

УДК 631.331.8

ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ С ФРЕЗЕРНЫМИ БОРОЗДОВСКРЫВАТЕЛЯМИ ДЛЯ ПРЯМОГО ПОСЕВА СЕМЯН ТРАВ В ДЕРНИНУ

Дёмшин С. Л., доктор технических наук, доцент¹

E-mail: sergdemshin@mail.ru

Савиных П. А., доктор технических наук, профессор¹

E-mail: peter.savinyh@mail.ru

Исупов А. Ю., кандидат технических наук, доцент¹

E-mail: isupoff.aleks@yandex.ru

Гайдидей С. В., старший преподаватель²

E-mail: sgajdidej@mail.ru

Дёмшин К. С., аспирант¹

E-mail: mk11409@yandex.ru

¹Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого,
г. Киров, Россия

²Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина,
г. Вологда, Россия

Аннотация

Прямой полосной посев семян бобово-злаковых трав в дернину природных кормовых угодий с механическим разрушением фрезерными бороздовскрывателями дернинных сеялок в ней полосы шириной, обеспечивающей успешное развитие всходов без химического подавления аборигенных биоценозов, является наиболее перспективным методом рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель для последующего использования в системе органического земледелия. Выполнен краткий обзор конструкций наиболее известных технических средств прямого полосного посева в дернину, изучены результаты испытаний и производственного использования. В процессе анализа рассмотренной техники выявлены основные недостатки фрезерных бороздовскрывателей и сошниковых групп дернинных сеялок, рассмотрены перспективные решения по повышению их эффективности и надежности при возможной эксплуатации в условиях рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель для последующего использования в системе органического земледелия.

Ключевые слова: прямой полосной посев, дернинная сеялка, фрезерный бороздовскрыватель, обзор конструкций, рекультивация кормовых угодий, органическое земледелие

DESIGNS OVERVIEW AND PROSPECTS FOR DEVELOPING TECHNICAL MEANS WITH MILLING FURROWERS FOR DIRECT SOWING OF GRASS SEEDS INTO THE SOD

Demshin S. L., doctor of technical sciences, associate professor¹

E-mail: sergdemshin@mail.ru

Savinykh P. A., doctor of technical sciences, professor¹

E-mail: peter.savinyh@mail.ru

Isupov A. J., candidate of technical sciences, associate professor¹

E-mail: isupoff.aleks@yandex.ru

Gaididei S. V., senior lecturer²

E-mail: sgajdidej@mail.ru

Demshin K. S., post-graduate student¹

E-mail: mk11409@yandex.ru

¹Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russia

²Vologda State Dairy Farming Academy by N. V. Vereshchagin, Vologda, Russia

Annotation

Direct strip sowing of legume and cereal grass seeds into the sod of natural forage lands with mechanical destruction by milling furrowers of sod seeders of the strip width that ensures the successful development of seedlings without chemical suppression of native biocenoses is the promising method of recultivating degraded forage lands and fallow lands for their subsequent use in the organic farming system. A brief overview of the designs of the most well known technical means of direct strip sowing in the sod has been performed, and the results of their testing and industrial use have been studied. In the process of analyzing the considered technique, the main disadvantages of milling furrowers and coulter groups of sod seeders have been identified, promising solutions for improving their efficiency and reliability during possible operation in the conditions of reclamation of degraded forage lands and fallow lands for their subsequent use in the organic farming system have been considered.

Keywords: direct strip sowing, sod seeder, milling furrower, design overview, forage land reclamation, organic farming

Введение. Природно-климатические условия Евро-Северо-Востока РФ не позволяют гарантированно получать высокие урожаи зерновых и технических культур, при этом в сельском хозяйстве преобладает производство животноводческой продукции. Одним из перспективных направлений развития сельского хозяйства региона является увеличение доли сельскохозяйственного производства, соответствующего требованиям органического земледелия [1, 2, 3]. Для устойчивого функционирования хозяйств, работающих в мясо-молочном и молочном животноводстве, необходимо создание надежной кормовой базы, которая в состоянии гарантированно обеспечить экологически чистыми кормами полноценный, сбалансированный по содержанию питательных веществ рацион кормления животных. Регион обладает обширными площадями деградированных природных кормовых угодий и залежных земель, потенциал которых достаточен для полного обеспечения животноводства экологически чистыми кормами. Рекультивация большинства из них не требует проведения полного цикла культуртехнических работ, что позволяет ввести их

в производственный оборот после проведения работ по восстановлению продуктивности и улучшению ботанического состава травостоев сравнительно быстро и недорого [4, 5].

