угодий (более 600 тыс. га) расположена на склонах (территория Краснодарского края (большая часть), Республика Адыгея, Республика Карачаево-Черкесия (большая часть), Ставропольский край (западная часть). Основные массивы их сосредоточены в предгорной зоне Краснодарского края и более 50% этих пастбищ расположены на склонах крутизной более 120 град., поэтому из-за угрозы возникновения водной эрозии традиционные способы улучшения естественных сенокосов и пастбищ, предусматривающие сплошную обработку дернины, в этом случае не рекомендуются к использованию. Вероятность возникновения эрозионных процессов снижает полосный подсев трав при нарезании полос поперек склона [4]. Поэтому поверхностное улучшение является наиболее дешевой и часто используемой системой, при которой угодья не исключаются из использования на длительные сроки, в том числе полосная обработка дернины и подсев трав в обработанные полосы [4]. Для реализации данного технологического приема на базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ созданы опытные образцы машин для полосного подсева трав в дернину МПТД-3, МПТД-6 и МПТД-12. Цель исследования – провести анализ агротехнических и энергетических показателей разработанных на базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ машин для полосного подсева трав в дернину семейства МПТД на основе проведенных полевых испытаний.

Материалы и методы. Необходимые расчеты проводились на основе общеизвестных зависимостей теории эффективности и математического анализа, методов оптимизации, теории вероятностей; полевые – в соответствии с действующими методическими требованиями и стандартами.

Результаты и обсуждение. Машины для полосного подсева трав в дернину семейства МПТД состоят из рам, механизмов навески, опорных колес, бункеров для семян и удобрений с высевальными аппаратами. К раме шарнирно присоединены почвообрабатывающе-посевные модули (цепные редукторы, фрезерные секции с кожухами, катки), обеспечивающие хорошую приспособляемость к микрорельефу поля, как в продольном, так и в поперечном направлении. Глубину фрезерования регулируют изменением положения опорных лыж. Г-образные ножи используют для фрезерования почвы. Каждая фрезерная секция имеет по 6 ножей (3 левых и 3 правых). Ширина обрабатываемой полосы изменяется от 10 до 15 см с расстоянием между ними 11 см, ширина необработанных полос между смежными модулями – от 29 до 37 см [4, 5].

На МПТД-3 (рисунок 1) под семенным бункером емкостью 90 дм³ расположены высевальные аппараты катушечного типа, приводимые от опорных колес через коробку передач (для регулирования нормы высева семян). Предусмотрена установка рыхлителей впереди фрез барабана для аэрационной обработки и внесения минеральных удобрений [4, 5].



Рисунок 1 – Общий вид макетного образца МПТД-3, агрегируемого с МТЗ-80
Figure 1 – General view of the prototype MPTD-3, aggregated with MTZ-80

При поступательном движении агрегата, ножи фрезерных секций, приводимые во вращение ВОМ трактора, измельчают дернину сплошной полосой. При этом происходит полная заделка растительных остатков в нижележащие горизонты, а нижние (незадерненные) слои выносятся на поверхность. Семена трав, дозируемые высевальными аппаратами, по семяпроводам поступают к сошникам под кожухи, а затем заделываются в почву на требуемую глубину. Слой почвы с заделанными в нем семенами последовательно уплотняется вначале выравнивателями, или задними стенками кожухов, а затем – обрезающими каточками [4, 5].

Агрегат МПТД-12 (рисунок 2) состоит: из рамы, навески, опорных колес, центрального редуктора, карданного вала, фрезерного модуля (рыхлителей), кожуха фрез, опорной лыжи, ножей фрез, нажимной штанги, наконечника для удобрений, наконечника с трубкой для семян, наконечника с распылителем для гербицидов (с возможностью установки перед и за кожухами фрез), балки, ящика для удобрений (или распределительных колонок для удобрений), рукава для удобрений (могут подсоединяться к ящику или распределителю), ящика для семян, цепного привода с шестеренчатым редуктором, кронштейна и прикатывающего колеса. Каждая пара наконечников установлена на кожухе, с возможностью их регулирования по высоте. Рама агрегата представляет собой конструкцию из квадратных труб 80х80х7 мм. Колеса опорные, с пневматическими шинами, служат для опоры сеялки на почву во время движения, а также для привода туко- и семявысевающих аппаратов [5].

