

Kobzhassarov Tulegen Zhumashkenovich – PhD, deputy Dean for educational work of the Faculty of agricultural sciences, acting Associate Professor of the Department of food safety and biotechnology, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 47 Baitursynov Str., tel.: +7-777-412-00-59, e-mail: tkzt@mail.ru.

Yergazina Assel Mikhailovna – PhD, acting Associate Professor of the Department of veterinary medicine, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 47 Baitursynov Str., tel.: +7-777-376-00-76, e-mail: ergazina.asel@mail.ru.

Murzakayeva Gulmira Kalikhanovna – PhD, Senior Lecturer of the Department of veterinary sanitation, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University NCJSC, Republic of Kazakhstan, 010011, Astana, 62 Zhenis Ave., tel.: 87172297252, e-mail: m.gumika@list.ru.

МРНТИ 68.85.29

УДК 631.311

<https://doi.org/10.52269/RWEP252194>

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ПАРАМЕТРОВ ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЯ – УДОБРИТЕЛЯ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ПЛОСКОРЕЗНУЮ ОБРАБОТКУ

Дерепаскин А.И. – доктор технических наук, главный научный сотрудник, Костанайский филиал ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», г. Костанай, Республика Казахстан.

Куваев А.Н. – доктор философии (PhD), заведующий лабораторией механизации растениеводства, Костанайский филиал ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», г. Костанай, Республика Казахстан.

Кравченко Р.И.* – доктор философии (PhD), и.о. заведующего кафедрой аграрной техники и транспорта, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Токарев И.В. – магистр сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, Костанайский филиал ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», г. Костанай, Республика Казахстан.

В статье приведены результаты исследований, направленные на обоснование конструктивно-технологической схемы, а также авторами приведено обоснование параметров глубокорыхлителя, предназначенного для внесения минеральных удобрений под плоскорезную обработку почвы. Разработаны расчетные схемы агрегатов, в том числе проведены расчеты и по критерию минимума тягового сопротивления, обоснована рациональная конструктивно-технологическая схема агрегата для внесения удобрений под плоскорезную обработку почвы, включающая глубокорыхлитель с установленной на раме емкости под удобрения. По результатам исследований составлены расчетные схемы глубокорыхлителя для внесения удобрений под плоскорезную обработку почвы, проведено математическое моделирование и по критерию минимума тягового сопротивления, обоснованы рациональные параметры глубокорыхлителя и объем бункера под удобрения при установке его на раме глубокорыхлителя. Изготовлен глубокорыхлитель с бункером под удобрения для проведения экспериментальной части исследований. Проведены испытания в полевых условиях, исходя из которых получены агротехнические, энергетические и эксплуатационные показатели. Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что созданный глубокорыхлитель для внесения удобрений под плоскорезную обработку почвы обеспечивает качественное выполнение технологического процесса в соответствии с требуемыми агротехническими требованиями.

Ключевые слова: глубокорыхлитель, удобрения, бункер, опорные и транспортные колеса, прикатывающий каток, параметры и показатели, тяговое сопротивление.

МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫ ТЕГІС КЕСУ АРҚЫЛЫ ӨҢДЕУ ҮШІН ТЕРЕҢ ҚОПСЫТҚЫШ-ТЫҢАЙТҚЫШТЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ СХЕМАСЫ МЕН ПАРАМЕТРЛЕРІН НЕГІЗДЕУ

Дерепаскин А.И. – техника ғылымдарының докторы, бас ғылыми қызметкер, «Агроинженерия ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС Қостанай филиалы, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Куваев А.Н. – философия докторы (PhD), өсімдік шаруашылығын механикаландыру зертханасының меңгерушісі, «Агроинженерия ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС Қостанай филиалы, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Кравченко Р.И.* – философия докторы (PhD), Аграрлық техника және көлік кафедрасы меңгерушісінің м.а., «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Токарев И.В. – ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, ғылыми қызметкер, «Агроинженерия ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС Қостанай филиалы, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Мақалада құрылымдық-технологиялық схеманы негіздеуге бағытталған зерттеу нәтижелері келтірілген, сондай-ақ авторлар топырақты тегіс кесу үшін минералды тыңайтқыштарды енгізуге арналған тереңдеткіштің параметрлерін негіздейді. Агрегаттардың есептік сызбалары әзірленді, оның ішінде есептеулер жүргізілді және тартқыш кедергінің минимумы критерийі бойынша тыңайтқыштардың жақтауына орнатылған контейнері бар терең қазғышты қоса алғанда, топырақты тегіс кесу өңдеуге тыңайтқыштар енгізуге арналған агрегаттың ұтымды құрылымдық-технологиялық сызбасы негізделді. Зерттеу нәтижелері бойынша топырақты тегістеу үшін тыңайтқыштарды қолдануға арналған терең қопсытқыштың есептік схемалары жасалды, математикалық модельдеу жүргізілді және ең төменгі тарту кедергісі критерийі бойынша терең қопсытқыштың ұтымды параметрлері және терең қопсытқыштың жақтауына орнатқан кезде тыңайтқышқа арналған бункердің көлемі негізделді. Зерттеудің эксперименттік бөлігін жүргізу үшін тыңайтқыштарға арналған бункері бар терең қазғыш жасалды. Дала жағдайында сынақтар жүргізілді, олардың негізінде агротехникалық, энергетикалық және пайдалану көрсеткіштері алынды. Осылайша, жүргізілген зерттеулер топырақты тегістеу үшін тыңайтқыштарды қолдануға арналып жасалған терең қазғыш қажетті агротехникалық талаптарға сәйкес технологиялық процестің сапалы орындалуын қамтамасыз ететіндігін анықтады.

Түйінді сөздер: терең қазғыш, тыңайтқыштар, бункер, тірек және көлік дөңгелектері, домалақ ролик, параметрлер мен көрсеткіштер, тарту кедергісі.