При этом необходимо учитывать, что традиционные технологии коренного и поверхностного улучшения природных кормовых угодий требуют либо больших затрат энергии, труда и материально-технических ресурсов, либо не гарантируют должную степень повышения продуктивности. Так, при коренном улучшении, в основном проводимом совместно с мелиоративными работами и работами по расчистке площадей от кустарниковой растительности, полностью разрушается естественный травостой и создаётся новый путем высева семян трав во вспаханную почву. При поверхностном улучшении проводится обработка дернины с целью оптимизации водного, воздушного и пищевого режима, улучшается состав травостоя, но оно эффективно при наличии в нем более 35-45 % ценных видов кормовых трав. При меньшем проценте наличия ценных видов кормовых трав в травостое и при плотнокустовой стадии дернины его проводить нецелесообразно [6, 7, 8, 9].

За рубежом, в странах с высокоразвитым сельскохозяйственным производством, для повышения продуктивности лугов и пастбищ наиболее распространены технологии минимальной обработки, совмещающие прямой посев семян трав сеялками с дисковыми, анкерными или чизельными сошниками, которые формируют в дернине узкую щель для высева семян в почву и проводят одновременную обработку аборигенного травостоя гербицидами для снижения конкуренции за факторы среды, что не вполне подходит к применению в местных условиях и не соответствует требованиям органического земледелия.

Перспективной альтернативой является полосной посев семян бобово-злаковых трав в дернину природных кормовых угодий с механическим разрушением бороздовскрывателями сеялок на основе дисковых фрез в дернине полосы шириной, обеспечивающей успешное развитие всходов без химического подавления аборигенных биоценозов [10, 11, 12, 13]. Результаты исследований и опыт производственного использования показали, что при правильном применении прямой полосной посев обладает высокой эффективностью при минимальных капитальных вложениях, значительно снижает затраты энергии, семян, рабочего времени, а также экологически безопасен. Для осуществления технологии разработано достаточно большое количество различных конструкций агрегатов и сеялок с дисковыми бороздовскрывателями в качестве сошников [14, 15, 16, 17]. Такие технологии достаточно редко используются в странах с развитым сельским хозяйством, где в большинстве случаев они применяются на территориях с холодным климатом, препятствующим своевременному разложению органических остатков, что формирует дерновый слой значительной толщины.

Прямой полосной посев семян трав в дернину разработан для применения на лугах и пастбищах, поддерживаемых в продуктивном состоянии, поэтому для эффективного использования на деградированных кормовых угодьях и залежных землях его агротехника должна быть адаптирована к новым условиям, как и конструкция дернинных сеялок. В связи с этим совершенствование конструкции, оптимизация параметров и режимов работы рабочих органов дернинных сеялок, позволяющих наиболее полно реализовать потенциал данной технологии в более сложных условиях эксплуатации, являются актуальными. Правильный выбор направления будущих исследований невозможен без детального анализа уже существующих технологий и технических средств для осуществления полосного посева семян бобово-злаковых трав в дернину, а также определения возможных перспектив их дальнейшего развития применительно к использованию при рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель в системе органического земледелия.

Цель исследования – выявить тенденции и перспективы развития технологии и конструкций технических средств прямого полосного посева семян бобово-злаковых трав в дернину, в том числе при рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель для последующего использования в системе органического земледелия.

Материал и методы. В качестве материала для проведения обзора технических средств для восстановления и повышения продуктивности кормовых угодий путем прямого полосного посева семян трав в дернину использовались результаты исследований отечественных и зарубежных учёных, опубликованные в периодической печати, сборниках материалов конференций и представленные в открытом доступе на интернет-ресурсах, а также данные испытаний техники на машинно-испытательных станциях и рекламные проспекты её производителей. Поиск материала, помимо классических методов в виде изучения библиографических баз данных, проводился путем мониторинга научных электронных библиотек с поисковыми системами Web of Science, Scopus, eLIBRARY, Cyberleninka, ЭБС Лань, Google Scholar и т. п.