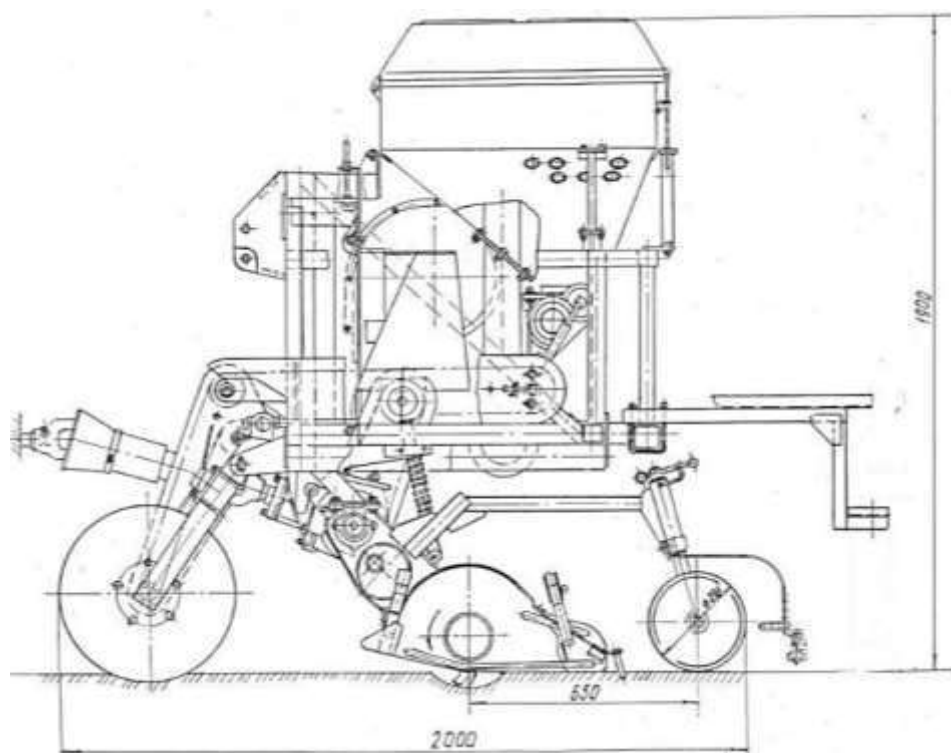


Рисунок 2 – Конструктивная схема макетного образца агрегата МПТД-12 модульного построения
Figure 2 – Constructive scheme of the model sample of the MPTD-12 modular construction unit

Ящик для семян выполнен из металла и установлен на раме агрегата (возможна установка ящика для удобрений, совмещенного с семенным). Высевальные аппараты имеют подвижные донышки, которые позволяют с помощью регулировочных винтов установить требуемый зазор между подвижными донышками и высевными катушками для семян, индивидуально для каждого высевального аппарата. Перевод рычага из одного положения в последующее изменяет величину зазора между донышком и катушкой для семян трав на 2 мм. Семяпроводы гофрированные, сверху крепятся к воронкам с помощью хомутов, а внизу – к наконечникам, закрепленным на кожухах. Наконечники представляют собой сварную конструкцию из трубок и предназначены для высева семян и удобрений. Фрезерный модуль (рыхлитель) выполнен с

применением серийных элементов от культиватора КФ-5,4 и сеялок ССН(П)-16. При движении МПТД-12 малые дозы удобрений подаются по тукопроводам на почву перед фрезами, ножи фрез получают вращение через механизм привода от ВОМ энергосредства и образуют бороздки требуемой ширины и глубины, при этом удобрения перемешиваются с почвой. На обработанную почву из наконечников подаются семена трав, затем почва мульчируется и прикапывается в зоне обработки. По границам обработанных и не обработанных зон вносятся гербициды с помощью распылителей, установленных за катками [5].

Лабораторно-полевые исследования по проверке эффективности технологии возделывания кормовых культур с применением МПТД-3 были проведены на естественных пастбищах Краснодарского края [4]. Опыты проводились в соответствии с методикой, разработанной ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» («Методика опытов на сенокосах и пастбищах», ч.1 и 2. М., 1971). Подсев многолетних бобовых трав в дернину выполнялся машинно-тракторным агрегатом в составе МТЗ-80+МПТД-3 на двух луговых участках с трех- и семилетней дерниной люцерны. Условия проведения исследований по подсеву бобовых многолетних трав в дернину машинно-тракторным агрегатом в составе МТЗ-80+МПТД-3 были следующие:

- трехлетняя дернина с толщиной слоя 0,06...0,08 м имела влажность при слое 0...0,05 м – 12,4%; 0,05...0,10 м – 14,2%; 0,10...0,15 м – 17,7%; твердость при слое 0...0,05 – 0,8 МПа, 0,05...0,10 м – 1,5 МПа; 0,10...0,15 м – 1,8 МПа;

- семилетняя дернина с толщиной слоя 0,12...0,15 м имела влажность при слое 0...0,05 м – 24,2%; 0,05...0,10 м – 23,1%; 0,10...0,15 м – 22,7%; твердость при слое 0...0,05 – 0,66 МПа, 0,05...0,10 м – 1,06 МПа; 0,10...0,15 м – 1,28 МПа.

С целью выявления оптимальной ширины полосы с подсеянными в дернину многолетними травами, две левые по ходу движения МПТД-3 секции оснастили ножами, обеспечивающими ширину обрабатываемой полосы 0,10 м, а две правые – ножами, обеспечивающими обработку полосы шириной 0,15 м.

Схема опыта имела следующий вид: вариант 1 – подсев люцерны, вариант 2 – подсев донника белого. Контрольный вариант представлял собой необработанный участок дернины шириной 8 м и длиной 50 м. Независимо от варианта норма высева семян составляла 5 кг/га, глубина обработки полос – 0,05...0,07 м, глубина заделки семян – 0,005...0,015 м. Число повторений по каждому из вариантов – три (по три прохода агрегата МТЗ-80+МПТД-3 на длине 50 м).