JUSTIFICATION OF THE PROCESS CHART AND PARAMETERS OF A DEEP TILLER-FERTILIZER FOR THE APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS FOR FLAT-CUTTING TILLAGE

Derepaskin A.I. – Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Kostanay branch of Agricultural Engineering Research and Production Center LLP, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Kuvayev A.N. – PhD, Head of the Laboratory of Mechanization of Crop Production, Kostanay branch of Agricultural Engineering Research and Production Center LLP, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Kravchenko R.I.* – PhD, acting Head of the Department of agricultural machinery and transport, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Tokarev I.V. – Master of Agricultural Sciences, Researcher, Kostanay branch of Agricultural Engineering Research and Production Center LLP, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

The article presents the results of research aimed at justifying the design and process chart, as well as defining the key parameters of a deep tiller-fertilizer intended for the application of mineral fertilizers during flat-cutting tillage. Design models of the units were developed, including detailed calculations. Based on the criterion of minimal tractive resistance, a rational design and process chart for a fertilizer intended for flat-cutting tillage was substantiated. This design and process chart includes a deep-tiller equipped with a fertilizer hopper mounted on its frame. As a result of the research, calculation models of the deep-tiller were created for applying fertilizers during flat-cutting tillage, followed by mathematical modeling. The optimal parameters of the deep-tiller and the appropriate volume of the fertilizer hopper-when mounted on the deep-tiller's frame-were justified according to the minimum tractive resistance criterion. A prototype deep-tiller with an integrated fertilizer hopper was manufactured for experimental purposes. Field tests were conducted, through which agrotechnical, energy, and operational performance indicators were obtained. The findings confirmed that the developed deep-tiller ensures high-quality implementation of the technological process in full compliance with agrotechnical requirements.

Key words: deep-tiller, fertilizers, hopper, support and transport wheels, packing wheel, parameters and indicators, tractive resistance.

Введение

Агрохимические обследования, проводимые в областях Северного Казахстана, показывают, что почвы 78% от общей площади имеют дефицит фосфорных удобрений, которые являются одним из основных элементов питания растений, и в тоже время, оказывают большое влияние на засухоустойчивость растений. Наибольшую прибавку урожая в севооборотах можно получить при однократном внесении полной дозы минеральных фосфорных удобрений за ротацию в паровом и стерневом поле. При этом оптимальным вариантом считается внутрипочвенное внесение без оборота почвенного пласта и равномерное распределение удобрений в пахотном слое на определенной глубине [1, с.16; 2,

с.55; 3, с.47]. Следует отметить, что минеральные удобрения необходимо вносить в почвенный слой, устойчиво сохраняющий влажность не ниже 17-20 % за весь летний период. Такие условия обеспечиваются на обыкновенных черноземах на глубине 14-16 см, на южных черноземах и каштановых почвах сохранение влаги обеспечивается на глубине 18-24 см.

В Республике Казахстан, ближнем и дальнем зарубежье технические средства для внутрипочвенного внесения на глубину свыше 16 см под безотвальную обработку не производятся. Поэтому, при использовании современных технологий возделывания зерновых и кормовых культур, возникла проблема внесения минеральных удобрений под плоскорезную обработку на оптимальную глубину. Анализ существующих конструкций агрегатов для внесения сыпучих материалов в пахотный слой под безотвальную обработку показал, что перспективным направлением является конструктивно-технологическая схема, предусматривающая установку бункера для удобрений на раму глубокорыхлителя [4, с.4]. Однако при этом остаются вопросы выбора рациональных параметров глубокорыхлителя, обеспечивающие минимальное тяговое сопротивление и устойчивость хода по глубине.

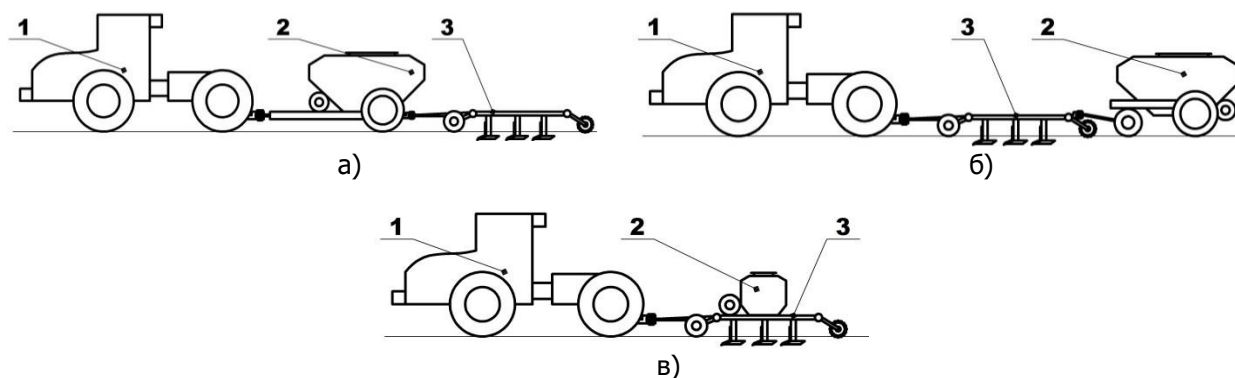
Цель исследований – повышение производительности агрегата на основе снижения тягового сопротивления глубокорыхлителя на внесении удобрений под плоскорезную обработку путем обоснования его параметров.

Задачи исследований: разработать расчетные схемы агрегатов и провести расчеты и по критерию минимума тягового сопротивления, обосновать рациональную конструктивно-технологическую схему агрегата для внесения удобрений под плоскорезную обработку почвы.

Материалы и методы

Основными показателями, определяющими производительность машинно-тракторного агрегата при работе трактора в тяговом режиме, являются тяговое сопротивление орудия и его тяговая мощность. В свою очередь тяговая мощность трактора определяется максимальной мощностью двигателя и степенью использования ее в процессе работы [5, с.13].