Обзор технических средств выполнен в хронологическом порядке, т. е. изложение материала проведено последовательно по времени разработки и внедрения машин в сельскохозяйственное производство, при этом основное внимание сделано на технологических и конструктивных особенностях рассматриваемых машин. На его основе проведен сравнительный анализ конструкций технических средств прямого полосного посева семян трав в дернину с активными бороздовскрывателями, основным критерием которого являлось выявление возможности их использования при рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель для последующего использования в системе органического земледелия.

Основная часть. В настоящее время основным направлением в кормопроизводстве является восстановление продуктивности природных кормовых угодий на основе технологий минимальной обработки почвы. Большинство из наиболее распространенных агротехнических приёмов можно свести к трем направлениям: совмещение нескольких технологических операций и приёмов в одном рабочем процессе; обработку той части угодий, где непосредственно располагаются высеваемые семена при необрабатываемых междурядьях; посев в механически необработанную почву специальными сеялками с химическим подавлением аборигенной растительности [18, 19]. За рубежом для восстановления продуктивности лугов и пастбищ наиболее часто применяются технологии, совмещающие прямой посев семян трав сеялками с пассивными сошниками, которые формируют в дернине узкую щель для высева семян в почву, и одновременную обработку аборигенного травостоя гербицидами для снижения конкуренции за факторы среды. Данный выбор как технологии, так и технических средств для прямого посева во многом обусловлен природно-климатическими условиями сельскохозяйственного производства и высоким уровнем развития химической промышленности и биотехнологий в совокупности со внешним стимулированием внедрения их достижений в практическое применение. Технологии минимальной обработки в кормопроизводстве, будучи альтернативой технологиям коренного и поверхностного улучшения, позволяют совместить низкие энергозатраты на проведение поверхностного улучшения с высокой эффективностью коренного улучшения. Данные технологии обеспечивают существенное снижение расхода семян (более 2 раз) и ГСМ (в 2–4 раза) при увеличении урожайности и улучшении качества кормов [20, 21]. Основным недостатком таких технологий является применение химической обработки аборигенного травостоя гербицидами, что имеет высокую стоимость и небезопасно с экологической точки зрения, а также выводит обработанные таким способом кормовые угодья на срок до трех лет из земель сельскохозяйственного назначения, пригодных для выращивания продукции, соответствующей требованиям экологического земледелия.

Основным отличием технологии прямого полосного посева семян трав в дернину является механическое полосное разрушение дернины сеялками и агрегатами с активными сошниками с последующим высевом семян трав в обработанные полосы, зачастую совместно с внесением минеральных удобрений, и прикатыванием. Применение сеялок с активными сошниками, чаще всего в виде фрезерных бороздовскрывателей, позволяет добиться ослабления ценотических связей в травостое за счет механического разрушения полосы

дернины, т. е. дает возможность заменить или существенно ограничить применение ядохимикатов различными приемами механического воздействия на дернину. Такие технологии достаточно редко используются в странах с развитым сельским хозяйством, что связано с небольшими площадями естественных кормовых угодий, благоприятными природно-климатическими условиями для приживаемости культивируемых растений и достаточно высокой стоимостью дернинных сеялок с активными сошниками. В большинстве случаев они применяются на территориях с холодным климатом, препятствующим своевременному разложению органических остатков, что формирует дерновый слой значительной толщины. Данные машины механически обрабатывают полосы шириной от 2 до 15 см, что соответствует условиям работы, для применения в которых они были разработаны. Некоторые из них, с фрезами небольшой рабочей ширины захвата, имеют возможность совместного внесения гербицидов, что должно компенсировать недостаточную ширину механической обработки.

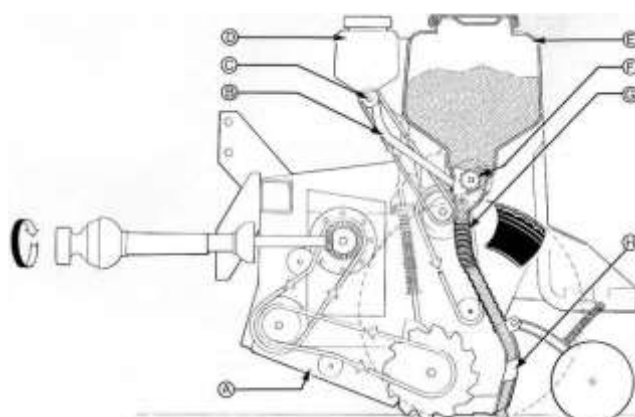
Для объективного анализа конструкций технических средств для прямого полосного посева семян в дернину в процессе выбора перспективного направления их модернизации с целью использования в качестве основы агрегата для рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель с последующим использованием в системе органического земледелия необходимо обратиться к наиболее знаковым разработкам.