Энергетическую оценку агрегата для подсева трав в дернину проводили на трехлетней дернине люцерны. При этом использовали специальную тензометрическую рамку, установленную на заднюю навеску трактора МТЗ-80, а также датчики оборотов и крутящего момента вала отбора мощности. Кроме того, в систему топливоподачи двигателя был встроен расходомер ИП-204 для уточненной оценки затрат дизельного топлива на проведение той или иной технологической операции. Регистрация сигналов, полученных от датчиков, осуществлялась с помощью информационно-измерительной аппаратуры ЭМА-ПМ. Перед проведением исследований расходомер и датчики, установленные на ВОМ трактора, были отградуированы на тормозном стенде. Параллельно были получены результаты оценки номинальной мощности двигателя (N_e), которая составила 56,5 кВт, при частоте вращения коленвала двигателя $n = 2208 \text{ мин}^{-1}$ и расходе топлива 13,5 кг/ч.

Энергетическая оценка проведена на двух вариантах ширины обрабатываемых полос – 0,10 и 0,15 м. Влажность пахотного горизонта со стерней люцерны в слое 0...0,05 м составляла 10,8%, 0,05...0,10 м – 15,0%, 0,10...0,15 м – 16,4%. Твердость почвы при этом варьировалась от 2,02 МПа до 3,50 МПа: в слое 0...0,05 м – 2,02 МПа, в слое 0,05...0,10 м – 2,83 МПа, в слое 0,10...0,15 м – более 3,5 МПа. Результаты агротехнической оценки приведены в таблице 1.

Ботанический состав травостоя улучшился: процент бобовых на контроле возрос при ширине полос 0,10 м – до 13,8%, при 0,15 м – 23,6%. В результате исследований по зависимости урожайности и ботанического состава от ширины обрабатываемой полосы выявлено, что с увеличением ширины обрабатываемой полосы сбор в среднем абсолютно сухой массы и кормовых единиц увеличивается соответственно при ширине 0,10 м – 3,61 и 2,48 т/га, 0,20 м – 3,83 и 2,78 т/га; 0,30 м – 4,00 и 2,96 т/га; при этом природный луг имеет показатели 2,51 и 1,71 т/га, естественная дернина – 2,95 и 2,01 т/га.

Таблица 1 – Агротехническая оценка агрегата на подсеве трав в семилетнюю дернину
Table 1 – Agrotechnical assessment of the unit for overseeding grasses in a seven-year-old turf

Оценочный показатель / Evaluation Indicator	Процент в общей массе, % / Percentage of total mass, %	
	полоса 0,1 м/Strip 0.1 m	полоса 0,15 м/Strip 0.15 m
Размеры почвенных фракций, мм: / Dimensions of soil fractions, mm:		
0...25	92,6	79,7
25...50	3,7	14,5
более 50	3,7	5,8
Вынос почвы за пределы полосы, % / Soil drift outside the strip, %	25,7	28,0

В таблице 2 представлены результаты улучшения пастбища – урожай и ботанический состав зеленой массы при изменении ширины обрабатываемой полосы.

Таблица 2 – Урожай и ботанический состав зеленой массы при изменении ширины обрабатываемой полосы
Table 2 – Yield and botanical composition of green mass with a change in the width of the cultivated strip

Варианты опыта / Experience Options	Сбор зеленой массы, т/га / Harvesting of green mass, t/ha		Ботанический состав травостоя, % / Botanical composition of the herbage, %		
	первый укос / first mowing	второй укос / second mowing	Злаки / cereals	Бобовые / Leguminous herbs	Разнотравье / Herbs
Ширина полос, м: / Width of strips, m:					
0,10	4,34	3,24	71,9	13,8	14,3
0,15	3,87	3,92	63,8	23,6	12,6
Природный луг (контроль) / Natural meadow (control)	4,83	2,56	73,6	1,7	24,7

Межполосное расстояние при полосном подсеве существенно влияет на процентное соотношение трав (ботанический состав). Оптимальным для пастбища является травостой, в составе которого 30...40 % бобовых трав, а для сенокоса до 60%. Если исходить из условия одинаковой продуктивности засеянной полосы и сохраненной дернины, то межполосное расстояние должно быть близким по значению с шириной обрабатываемых полос. Площадь обрабатываемых полос должна устанавливаться на уровне 50...75% от общей площади улучшаемого пастбища.

Результаты энергетической оценки МТА в составе МТЗ-80+МПТД-3 приведены в таблице 3. Выявлено, что при увеличении ширины обрабатываемой полосы с 0,10 до 0,15 м общая потребляемая мощность возрастает на 5,4...7,2% в зависимости от скорости движения, а тяговое сопротивление машины при этом снижается на 15,8...25,3%.