При комплектовании машинно-тракторных агрегатов применяются различные конструктивно-технологические схемы агрегатов по типу компоновки с емкостью для удобрений и расположение последней. Наиболее распространенные три схемы, которые предусматривают использование прицепного бункера: спереди орудия, сзади и расположение емкости для удобрений на самом орудии [6, с.134]. Известные схемы имеют свои достоинства и недостатки. Для объективной оценки существующих конструктивно-технологических схем по критериям эффективности, таких как тяговое сопротивление, материалоемкость и стоимость, рассмотрим наиболее распространенные варианты (рисунок 1) [7, с.151].



- 1 – трактор; 2 – бункер с удобрениями; 3 – рама с почвообрабатывающими рабочими органами
 а), б) бункер монтируется на отдельном прицепном шасси;
 в) бункер и почвообрабатывающие рабочие органы монтируются на одной раме.

Рисунок 1 – Варианты конструктивно-технологических схем орудий для внутрислойного внесения гранулированных минеральных удобрений

В первой конструктивно-технологической схеме прицепной бункер расположен впереди почвообрабатывающей части, во второй прицепной бункер расположен после почвообрабатывающей части, в третьей емкость для удобрений расположена на почвообрабатывающей части.

Тяговое сопротивление агрегата, как одного из значимых критериев оценки, представляет собой сумму тяговых сопротивлений почвообрабатывающей части и прицепного бункера в первых двух схемах и тяговое сопротивление почвообрабатывающей части с дополнительным бункером под удобрения – в третьей схеме. Сделаем допущение, что глубокорыхлитель во всех схемах имеет одинаковую ширину захвата и равное тяговое сопротивление, а бункер с удобрением, устанавливаемый на транспортную тележку или раму согласно третьей схеме, приводит к дополнительному повышению

тягового сопротивления. Тогда тяговое сопротивление агрегата по первой схеме можно определить по выражению:

$$RR_1 = ff_{ss} \times (GG_{tt} + \Delta GG_{bb1ff}) + PP_{TX}; \quad (1)$$

где R_1 – тяговое сопротивление агрегата;

P_{TX} – горизонтальная составляющая силы тяги почвообрабатывающей части.

ff_{ss} – коэффициент сопротивления перекачиванию транспортной тележки с бункером по необработанной поверхности;

GG_{tt} – сила тяжести почвообрабатывающей части, Н;

ΔGG_{bb1ff} – часть силы тяжести прицепного бункера и удобрений, Н;

ff_{bbccc} – коэффициент сопротивления перекачиванию транспортной тележки с бункером по обработанной почве;

По второй схеме тяговое сопротивление определится по выражению:

$$RR_1 = ff_{bbccc} \times (GG_{tt} + \Delta GG_{bb1ff}) + PP_{TX}; \quad (2)$$

Известные конструкции глубокорыхлителей с установленным на раме бункером под удобрения имеют малый объем последнего и неустойчиво работают по глубине хода с уменьшением удобрений в бункере [8, с.155]. Для повышения производительности агрегата на внесении удобрений под плоскорезную обработку путем увеличения емкости под удобрения разработана конструктивно-технологическая схема глубокорыхлителя, включающая дополнительные опорно-транспортные колеса. Такая конструкция позволяет исключить влияние объема удобрений в бункере на устойчивость хода по глубине обработки.

Для определения горизонтальной составляющей силы тяги глубокорыхлителя составим расчетную схему. В общем случае составляющие реакции почвы на опорные колеса, реакции почвы на прикапывающий каток, а также проекции сопротивления почвы на вертикальную ось плоскорезующих рабочих органов можно представить через их составляющие в соответствии с рисунком 2 [9, с.25].

Примем начало координат в точке мгновенного центра вращения культиватора (точка прицепа к трактору) и, спроектировав на координатные оси активные силы, силы реакции связи и силы инерции, а также взяв моменты относительно координат осей, получим шесть известных уравнений равновесия орудия в каждый момент времени.

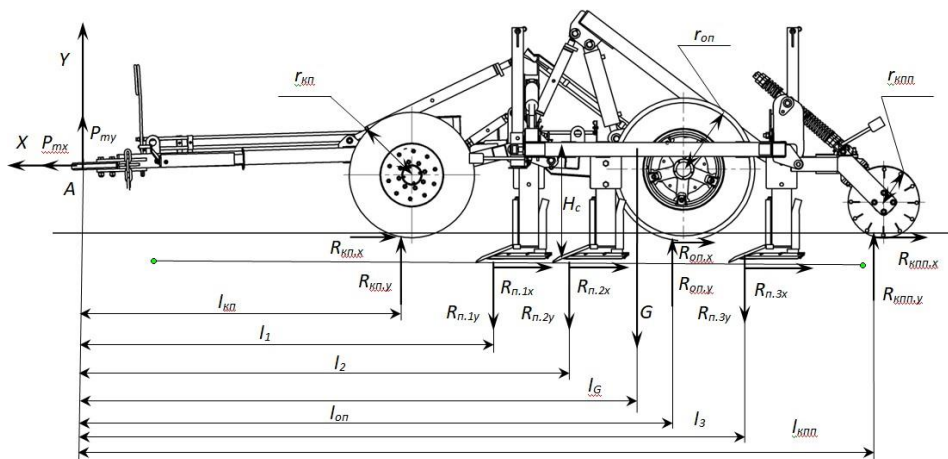


Рисунок 2 – Расчетная схема глубокорыхлителя для подпочвенного внесения удобрений под плоскорезную обработку

Уравнения равновесия орудия:

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ \sum F_z &= 0 \\ \sum M_A &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Тогда суммы сил в плоскостях X и Y можно представить в следующем виде:

$$P_{TX} - RR_{kp,x} - RR_{op,x} - RR_{n,1x} - RR_{n,2x} - RR_{n,3x} - RR_{kpp,x} = 0, \quad (4)$$

где P_{TX} – горизонтальная составляющая силы тяги, кН;

$RR_{kp,x}$ – горизонтальная составляющая реакции почвы на опорное колесо, кН;

$RR_{op,x}$ – горизонтальная составляющая реакции почвы на опорно-транспортное колесо, кН;