За рубежом наиболее известной сеялкой для посева семян трав в дернину с бороздовскрывателями на базе дисковых фрез является сеялка John Deere 1500 POWR-TILL (США), производимая с 70-х годов прошлого века (рисунок 1). Предназначена для восстановления пастбищных угодий путем прямого полосного посева трав, зерновых или бобовых культур [22]. Технические характеристики сеялки приведены в таблице 1.

Сеялка John Deere 1500 POWR-TILL является навесной машиной с приводом фрезерных рабочих органов от ВОМ трактора. Основой почвообрабатывающей части являются шесть фрезерных секций, шарнирно установленных на центральном приводном валу. Каждая из них оснащена двумя режущими дисками (дисковыми фрезами) Ø 305 мм и толщиной 6,4 мм с зубьями в виде твердосплавных напаек, которые в процессе работы, вращаясь в направлении движения МТА с частотой 740 мин⁻¹, нарезают борозды шириной 18...25 мм с междурядиями, равными 200 мм. Последовательно за дисковыми фрезами на секциях установлены пластиковые прикатывающие катки Ø 255 мм. Давление катков на почву регулируется давлением пружин нажимных штанг.



а



б

Рисунок 1. Сеялка John Deere 1500 POWR-TILL (США):

а – общий вид; б – конструктивная схема сеялки

(А) – дисковая фреза; (В) – семяпровод; (С), (F) – высевочные аппараты для семян и туков; (D), (E) – бункеры для семян и зерна; (G) – зерносемяпровод; (H) – семянаправитель

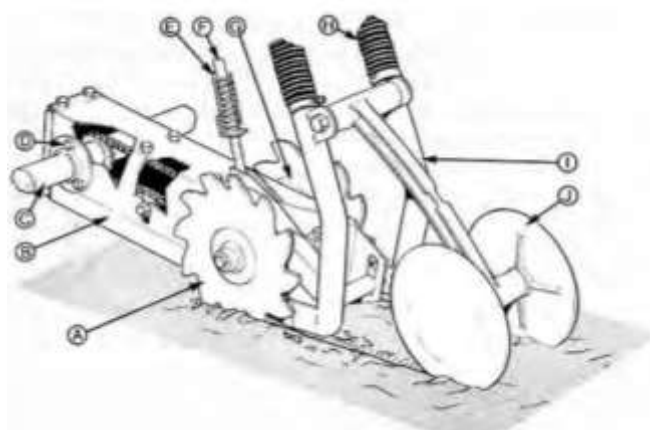
Источник: составлено авторами по материалам испытаний [23].

**Таблица 1. технические характеристики сеялки
John Deere 1500 POWR-TILL**

Показатель	Значение
Ширина захвата, м	2,44
Число рядов	12
Ширина междурядья, см	20
Глубина посева, см	1,9...5,7
Емкость бункеров для зерна/трав, дм ³	350 / 90
Посевной сошник	приводная дисковая фреза
Рабочая скорость, км/ч	6...8
Потребляемая мощность, кВт	84
Масса, кг	810
Габаритные размеры (высота х длина х ширина), мм	1270 х 1345 х 3025

Посевная часть сеялки состоит из бункеров для зерна и семян трав, объемом соответственно 350 и 90 дм³, которые оснащены высевальными аппаратами катушечного типа с регулируемой длиной рабочей части катушек. Высевальные аппараты соединены резиновыми гофрированными тукопроводами с воронками семянаправителей (рисунок 2). Семянаправители выполнены в виде сдвоенного блока направляющих труб, концы которых оснащены наральниками. Регулировка глубины заделки семян выполняется изменением положения семянаправителей относительно корпуса привода фрезерной секции по вертикали.