Таблица 3 – Результаты энергетической оценки машины для полосного подсева трав МПТД-3
Table 3 – Results of the energy evaluation of the machine for strip grass sowing MPTD-3

Показатели / Indicators	Техническое задание / Terms of Reference	Значение показателей / Value of indicators					
		ширина обрабатываемой полосы 0,10 м / Strip width 0.10 m			ширина обрабатываемой полосы 0,15 м / Strip width 0.15 m		
1	2	3			4		
Режимы работы: / Modes of operation:							
- скорость движения, км/ч / Driving speed, km/h	5-7 до 0,08	5,9	7,3	8,1	6,1	7,5	8,3
- глубина обработки, м / Processing depth, m		0,048	0,047	0,043	0,05	0,048	0,045
- производительность за время основной работы, га/ч / Productivity during the main operation, ha/h	1,5...1,6	1,77	2,19	2,43	1,83	2,25	2,49
- расход топлива за время основной работы, кг/ч / Fuel consumption during the main operation, kg/h	8	8,2	9,4	10,9	8,6	9,9	11,6

Окончание таблицы 3

1	2	3			4		
Энергетические показатели: / Energy indicators:							
- тяговое сопротивление, кН / Traction resistance, kN	до 5	2,13	1,43	1,10	1,7	1,2	0,95
- мощность на преодоление тягового сопротивления, кВт / Traction resistance power, kW	-	3,5	2,3	2,5	2,3	2,5	2,2
- мощность на BOM, кВт / PTO power, kW	-	17,1	24,4	32,0	18,9	26,7	35,2
- общая потребляемая мощность, кВт / Total power consumption, kW	до 44,8	27,6	34,5	43,0	29,1	36,4	46,1
- удельные затраты, кВт ч/га / Unit costs, kWh/ha	-	15,6	15,7	17,7	15,9	16,2	18,5
- удельный расход топлива за время основной работы, кг/га / Specific fuel consumption during the main operation, kg/ha	-	4,6	4,3	4,4	4,7	4,4	4,7
- коэффициент использования эксплуатационной мощности двигателя / Engine Operating Power Utilization Factor	-	0,49	0,61	0,76	0,51	0,64	0,81
- буксование движителей трактора, % / Tractor propulsion slippage, %	-	+0,9	-1,4	-2,5	+0,4	-1,8	-3,2

Таким образом, экспериментальный образец МПТД-3 обеспечивает устойчивый технологический процесс при работе на пяти или семилетней дернине разнотравного луга и трехлетней дернине люцерны при влажности 12...24% и твердости 0,8...1,1 МПа в обрабатываемом слое. Оптимальный режим работы МТЗ-80+МПТД-3 (расход топлива минимальный): диапазон рабочих скоростей 6...7,5 км/ч, глубина обработки – 0,04...0,05 м, ширина обрабатываемой полосы – 0,10...0,15 м; отсутствие буксования и запас мощности двигателя при регламентированных режимах и параметрах технологического процесса.

Проведены лабораторно-полевые исследования макетного образца МПТД-12 в условиях ООО «Машиностроительный завод опытных конструкций» и ИСА – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. Результаты агротехнической оценки в соответствии с СТО АИСТ 5.6–2018 при испытаниях на стенде приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Агротехнические показатели при лабораторных (стендовых) испытаниях МПТД-12
 Table 4 – Agrotechnical indicators for laboratory (bench) tests of MPTD-12

Наименование показателей / Name of indicators	Значения показателей / Metric values		
Кормовые культуры / Fodder crops	клевер, травосмесь / clover, grass mixture		
1	2	3	4
Скорость, км/ч / Speed, km/h	2,7	4,5	6,5
Передаточное отношение сеялки / Planter gear ratio	0,14	0,40	2,08
Заданная норма высева, кг/га: / Specified seeding rate, kg/ha:			
- семян / Seeds	1,4	10,8	16,2
- удобрений / Fertilizers	10	25	50,0
- гербицидов (раствор) / herbicides (solution)	100	100	100
Высевающая способность сеялки, кг/га: / Seeding capacity of the seeder, kg/ha:			
- семян / Seeds	1,4	-	16,2
- удобрений / Fertilizers	10,0	-	50,0
- гербициды / Herbicides	55	-	150
Качество высева при регулировке высевающего аппарата по длине рабочей части катушки/заслонки, мм / Seeding quality when adjusting the seeding device along the length of the working part of the coil/damper, mm	4,0/5	6,0/10	8,0/17
Фактический высев семян/удобрений, кг/га / Actual sowing of seeds/fertilizers, kg/ha	1,5/12,5	9,8/25,6	16,4/47,3
Отклонение фактического высева семян от заданного, % / Deviation of actual seeding from the specified one, %	до 5	-	до 7