$RR_{п.1x}$ – горизонтальная составляющая реакции почвы на плоскорежущие рабочие органы (р.о.) первого ряда, кН;

$RR_{п.2x}$ – горизонтальная составляющая реакции почвы на плоскорежущие р.о. второго ряда, кН;

$RR_{п.3x}$ – горизонтальная составляющая реакции почвы на плоскорежущие р.о. третьего ряда, кН;

$RR_{кпп.x}$ – горизонтальная составляющая реакции почвы на каток, кН.

$$P_{mty} + RR_{кп.y} + RR_{оп.y} - RR_{п.1y} + RR_{п.2y} - RR_{п.3y} + RR_{кпп.y} - GG = 0, \quad (5)$$

P_{ty} – вертикальная составляющая силы тяги, кН;

$RR_{кп.y}$ – вертикальная составляющая реакции почвы на опорное колесо, кН;

$RR_{оп.y}$ – вертикальная составляющая реакции почвы на опорно-транспортное колесо, кН;

$RR_{п.1y}$ – вертикальная составляющая реакции почвы на плоскорежущие р.о. первого ряда, кН;

$RR_{п.2y}$ – вертикальная составляющая реакции почвы на плоскорежущие р.о. второго ряда, кН;

$RR_{п.3y}$ – вертикальная составляющая реакции почвы на плоскорежущие р.о. третьего ряда, кН;

$RR_{кпп.y}$ – вертикальная составляющая реакции почвы на каток, кН;

G – сила веса орудия, кН.

При установке емкости под удобрения на раме культиватора в уравнение 4 добавляется составляющая действия силы тяжести от массы емкости и удобрений $G_{бу}$.

Для решения уравнений 4 и 5 необходимо знать реакции почвы на опорные, опорно-транспортные колеса и прикатывающий каток. А так как расчетная схема является статически неопределимой, сделаем допущение, что вертикальные составляющие сопротивления глубоких рыхлителя от силы тяжести распределяются по опорным, опорно-транспортным колесам и прикатывающему катку пропорционально расположению их относительно точки прицепа. Поэтому составим уравнения суммы моментов сил и реакций относительно точки прицепа. Проведя подстановку и преобразования, получим уравнения для определения вертикальной составляющей реакции почвы на опорное колесо:

$$RR_{кп.y} = \frac{GGl_{GG} + 0,75RR_{п.хх}[(l_1 - HH_{cc}) + (l_2 - HH_{cc}) + (l_3 - HH_{cc})]}{l_{кп}(ff_{кп}rr_{кп} + l_{кп}) + l_{оп}(ff_{оп}rr_{оп} + l_{оп}) + l_{кпп}(ff_{кпп}rr_{кпп} + l_{кпп})} \quad (6)$$

$$RR_{кп.y} = \frac{GGl_{GG} + GG_{бу}l_{GG_{бу}} + 0,75RR_{п.хх}[(l_1 - HH_{cc}) + (l_2 - HH_{cc}) + (l_3 - HH_{cc})]}{l_{кп}(ff_{кп}rr_{кп} + l_{кп}) + l_{оп}(ff_{оп}rr_{оп} + l_{оп}) + l_{кпп}(ff_{кпп}rr_{кпп} + l_{кпп})} \quad (7)$$

где $l_G, l_1, l_2, l_3, l_{кп}, l_{оп}, l_{кпп}, l_{GG_{бу}}$ – расстояние от точки прицепа до расположения центра масс культиватора, рабочих органов, опорного, опорно-транспортного колес, прикатывающего катка и емкости с удобрениями;

$r_{кп}, r_{оп}, r_{кпп}$ – радиус опорного, опорно-транспортного колес и прикатывающего катка соответственно;

$f_{кп}, f_{оп}, f_{кпп}$ – коэффициент сопротивления перекачиванию опорного, опорно-транспортного колес и прикатывающего катка соответственно.

$G_{бу}$ – сила веса емкости с удобрениями, кН.

В уравнении (7) при установке емкости с удобрениями добавляется сила веса от воздействия емкости и удобрений $G_{бу}$.

Для проведения расчетов по уравнениям 4-7 необходимо знать реакцию почвы на рабочие органы и коэффициенты сопротивления перекачиванию опорного, опорно-транспортного колес и прикатывающего катка. Для этого были проведены полевые исследования на обработке парового и стернового поля с использованием лабораторной установки, рисунок 3.



Рисунок 3 – Лабораторно-полевая установка

По результатам полевых исследований получены показатели тягового сопротивления плоскорежущих рабочих органов на паровом и стерновом поле. Коэффициенты сопротивления перекачиванию опорных, опорно-транспортных колес и прикатывающего катка определялись по известной методики путем замера тягового сопротивления лабораторной установки в полной комплектации и по отдельности рабочих органов, опорных, опорно-транспортных колес и прикатывающего катка. Полученные результаты использовались при расчетах эффективности конструктивно-технологических схем агрегатов для внесения удобрений под плоскорезную обработку.

Условия проведения испытаний при полевых исследованиях определялись в соответствии с требованиями ГОСТ 20915 [10, с.3]. Агротехническая оценка проводилась в соответствии с требованиями ГОСТ 33736. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей СТ РК 1559 [11, с.9]. Энергетическая оценка проводилась в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52777 – 2007. Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки. Энергетическая оценка проводится одновременно с агротехнической оценкой.

Технико-эксплуатационные показатели определялись в соответствии с ГОСТ Р 52778-2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. Полученные данные экспериментальных исследований обработаны методом математической статистики с использованием компьютерной программы Excel.