Привод высевальных аппаратов осуществляется от опорно-приводного колеса посредством цепных передач и обеспечивает норму высева зерновых культур в диапазоне 5-48 кг/га, семян трав – 1,5-13,0 кг/га. Дисковые фрезы, приводимые во вращение крутящим моментом ВОМ трактора, измельчают узкие полосы дернины, в которые высевальными аппаратами из зернового или травяного бункера посредством семяпроводов и семянаправителей подаются семена. Для повышения контакта высеванных семян с почвой полосы уплотняются катками. Сеялка может быть дополнительно оснащена емкостью и оборудованием для опрыскивания гербицидами полосы дернины вдоль бороздки для подавления конкурентного воздействия на всходы со стороны аборигенной растительности.



а



б

Рисунок 2. Сошниковая группа сеялки John Deere 1500 POWR-TILL:

а – конструктивная схема, б – общий вид

(А) – дисковая фреза, (В) – корпус привода, (С) – приводной вал, (D) – подшипниковая опора, (Е) – пружина прижимная, (F) – штанга, (G) – ограничитель глубины обработки,

(H) – тукосемяпровод, (I) – тукосемянаправитель, (J) – каток

Источник: составлено авторами по материалам испытаний [23].

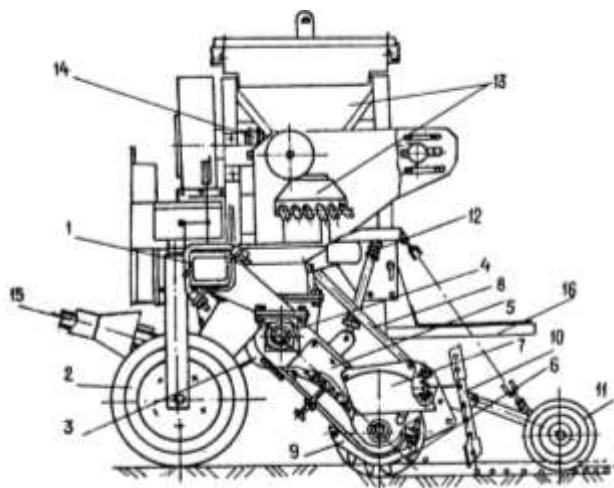
По результатам испытаний сеялки John Deere 1500 POWR-TILL выявлено, что полосная обработка почвы выполняется надежно и с высоким качеством при условии предварительного подкашивания травостоя. Скорость сеялки зависела от условий работы: на относительно ровных полях составляла до 10 км/ч, на пересеченной местности – около 5 км/ч. Производительность варьировалась от 0,3 до 1,3 га/ч. Максимальная потребляемая мощность при посеве на глубину 45 мм на глинистых почвах достигала 70 кВт при движении со скоростью 10 км/ч. Средняя потребляемая мощность при посеве на глубину 25 мм со скоростью 10 км/ч равнялась 30-40 кВт. Износ дисковых фрез был значительным на песчаных почвах и умеренным на глинистых, а также при наличии камней. Фрезы сохраняли работоспособное состояние в течение 20-35 часов работы на абразивных почвах при посеве на площади от 30 до 40 га [23].

Глубина заделки семян зависит от объема почвы, попадающего обратно в борозду после измельчения фрезой. На твердых тяжелых почвах семена падают на дно борозды, тогда как на рыхлых песчаных почвах они заделывались на меньшую глубину. В большинстве случаев все семена высевались узкой лентой непосредственно в борозду. Прикатывающие катки эффективно заделывают семена, состояние почвы и рельеф незначительно влияет на их работу. Изучение приживаемости всходов показало, что для прямого посева трав в сформировавшийся травостой необходимо снизить конкуренцию со стороны аборигенной растительности на начальных этапах прорастания. В противном случае опыт показал практически полное отсутствие всходов через 75 дней после посева. В качестве способа снижения негативного влияния существующего травостоя требуется проведение перед посевом дискования дернины или использование гербицидов. В комплектацию сеялки входит оборудование для опрыскивания посевов, которое включает устанавливаемые перед каждой фрезой распылители, обрабатывающие гербицидом полосы шириной 100 мм, что оставляет чередующиеся участки неопрысканного травостоя шириной 100 мм среди дефолированных полос.

В середине 80-х годов ЦНИИМЭСХ и Белорусской СХА разработана опытная сеялка для подсева трав в дернину МД-3,6, состоящая из бункера для семян, шести секций почвофрез с сошниками для высева семян и пневматической высевальной системы (рисунок 3).