Окончание таблицы 4

1	2	3	4
Неравномерность высева семян между аппаратами: / Unevenness of seeding between units: - среднее арифметическое отклонение, % / arithmetic mean deviation, % - среднеквадратическое отклонение, % / standard deviation, % - коэффициент вариации, % / coefficient of variation, %	2,9 1,7 59,6	2,5 1,8 71,7	1,1 0,7 65,2
Неустойчивость общего высева семян: / Instability of total seeding: - среднее арифметическое отклонение, % / arithmetic mean deviation, % - среднеквадратическое отклонение, % / standard deviation, % - коэффициент вариации, % / coefficient of variation, %	1,0 0,2 17,6	1,0 0,1 5,0	1,0 0,2 24,5
Дробление семян/гранул удобрений, % / Crushing of seeds/fertilizer granules, %	0,3/0,5	0,4/0,6	0,3/0,8
Отклонение фактического внесения удобрений / гербицидов от заданного, % / Deviation of actual application of fertilizers/herbicides from the specified one, %	6,25/5	4/5	8,16/5
Неравномерность внесения удобрений/гербицидов по ширине захвата при длине рукавов, м: до 3 / Uneven application of fertilizers/herbicides along the working width at the length of the sleeves, m: up to 3 - среднеквадратическое отклонение, м / standard deviation, m - коэффициент вариации, % до 6 м / coefficient of variation, % up to 6 m - среднеквадратическое отклонение, м / standard deviation, m - коэффициент вариации, % / coefficient of variation, %	не определялась / Not defined	0,8/2,5 7/3 1,2/3,1 15/5	не определялась / Not defined
Неустойчивость внесения удобрений/гербицидов по длине прохода: / Instability of fertilizer/herbicide application along the length of the passage: - среднеквадратическое отклонение, % / standard deviation, % - коэффициент вариации, % / coefficient of variation, %	не определялась / Not defined	1,1/3,4 10/5	не определялась / Not defined

Макетный образец агрегат МПТД-12 испытывался на посеве смеси трав (семена кондиционной чистоты и влажности) в дернину на пастбище. Условия проведения испытаний были типичными для Нечерноземной зоны России (почвы дерново-подзолистые с влажностью 13...18,5%). Лабораторные испытания макетного образца агрегата МПТД-12 проводились в заводских условиях ООО «Машиностроительный завод опытных конструкций» на высева семян клевера, минеральных удобрений и внесении имитационной жидкости гербицидов (воды). Неустойчивость общего высева на посеве клевера и удобрений в пределах 1,0 %, что соответствует техническому заданию (далее ТЗ). Дробление семян клевера 0,3...0,4%, что не превышает требования ТЗ (до 1,0%).

Полевые испытания макета агрегата МПТД-12 проводились на посеве смеси семян клевера, тимopheевки луговой, на пастбище с нормой высева семян 1,4...16,2 кг/га, удобрений 10...50 кг/га (таблица 5).

Ленточная обработка почвы и посев смеси семян трав проводились на скоростях 4,5 и 6,5 км/ч с установочной нормой высева семян трав 3,8 кг/га, удобрений – 15 кг/га, гербицидов – 100 л/га. С повышением скорости при оптимальной глубине фрезерования глубина заделки семян уменьшается от 1...1,2 см до 0,7 и 1,2 см, однако значения соответствуют ТЗ.

Внесение удобрений и гербицидов осуществлялось качественно, т.к. основные рабочие органы были использованы от сертифицированных машин. Установлена необходимость некоторой модернизации распределительных рабочих органов машины для внесения удобрений и

семян, связанная с удлинением распределительных рукавов до 6 м на макете. Плотность почвы составила 1,0...1,1 г/см³, что соответствует исходным данным по техническому заданию (1,0 г/см³). В результате полевых испытаний выявлено, что после прохода макета агрегата МПТД-12 на необработанных полосах остаются куски дернины (рисунок 3).

Таблица 5 – Агротехнические показатели при полевых испытаниях МПТД-12
Table 5 – Agrotechnical indicators during field tests of MPTD-12

Наименование показателей / Name of indicators	Значения показателей / Metric values		
	Техническое задание / Terms of Reference	по данным испытаний / Based on test data	
		Фон 1 – пастбище / Background 1 – Pasture	
Кормовые культуры / Fodder crops	семена трав / Grass Seeds	клевер, травосмесь / clover, grass mixture	
1	2	3	4
Скорость движения агрегата, км/ч / Unit speed, km/h	до 8	4,5	6,5
Регулировка высевающего аппарата по длине рабочей части катушки/заслонки, мм / Adjustment of the seeding unit along the length of the working part of the coil/damper, mm	-	4,0/5	6,0/17
Передаточное отношение / Gear ratio	-	0,33	0,33
Установочная глубина обработки, м / Installation working depth, m	0,045; 0,065	0,045	0,065
Норма высева семян, кг/га: / Seeding rate, kg/ha:	-	Минимально / minimally	Нормально / norm
- заданная / specified	-	1,4	16,2
- фактическая / actual	-	1,6	16,7
Норма высева удобрений, кг/га: / Fertilizer seeding rate, kg/ha:	-	10	42
- заданная / specified	-	11	40,3
- фактическая / actual	-	-	-
Объем внесения гербицидов, л/га: / Volume of herbicide application, l/ha:	-	100	100
- заданный / specified	-	105	105
- фактический / actual	-	-	-
Средняя глубина заделки семян при максимальном заглублении фрезерных рабочих органов, см / Average depth of seed placement at maximum depth of milling working tools, cm	1,0...1,5	1,0...1,5	0,7...1,2
Глубина заделки семян при оптимальном заглублении фрез: / Depth of seed placement at optimal depth of cutters:	-	-	-
- средняя глубина, см / Average depth, cm	1,0	1,0	1,0
- среднеквадратическое отклонение, см / standard deviation, cm	-	0,33	0,44
- коэффициент вариации, % / coefficient of variation, %	-	0,6	0,9
Число семян, не заделанных в почву, шт./м ² / Number of seeds not embedded in the soil, pcs./m ²	-	2,1	3,2
Высота гребней после прохода агрегата, см / Height of ridges after passing the unit, cm	±2	1,5	1,9
Расстояние между осями обработанных лент, см / Distance between the axes of the machined belts, cm	-	60,9	61,2
Ширина ленты, м / Belt width, m	-	0,20	0,21
Ширина строчки, м / Stitch width, m	-	0,11	0,11
Ширина полосы обработанной гербицидами, м / Width of the strip treated with herbicides, m	с двух сторон / on both sides 0,05...0,10	0,09...0,11	0,09...0,11
Плотность почвы после прикатывания, г/см ³ / Soil density after packing, g/cm ³	0,9...1,0	1,1	1,0