Результаты и их обсуждение

Установлено, что коэффициенты сопротивления перекачиванию опорных, опорно-транспортных колес и прикатывающего катка различные, что объясняется разными условиями взаимодействия их с почвой. Наименьшее значение коэффициента сопротивления равное 0,10-0,12 имеют опорные колеса, которые перекачиваются по твердому не разрушенному слою, а наибольшее имеет прикатывающий каток, равный 0,23-0,25, взаимодействующий с разрыхленным слоем и производящий дополнительное крошение и уплотнение поверхностного слоя. Коэффициент сопротивления перекачиванию опорно-транспортных колес выше, чем опорных колес и равен 0,14-0,16. Аналогичные показатели по коэффициентам сопротивления перекачиванию приняты при расчетах сопротивления агрегатов, по формуле 1 сравниваемых конструктивно-технологических схем. Коэффициент сопротивления перекачиванию транспортной тележки с удобрениями по первой схеме принят равный 0,12, по второй схеме, когда транспортная тележка с удобрениями перекачивается по рыхлому основанию принят равный 0,21. Удельное тяговое сопротивление плоскорежущих рабочих органов на обработке парового поля составляет 7-9 кН/м, на стерновом поле выше и равно 9-11 кН/м.

С использованием результатов экспериментальных исследований по сопротивлению рабочих органов, опорных, опорно-транспортных колес и прикатывающего катка по формулам (4-7) проведены расчеты по обоснованию основных параметров культиватора. За критерий оценки приняты минимальное тяговое сопротивление и достаточная устойчивость хода по глубине обработки. Расчеты проведены для глубокорыхлителя в вариантах с емкостью и удобрениями и без емкости и удобрений. Исходные данные для расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

№п/п	Название параметра	Обознач.	Ед. измер.	Значения
1	Ширина захвата глубокорыхлителя	B	м	4,2
2	Ширина захвата катка.	B_k	м	4,4
3	Ширина рабочего органа.	B_p	м	0,6
4	Глубина обработки.	H	см	22-25
5	Скорость движения агрегата.	V	м/с	1,5-3,0
6	Количество рабочих органов.	Π_p	шт	7
7	Количество рядов установки.	Π_y	шт	3
8	Расстояния между рядами.	l	м	1,2
9	Масса глубокорыхлителя без емкости и удобрений.	$GG_{орудия}$	кг	4500
10	Масса емкости с удобрениями.	$GG_{бу}$	кг	4200
11	Сопротивление рабочего органа.	$RR_{п.1.x}$	кПа	8-11
12	Вертикальная составляющая сопротивления рабочего органа.	$RR_{п.1.y}$	кПа	1,75-2
13	Коэффициент сопротивления перекачиванию опорных колес.	$F_{ок}$		0.12
14	Коэффициент сопротивления перекачиванию катка.	F_n		0.25
15	Коэффициент сопротивления перекачиванию опорно-транспортных колес.	$F_{от}$		0,16

По результатам расчетов получены зависимости влияния параметров глубокорыхлителя на тяговое сопротивление и вертикальную догрузку на опорные, опорно-транспортные колеса и прикатывающий каток.

Установлено, что с увеличением длины прицепа вертикальная нагрузка на опорные колеса снижается. По критериям минимума тягового сопротивления и достаточной устойчивости хода по глубине обработки рациональными являются следующие параметры глубокорыхлителя: длина прицепа 3,1-3,5 м, рабочая ширина захвата к трактору тягового класса 5 4,2 м, опорные колеса должны располагаться на расстоянии 2,2-2,4 м от точки прицепа, опорно-транспортные колеса на расстоянии 4,3-4,5 м, прикатывающий каток на расстоянии – 5,7-6,0 м, первый ряд плоскорежущих рабочих органов на расстоянии – 2,8-3,0 м, третий ряд – на расстоянии 4,5-4,8 м, расстояние между первым и вторым рядом должно быть 1,0-1,2 м, высота стойки рабочего органа – 0,8 м, диаметр прикатывающего катка – 0,5 м, диаметры опорных и опорно-транспортных колес соответственно 0,75 и 1,0 м. Центр тяжести глубокорыхлителя должен располагаться на расстоянии 4,1-4,3 м, а емкость под удобрения – на расстоянии 3,8-4,0 м от точки прицепа.

Оптимальные параметры прикатывающего катка обоснованы ранее в трудах Дерепаскина А.И., Полищука Ю.В., Куваева А.Н., Токарева И.В., Иванченко П.Г.

Расчеты показали, что культиватор с обоснованными параметрами в агрегате с трактором тягового класса 5, на скорости движения 2,5 м/с, обеспечивает тяговое сопротивление без удобрений в пределах 46 кН. При этих параметрах будет обеспечиваться достаточная устойчивость хода по глубине обработки, так как вертикальная догрузка опорных колес составляет 8-12 кН, что выше минимального необходимого для почвообрабатывающих орудий 4,5 кН.

Установка бункера и заправка его удобрениями приводит к увеличению тягового сопротивления культиватора. Общая масса емкости с удобрениями составила 4200 кг. При этой дополнительной массе, тяговое сопротивление орудия возросло до 52 кН, т.е. тяговое сопротивление глубокорыхлителя увеличилось на 13%.

Расчеты по уравнениям 1 и 2 показали, что при общей массе транспортной тележки с удобрениями 9000 кг при массе удобрений 4500 кг тяговое сопротивление агрегата по первой схеме будет равно 56,8 кН, а по второй схеме 64,9. Таким образом установка емкость под удобрения на раму глубокорыхлителя позволяет снизить тяговое сопротивление, по сравнению с конструктивно-технологическими схемами при использовании прицепных емкостей под удобрения, на 9 и на 24 %.

Объем бункера под удобрения равный одному кубу выбран исходя из загрузки одного большого стандартного куля с удобрениями. Расчеты по уравнениям 3 и 7 показали, что при повышении объема бункера под удобрения до двух кубов, что соответствует двум стандартным кулям с удобрениями приводит к увеличению тягового сопротивления глубокорыхлителя на 18 %. При этом возрастает вертикальная нагрузка на опорно-транспортные колеса, что приводит к перегрузки их.

По обоснованным параметрам были изготовлен глубокорыхлитель и проведены его испытания в полевых условиях.

Полевые исследования проводились в летне-осенний период (август-сентябрь) в пос. Осиновка Костанайского района Костанайской области. В качестве энергетического средства использовался «Кировец» К-744. Вид агрегатов в работе представлен на рисунках 4 а, б.

Условия проведения испытаний в производственных условиях: фон поля – черный пар и скошенная стерня зерновых. Состояние обрабатываемого слоя в период исследований характеризовалось средними показателями, типичными для почв Северного Казахстана в летний период. Средняя твердость слоя 0-30 см составляла 3,4 МПа, а относительная влажность 20%.

Условия проведения производственных испытаний представлены в таблице 2.

Участок поля по механическому составу обрабатываемого слоя является типичным представителем почв северного региона Казахстана. Почвенный покров представлен в основном каштановыми и темно-каштановыми почвами, по механическому составу суглинки и тяжелые суглинки.

Таблица 2 – Условия проведения производственных испытаний

Почвенный слой	Влажность, %	Плотность, г/см ³	Твердость, МПа
0-5	20,72	1,10	0,31
5-10	22,26	1,08	1,3
10-15	23,16	1,24	3,52
15-20	23,38	1,24	3,67
20-25	23,90	1,34	3,35

Вид агрегата в рабочем положении на паровом поле и стерневом фоне представлен на рисунках 4 а, б.



а) вид в работе на паровом поле



б) вид в работе на стерневом поле

Рисунок 4 – Агрегат, состоящий из трактора «Кировец» К-735Ст и глубокорыхлителя для глубокой обработки и внесения минеральных удобрений в почву

Агротехническая оценка показала, что созданный образец глубокорыхлителя выполняет агротехнические требования по всем показателям (таблица 3).

Таблица 3 – Агротехнические показатели работы глубокорыхлителя на внесении удобрений

Показатели	По НД, ТУ	Значения показателей на пару	Значения показателей на стерне
Скорость движения, км/ч	7-10	8,5	8,5
Рабочая ширина захвата, м	4,2	4,1	4,2
Доза внесения заданная, кг/га	55	56	55
Неравномерность внесения по ширине захвата, %	±5,0	2	1,6
Неравномерность внесения по ходу движения, %	≤10,0	6,8	6,9
Глубина обработки, см	25	25,7	26
Фракционный состав почвы (крошение), % ; - до 50 мм, включительно; - свыше 150 мм.	≥60,0 0	66	65
Высота гребней, см	≤8,0	6,1	6,3

Энергетическая оценка проводилась одновременно с агротехнической оценкой. Результаты энергетической оценки представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Энергетическая оценка глубокорыхлителя на внесении минеральных удобрений

Показатели	Значения показателей на пару	Значения показателей на стерне
Рабочая ширина захвата, м	4,1	4,2
Рабочая скорость, км/ч	8,5	8,5
Часовой расход топлива, кг/ч	53	53
Производительность за час основного времени, га/ч		
Тяговое сопротивление, кН	51	53
Мощность, затрачивая на преодоления тягового сопротивления, кВт	131,4	130,5
Мощность, затрачиваемая на привод вентилятора, кВт	3	3

По результатам энергетической оценки установлено, что глубокорыхлитель удовлетворительно агрегируется с трактором К-744Р с двигателем мощностью 350 л.с. /га.

Результаты эксплуатационно-технологической оценки показали, что производительность за час основного, сменного и эксплуатационного времени соответственно составили 3,4, 2,6, 2.5 га/ч. Удельный расход топлива составил 16,3 кг/га, фактическая доза внесения удобрений с учетом перекрытия составила 47,3 при установочной норме 46 кг/га.

Данное исследование было профинансировано Комитетом промышленности Министерства промышленности и строительства Республики Казахстан в рамках программно-целевого финансирования по научно-технической программе «Разработка и совершенствование технических средств и технологического оборудования, обеспечивающих реализацию научно-обоснованных технологий производства продукции растениеводства» (ИРН программы № BR23992516).

Выводы и заключения

1. Составлены расчетные схема конструктивно-технологических схем агрегатов для внесения удобрений под плоскорезную обработку, проведены расчеты, которые показали, что по критерию минимума тягового сопротивления лучшей является схема, предусматривающая установку бункера под удобрения на раму глубокорыхлителя. Тяговое сопротивление при такой схеме снижается на 9 и 24% по сравнению с использованием прицепных бункеров под удобрения, устанавливаемых спереди и позади глубокорыхлителя.

2. Составлена расчетная схема глубокорыхлителя для подпочвенного внесения удобрений, получены уравнения для оценки параметров на тяговое сопротивление, проведено математическое моделирование и по критерию минимума тягового сопротивления обоснованы основные параметры глубокорыхлителя.

3. По обоснованным параметрам изготовлен глубокорыхлитель для подпочвенного внесения минеральных удобрений, проведены испытания в полевых условиях и получены агротехнические, энергетические и эксплуатационно-технологические показатели. Установлено, что созданный глубокорыхлитель обеспечивает выполнение качественных показателей обработки в соответствии с агротехническими требованиями.

ЛИТЕРАТУРА:

1. **Табашников, А.Т. Система критериев качества, надежности, экономической эффективности сельскохозяйственной техники** [Текст]: Инструктивно-методическое издание / А.Т. Табашников, В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, В.Г. Селиванов, В.Н. Кузьмин. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – С. 188.

2. **Нукешев, С.О. Технологические и технические решения проблемы ярусного дифференцированного внесения основной дозы удобрений** [Текст] / С.О. Нукешев // Стратегия развития российского аграрного образования и аграрной науки в 21 веке. Мат. Научно-практ. Конф., посв. 70-летию Уральской государственной с.х. академии. Часть 2. – Уральская ГСХА, 2010. – С. 54-59.

3. **Куваев, А.Н. Графо-аналитический метод определения напряжений в почвенном слое под действием двугранного клина** [Текст] / А.Н. Куваев, А.И. Дерпаскин, И.В. Токарев // Многопрофильный научный журнал Костанайского регионального университета имени Ахмет Байтұрсынұлы «3i: intellect, idea, innovation – интеллект, идея, инновация». – Костанай: КРУ имени Ахмет Байтұрсынұлы, 2024. – № 3. – 44-53 с. DOI: 10.52269/22266070_2024_3_44.