Окончание таблицы 5

1	2	3	4
Глубина обработки фрезерными рабочими органами, см: / Depth of milling tools, cm: - среднее значение / medium - среднеквадратическое отклонение, см / standard deviation, cm	- не более 1,5 / not more than 1.5 ±15	5,6 0,6 12,0	5,1 0,8 13,8
- коэффициент вариации, % / coefficient of variation, %			
Степень крошения почвы, массовая доля комков, %, размером, мм: / Degree of soil crumbling, mass fraction of lumps, %, size, mm: менее 10 / less than 10 до 25 включительно / up to and including 25 от 25 до 50 / from 25 to 50 от 50 до 100 / from 50 to 100	- 70 - -	88,5 4,3 5,1 2,1	80,2 7,6 7,6 4,6
Забивание рабочих органов растительными остатками / Clogging of working parts with plant residues	-	не наблюдалось / not observed	
Забрасывание почвой необработанных полос, % / Throwing soil into uncultivated strips, %	-	10...15	до 30



Рисунок 3 – Участок пастбища после прохода макета агрегата МПТД-12
Figure 3 – Pasture plot after passing the layout of the MPTD-12 unit

Эксплуатационно-технологическая оценка макетного образца агрегата МПТД-12 проводилась в соответствии с ГОСТ 24055-88 на полосной обработке почвы и посеве семян трав в дернину на супесчаных среднесуглинистых почвах приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Эксплуатационно-технологические показатели
Table 6 – Operational and technological indicators

Наименование показателей / Name of indicators	Значения показателей / Metric values	
	в соответствии с техническим заданием / in accordance with the terms of reference	по данным испытаний / based on test data
1	2	3
Режим работы: / Working hours: - средняя рабочая скорость, км/ч / average operating speed, km/h - фактическая ширина захвата, м / actual working width, m - транспортная скорость, км/ч / transport speed, km/h - норма высева семян трав, кг/га / seeding rate of grass seeds, kg/ha	до 8 макет / layout до 15,0 -	6,5 2,76 15,0 4,8

Окончание таблицы 6

1	2	3
Производительность за время основной работы 1 м ширины захвата агрегата, га/ч / Productivity during the main operation of 1 m of the working width of the unit, ha/h	0,6	0,65
Показатели качества выполнения технологического процесса: / Indicators of the quality of the technological process: - глубина обработки фрезерными рабочими органами, м / Depth of milling tools, m - фактический высеив, кг/га / actual seeding, kg/ha - глубина заделки семян при оптимальном заглублении сошников, мм / seed placement depth with optimal coulter depth, mm	до 0,08 - -	0,049...0,068 4,6 1...2
Время на устранение технологических отказов (замена ножей фрез, замена штифтов в муфте предохранительной, регулировки цепного привода фрез), ч / Time for elimination of technological failures (replacement of cutter knives, replacement of pins in the safety clutch, adjustment of the chain drive of milling cutters), h	-	1,01
Необходимая колея трактора, м / Required tractor track, m	-	1,4/1,8
Время на технологическое обслуживание, ч / Time for technological maintenance, h	-	0,64

Проведенные полевые исследования машин для полосного подсева трав в дернину МПТД-3 и МПТД-12 показали, что у конструкций есть ряд преимуществ: выполнение четырех технологических операции по улучшению лугов и пастбищ – обработка почвы, посев семян трав, внесение минеральных удобрений и гербицидов, прикатывание; наличие средств контроля и автоматизации повышают качество выполнения технологического процесса, а вождение агрегата по курсоуказателю с применением спутниковой навигации GPS (вместо традиционного – по маркерной борозде) – повышают производительность и улучшают условия труда механизатора; модульный принцип построения агрегата на базе серийных агрегатов позволяет агрегатировать его с имеющимися в хозяйстве тракторами тягового класса 2 и 3, что повышает его потребительские качества; наиболее приемлемой является конструкция фрезерно-посевого модуля состоящая из фрезерного и пневмомеханического модулей для удобрений и семян, составные элементы которых заимствованы от серийных машин – культиватора КФ-5,4 и сеялки ССНП-16.