4. **Орудие для внутрпочвенного внесения гранулированных минеральных удобрений под безотвальную обработку** [Текст]: Патент № 35255 KZ МПК A01C 7/00 (2006.01), A01C 15/04/ Дерпаскин А.И., Токарев И.В., Куваев А.Н., Морозов Н.М.; заявл. 23.06.2020; опублик. 27.08.2021, Бюл. №34.

5. **Кычев, В.Н. Повышение производительности машинно-тракторных агрегатов на основе эффективного использования установленной мощности двигателя энергонасыщенных тракторов** [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В.Н. Кычев. – Челябинск: ЧАПУ, 1997. – 40 с.

6. **Красовских, В.С. Безразмерная эксплуатационная потенциальная характеристика комбинированного почвообрабатывающего агрегата** [Текст] / В.С. Красовских, В.В. Щербини, В.В. Лакшинский // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 1. – С. 132-139.

7. **Kuvaev, A.N. Justification of cultivator fertiliser configuration scheme** [Text] / A.N. Kuvaev, A.I. Derpaskin, Yu.A. Polichshuk, Yu.A. Binyukov, I.V. Tokarev, P.G. Ivanchenko // Acta Technologica Agriculturae. – 2024. – Volume 3. – pp.155-160.

8. **Культиватор-плоскорез-глубокорыхлитель КПГ-2,2-05** / Рекламный проспект фирмы «Холланд ГРУПП Ростов». Россия, Ярославская обл., г.Ростов. – [Электронный ресурс] URL: https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_01d79328-1231-4953-84e9-6d85d6d40f7a (25.02.2025 года)

9. **Kuvaev, A. Substantiation of the working width of the tillage implement** [Text] / A. Kuvaev, A. Derpaskin, I. Tokarev // Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendeliana brunensis. – 2021. – Vol. 69. – pp. 21-31.

10. **Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний** [Текст]: ГОСТ 20915 – 2011. – Введ. 2013-01-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 28 с.

11. **Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей** [Текст]: СТ РК 1559 – 2006. – Введ. 2006-11-24. – Астана: Комитет по техническому регулированию и метрологии Министерства индустрии и торговли республики Казахстан, 2006. – 32 с.

REFERENCES:

1. Tabashnikov A.T., Fedorenko V.F., Buklagin D.S., Selivanov V.G., Kuzmin V.N. **Sistema kriteriev kachestva, nadezhnosti, e'konomicheskoy e'ffektivnosti sel'skohozyajstvennoj tehniki** [System of criteria for quality, reliability, and economic efficiency of agricultural machinery]. Moscow, FGNU Rosinformagroteh, 2010, 188 p. (In Russian)
2. Nukeshev S.O. **Tehnologicheskie i tehicheskie resheniya problemy' yarushnogo differencirovannogo vneseniya osnovnoj dozy' udobrenij** [Process and technical solutions to the problem of tiered differentiated application of the main dose of fertilizers]. Ural'skaya GSHA, 2010, pp. 54-59. (In Russian)
3. Kuvaev A.N., Derpaskin A.I., Tokarev I.V. **Grafo-analiticheskij metod opredeleniya napryazhenij v pochvennom sloe pod dejstviem dvugrannogo klina** [Graph-analytical method for determining stresses in a soil layer exposed to dihedral wedge]. *3i: intellect, idea, innovation*, 2024, no. 3, pp. 44-53. DOI: 10.52269/22266070_2024_3_44. (In Russian)
4. **Orudie dlya vnutripochvennogo vneseniya granulirovanny'h mineral'ny'h udobrenij pod bezotval'nyyu obrabotku** [Tool for subsurface application of granulated mineral fertilizers under nonmoldboard cultivation]. Patent KZ № 35255. (In Russian)
5. Kychev V.N. **Povy'shenie proizvoditel'nosti mashinno-traktorny'h agregatov na osnove e'ffektivnogo ispol'zovaniya ustanovlennoj moshhnosti dvigatelya e'nergonasyshhenny'h traktorov** [Increasing the productivity of machine and tractor units based on the efficient use of the installed engine power of energy-saturated tractors]. Abstract of PhD thesis, Chelyabinsk, ChAPGU, 1997, 40 p. (In Russian)
6. Krasovskih V.S., Shherbini V.V., Lakshinskij V.V. **Bezrazmernaya e'kspluatatsionnaya potencial'naya harakteristika kombinirovannogo pochvoobrabaty'vayushhego agregata** [Dimensionless operational potential characteristic of a combined tillage unit]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015, no. 1, pp. 132-139. (In Russian).
7. Kuvaev A.N., Derpaskin A.I., Polichshuk Yu.A. et al. **Justification of cultivator fertiliser configuration scheme**. *Acta Technologica Agriculturae*, 2024, vol. 3, pp.155-160.
8. **Kul'tivator-ploskorez-glubokory'hritel' KPG-2,2-05** [Cultivator – subsurface cultivator – deep-tiller KPG-2.2-05]. Reklamny'j prospekt firmy' «Holland GRUPP Rostov». Russia, Yaroslavskaya obl., Rostov, available at: https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_01d79328-1231-4953-84e9-6d85d6d40f7a (accessed 25 February 2025). (In Russian)
9. Kuvaev A., Derpaskin A., Tokarev I. **Substantiation of the working width of the tillage implement**. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis*, 2021, vol. 69, pp. 21-31.
10. **Sel'skohozyajstvennaya tehnika. Metody' opredeleniya uslovij ispy'tanij** [Agricultural machinery. Methods for determining test conditions]. GOST 20915, 2011, date of implementation 2013-01-01. Moscow, Standartinform, 2013, 28 p. (In Russian)
11. **Ispy'taniya sel'skohozyajstvennoj tehniki. Mashiny' i orudiya dlya poverhnostnoj obrabotki pochvy'. Metody' ocenki funkcional'ny'h pokazatelej** [Testing of agricultural machinery. Machines and tools for surface tillage. Methods of evaluation of functional indicators]. ST RK 1559, 2006, date of implementation 2006-11-24, Astana, Komitet po tehicheskomu regulirovaniyu i metrologii Ministerstva industrii i torgovli respubliky Kazakhstan, 2006, 32 p. (In Russian).