Выводы. После проведенных исследований модулей макетного образца агрегата МПТД-3 и МПТД-12 установлено, что для полосного подсева трав в дернину рекомендуется использовать образец МПТД-12, который отличается более высоким техническим уровнем, а именно: макетный образец агрегата удовлетворяет своему технологическому назначению и обеспечивает полосной посев семян трав в дернину с внесением малых доз удобрений и гербицидов с показателями, установленными техническим заданием; при увеличении ширины захвата агрегата свыше 2,8 м необходимо использовать вариант пневмомеханического модуля для подачи и дозирования семян и удобрений (унифицированных). Использование МПТД-12 позволяет повысить урожай трав в 1,8...2,5 раза, снизить расход горюче-смазочных материалов на 30...40% и затраты труда не менее, чем в двое.

Conclusions. Thus, the replaceable, operational and actual productivity of a sorghum harvester equipped with a header with a segment-finger cutting device with an infinite knife contour and a device for monitoring segment failures is higher than the replaceable, operational and actual productivity of a sorghum harvester equipped with a header with a segment-finger cutting device with a single knife run, respectively, by 2.4, 4.0 and 3.9 %.

Библиографический список

1. Марченко О. С. и др. Инновационные технологии и комплексы машин с активными рабочими органами для коренного улучшения сенокосов и пастбищ. Вестник ВИЭСХ. 2018. № 1 (30). С. 56-61.
2. Петрученко Н. О. Подсев трав – залог стабильных травостоев. Наше сельское хозяйство. 2022. № 7 (279). С. 44-49.
3. Алдошин Н. В. и др. Инновационные технологии заготовки высококачественных кормов: аналит. обзор. М.: «Росинформагротех», 2020. 92 с.
4. Ревенко В. Ю., Белоусов М. М. Результаты испытаний машины для полосного подсева трав в дернину. Международная агроинженерия. 2014. Выпуск 4. С. 53-61.

5. Марченко О. С. и др. Комбинированный агрегат МПТД-12 для полосного подсева семян трав и травосмесей на лугах и пастбищах. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. № 5. С. 15-17.
6. Дринча В. М., Борисенко И. Б. Поверхностный подсев семян на лугах и пастбищах. Кормопроизводство. 2017. № 4. С. 47-48.
7. Тюрюков А. Г., Филиппов К. В. Улучшение деградированных сенокосов лесостепи Приобья. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2022. № 1 (62). С. 88-96.
8. Измаилов А. Ю. и др. Создание инновационной техники и ресурсосберегающих технологий производства кормов – основа развития животноводства. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горюхина». 2017. № 6 (82). С. 23-28.
9. Kassimova R., Adilsheev A., Mihov M. Improving technology of pastures and grasslands development. Mechanization in agriculture & conserving of the resources. 2019. Pp. 111-113.
10. Shaw J. A., Roche L. M., Gornish E. S., Rayburn A. P., Zamora A. J., Laca E. Efficacy of strip seeding to restore grassland plant communities. Restoration Ecology. 2022. V. 31 (4).
11. Andrew R., Laca E. A. Strip-seeding for Grassland Restoration: Past Successes and Future Potential. Ecological Restoration. 2013. No 31 (2). Pp. 147-153.
12. Aliiev E., Bezverkhniy P. Study of the factors of the deterioration of sowing accuracy with pneumatic seeders. Engineering energy transport AIC. 2023. Pp. 2-6.

References

1. Marchenko O. S., et al. Innovative technologies and complexes of machines with active working bodies for radical improvement of hayfields and pastures. Vestnik VIESKh. 2018. No. 1 (30). Pp. 56-61.
2. Petrochenko N. O. Underseeding of grasses is the key to stable grass stands. Our Agriculture. 2022. No. 7 (279). Pp. 44-49.
3. Aldoshin N. V., et al. Innovative technologies for the preparation of high-quality feed: analyte. review. M.: "Rosinformagrotekh", 2020. 92 p.
4. Revenko V. Yu., Belousov M. M. Test results of a machine for strip sowing of grasses in turf. International Agroengineering. 2014. Issue 4. Pp. 53-61.
5. Marchenko O. S., et al. Combined unit MPTD-12 for strip sowing of grass seeds and grass mixtures in meadows and pastures. Agricultural machines and technologies. 2010. No. 5. Pp. 15-17.
6. Drincha V. M., Borisenko I. B. Surface sowing of seeds in meadows and pastures. Fodder production. 2017. No 4. Pp. 47-48.
7. Tyuryukov A. G., Filippov K. V. Improvement of degraded hayfields in the forest-steppe of the Ob region. Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2022. No. 1 (62). Pp. 88-96.
8. Izmailov A. Yu., et al. Creation of innovative technology and resource-saving technologies for feed production - the basis for the development of livestock farming. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkina." 2017. No. 6 (82). Pp. 23-28.
9. Kassimova R., Adilsheev A., Mihov M. Improving technology of pastures and grasslands development. Mechanization in agriculture & conserving of the resources. 2019. Pp. 111-113.
10. Shaw J. A., Roche L. M., Gornish E. S., Rayburn A. P., Zamora A. J., Laca E. Efficacy of strip seeding to restore grassland plant communities. Restoration Ecology. 2022. V. 31 (4).
11. Andrew R., Laca E. A. Strip-seeding for Grassland Restoration: Past Successes and Future Potential. Ecological Restoration. 2013. No 31 (2). Pp. 147-153.
12. Aliiev E., Bezverkhniy P. Study of the factors of the deterioration of sowing accuracy with pneumatic seeders. Engineering energy transport AIC. 2023. Pp. 2-6.

Информация об авторах

Федорова Ольга Алексеевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технические системы в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, e-mail: foa_77@mail.ru

Ряднов Алексей Иванович, Заслуженный работник высшей школы РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Текушев Арсен Хасанбиевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории технологий и машин для посева и уборки зерна и семян, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2816-2904>, e-mail: kmk3.vim@mail.ru

Чаплыгин Михаил Евгеньевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории технологий и машин для посева и уборки зерна и семян, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0031-6868>, e-mail: misha2728@yandex.ru

Ревенко Валерий Юрьевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сои, ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта» (Российская Федерация, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5232-1223>, e-mail: skskniish@rambler.ru

Давыдова Светлана Александровна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории прогнозирования развития систем машин и технологий в АПК, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1219-3335>, e-mail: davidova-sa@mail.ru

Author's Information

Fedorova Olga Alekseevna, Doctor of Engineering Sciences, associate Professor, Professor of the Department of "Technical systems in agriculture", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, e-mail: foa_77@mail.ru

Ryadnov Aleksey Ivanovich, honored worker of the higher school of the Russian Federation, Doctor of agricultural Sciences, Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Tekushev Arsen Khasanbievich, Candidate of Engineering Sciences, senior researcher at the laboratory of technologies and machines for sowing and harvesting grain and seeds of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, building 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2816-2904>, e-mail: kmk3.vim@mail.ru

Chaplygin Mikhail Evgenievich, Candidate of Engineering Sciences, senior researcher at the laboratory of technologies and machines for sowing and harvesting grain and seeds of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, building 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0031-6868>, e-mail: misha2728@yandex.ru

Revenko Valery Yurievich, Candidate of Engineering Sciences, leading researcher at the laboratory of soybean breeding and seed production of the Federal State Budgetary Institution Federal Scientific Center "All-Russian Research Institute of Oilseeds named after. V. S. Pustovoi" (Russian Federation, 350038, Krasnodar, Filatova St., 17), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5232-1223>, e-mail: skskniish@rambler.ru

Davydova Svetlana Aleksandrovna, Candidate of Engineering Sciences, leading researcher at the laboratory for forecasting the development of machine systems and technologies in the agro-industrial complex of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, building 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1219-3335>, e-mail: davidova-sa@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-32

IMPROVEMENT OF THE DRIP-INJECTION IRRIGATION SYSTEM FOR WATERING VEGETABLE CROPS

¹Khrabrov M. Yu., ²Mayer A. V.

¹*Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov"*
Moscow, Russian Federation

²*All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov*
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Received 11.01.2024

Submitted 12.02.2024

Summary

The proposed article presents research on the drip-injection irrigation system for vegetable crops, for managing the water regime of the soil, with the function of fine sprinkling of cultivated crops. The water consumption in the proposed irrigation system is 0.6-1.0 liters/hour, which is an order of magnitude less than with drip irrigation.

Abstract

Introduction. Research on the development of combined irrigation systems for perennial and agricultural crops by VNIIGiM scientists has been conducted since 1976. Previously developed combined irrigation systems, such as drip irrigation, combined with aerosol humidification, intra-soil irrigation in combination with fine sprinkling have proven themselves on the positive side, especially in critical dry years. The use of low-volume combined irrigation systems for the cultivation of row crops has been reduced to a minimum dependence of yield on climatic risks. **Object.** The development of the irrigation system was based on the improvement of the drip-injection irrigation system. Based on the analysis of long-term meteorological data, a combined irrigation system is proposed, which includes structural elements for the functional capabilities of regulating the hydrothermal regime of the irrigated area. **Materials and methods.** In our research on the regulation of the hydrothermal regime in agrophytocenoses, we used materials from regional weather stations. Observations were conducted daily. The time of the beginning and completion of fine sprinkling (MDD) was determined by the method of the time interval between subsequent humidifications. **Results and conclusions.** The development of combined irrigation methods is being held back due to the many unresolved issues related to irrigation processes. A significant disadvantage of the existing low-volume local irrigation systems, in relation to the problem being solved, is that without the function of humidifying the air, leaf surface and lowering the temperature in the plant environment, during vegetative watering in hot and dry years, there is no possibility of regulating the hydrothermal regime, and in general to influence the physiological processes of plant development. An increase in the required humidity and air temperature, with injection - drip irrigation, is possible only with precipitation, i.e. for a short period of time, which depends only on weather conditions. In areas of risky agriculture, where frequent droughts and dry spells prevail, the cultivation of crops under irrigation by low-volume methods without MDD often leads to significant risk, and leads to partial or complete loss of yield.

Keywords: innovative irrigation technologies, drip-injection irrigation, combined irrigation, irrigation technologies.