Сведения об авторах:

Дерепаскин Алексей Иванович – доктор технических наук, главный научный сотрудник, Костанайский филиал ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», Республика Казахстан, 110011, г. Костанай, пр. Абая, 34, тел.: 8(7142)55-81-46, e-mail: a.derepaskin48@mail.ru.

Куваев Антон Николаевич – доктор философии (PhD), заведующий лабораторией механизации растениеводства, Костанайский филиал ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», Республика Казахстан, 110011, г. Костанай, пр. Абая, 34, тел.: 8(7142)55-81-46, e-mail: kuvaevanthon@yandex.ru.

Кравченко Руслан Иванович* – доктор философии (PhD), и.о. заведующего кафедрой аграрной техники и транспорта, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, пр. Абая, 28, корпус 3, тел.: +7-702-929-85-76, e-mail: ruslan_kravchenko_15@mail.ru.

Токарев Иван Владимирович – магистр сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, Костанайский филиал ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», Республика Казахстан, 110011, г. Костанай, пр. Абая, 34, тел.: 8(7142)55-81-46, e-mail: Tokarev_Ivan.V@mail.ru.

Дерепаскин Алексей Иванович – техника ғылымдарының докторы, «Агроинженерия ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС Қостанай филиалының бас ғылыми қызметкері, Қазақстан Республикасы, 110005, Қостанай қ, Абай даңғ, 34, тел.: 8(7142)55-81-46, e-mail: a.derepaskin48@mail.ru.

Куваев Антон Николаевич – философия докторы (PhD), өсімдік шаруашылығын механикаландыру зертханасының меңгерушісі, «Агроинженерия ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС Қостанай филиалы, Қазақстан Республикасы, 110005, Қостанай қ., Абай даңғ, 34, тел.: 8(7142)55-81-46, e-mail: kuvaevanthon@yandex.ru.

Кравченко Руслан Иванович* – философия докторы (PhD), «Аграрлық техника және көлік» кафедрасы меңгерушісінің м.а., «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000, Қостанай қ., Абай даңғ, 28, 3 ғимарат, тел.: +7-702-929-85-76, e-mail: ruslan_kravchenko_15@mail.ru.

Токарев Иван Владимирович – ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, ғылыми қызметкер, «Агроинженерия ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС Қостанай филиалы, Қазақстан Республикасы, 110005, Қостанай қ., Абай даңғ, 34, тел.: 8(7142)55-81-46, e-mail: Tokarev_Ivan.V@mail.ru.

Derepaskin Alexey Ivanovich – Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Kostanay Branch of Agricultural Engineering Research and Production Center LLP, Republic of Kazakhstan, 110005, Kostanay, 34 Abai Ave, tel.: 8(7142)55-81-46, e-mail: a.derepaskin48@mail.ru.

Kuvayev Anton Nikolayevich – PhD, Head of the Laboratory of the Mechanization of Crop Production, Kostanay Branch of Agricultural Engineering Research and Production Center LLP, Republic of Kazakhstan, 110005, Kostanay, 34 Abai Ave., tel.: 8(7142)55-81-46, e-mail: kuvaevanthon@yandex.ru.

Kravchenko Ruslan Ivanovich* – PhD, acting Head of the Department of agricultural machinery and transport, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28 Abai Ave., bld. 3, tel.: +7-702-929-85-76, e-mail: ruslan_kravchenko_15@mail.ru.

Tokarev Ivan Vladimirovich – Master of Agricultural Sciences, Researcher, Kostanay Branch of Agricultural Engineering Research and Production Center LLP, Republic of Kazakhstan, 110005, Kostanay, 34 Abai Ave., tel.: 8(7142)55-81-46, e-mail: Tokarev_Ivan.V@mail.ru.

УДК 633.85

МРНТИ 68.35.37

<https://doi.org/10.52269/RWEP2521104>

РАЗРАБОТАТЬ И УСОВЕРШЕНСТВОВАТЬ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ АДАПТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИИ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

Жапаев Р.К. – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий лабораторией «Земледелие», «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства», с. Алмалыбак, Республика Казахстан.

Куныпияева Г.Т. – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории «Земледелие», «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства», с. Алмалыбак, Республика Казахстан.

Жалпарова А.А.* – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Почвоведение, агрохимия и экология», НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», г. Алматы, Республика Казахстан.

Есеева Г.К. – ЧУ «Костанайский инженерно-экономический университет им. М.Дулатова», г. Костанай, Республика Казахстан.

В последние годы во многих странах мира широкое распространение получила ресурсосберегающая технология, в том числе минимальная и нулевая. В настоящее время в условиях рыночной экономики, когда отмечается рост цен на энергоносители и поливную воду, все это делают технологии высокзатратными, что негативно сказывается на экономической эффективности производства.

Многие фермерские хозяйства используют все еще традиционную технологию возделывания, при котором количество применяемых элементов технологии составляют 14-16 операций. Все это сказывается на рентабельности производства зерна. В связи с этим по результатам предыдущих исследований установлена эффективность гребневого способа посева сои на постоянных гребнях, где урожайность колебалась в пределах 20-29 ц/га. Однако, возникает необходимость в усовершенствовании ресурсосберегающей гребневой технологии возделывания, с изучением новых сортов сои, на основе минимальной и нулевой обработок почвы, где будут использованы основные 5-10 элементов традиционных технологий (посев, внесение минеральных удобрений, обработка гербицидом, полив, уборка). При этом рентабельность производства увеличится на 20-40% по сравнению с традиционной технологией.

Ключевые слова: способ обработки почвы, водно-физические свойства, экономическая эффективность, соя, урожайность.