а



б

Рисунок 3. Общий вид (а) и конструктивная схема (б) машины для полосного подсева семян трав в дернину МД-3,6:

- 1 – рама; 2 – опорное колесо; 3 – редуктор; 4 – трансмиссионный вал; 5 – секция; 6 – фреза;
7 – кожух; 8 – подвес секции; 9 – опорные лыжи; 10 – сошники; 11 – каток; 12 – нажимные штанги;
13 – пневмомеханическая высевальная система; 14 – привод вентилятора;
15 – карданный вал; 16 – подножка

Источник: составлено авторами по материалам работ ЦНИИМЭСХ и Белорусской СХА [24].

Фрезерная часть сеялки состоит из секций, каждая из которых представляет цепной редуктор, шарнирно установленный на трансмиссионном валу, передающим вращение от ВОМ трактора. На ведомом валу редуктора установлено по два фрезерных диска с шестью двухсторонне закрепленными ножами. Секция при работе опирается на полозок и накрыта кожухом. В задней части кожуха установлены сошники для высева семян [24].

В процессе работы дисковые фрезы нарезают в дернине бороздки глубиной 25-30 мм, шириной 30 мм и с междурядьями 225 мм. Поток измельченной почвы заделывает семена на глубину 10-15 мм. Далее бороздки прикатываются катками. При закладке полевых опытов опрыскивание травостоя многолетних трав гербицидами было заменено стравливанием животным злаковым трав при их отрастании на 10-12 см.

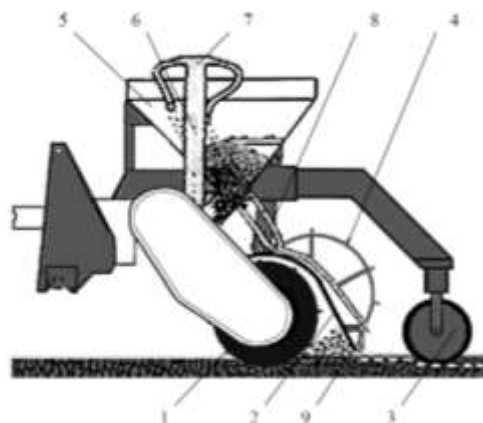
При эксплуатации машины МД-3,6 выявлены следующие недостатки: малая ширина фрезеруемых бороздок (40 мм) при излишне широких междурядьях (300 мм), недостаточное измельчение дернины и низкое качество прикатывания, а также сложная конструкция привода фрез. Также опыт производственной эксплуатации машин МД-3,6 свидетельствует, что при такой ширине фрезеруемых полос необходимо дополнительно применять гербициды в небольшой дозе (2 л/га), чтобы тормозить развитие исходного травостоя в период укоренения бобовых трав и развития их до фазы розетки.

Исследованиями белорусских ученых установлено, что без применения гербицидов благоприятные условия прорастания семян бобовых трав, высеваемых в дернину, создаются при ширине обработанной полосы 80-100 мм, глубине фрезерования 20-60 мм, высева в нее семян трав на глубину 5-10 мм и прикатывании для создания надежного контакта семян с почвой.

Дальнейшим развитием сеялки МД-3,6 на основе результатов исследований и практики использования стала машина для полосного посева семян трав в дернину МТД-3,0 [24, 25, 26], разработанная РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Машина МТД-3 (рисунок 4) состоит из рамы с навеской, фрезбарабана, опорных колес, привода фрезбарабана, прикатывающего катка, пневматической высевающей системы, привода дозатора высевающей системы и системы электрооборудования (таблица 2).



а



б

Рисунок 4. Машина для полосного подсева семян трав в дернину МТД-3,6:

а – общий вид; б – конструктивно-технологическая схема сеялки

1 – дисковая фреза; 2 – защитный кожух; 3 – каток; 4 – колесо приводное; 5 – бункер для семян; 6 – эжекторная труба; 7 – распределитель; 8 – семяпровод; 9 – семянаправитель

Источник: составлено авторами по материалам исследований РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» [24, 25, 26].

Таблица 2. Основные технические характеристики машины полосного подсева МТД-3

Показатель	Значение
Ширина захвата, м	3,0
Число рядов	12
Норма высева семян, кг/га	5,0...15,0
Ширина обрабатываемых полос, см	8±2
Глубина обработки в полосах, см	3...8
Глубина заделки семян, см	не менее 0,5
Рабочая скорость, км/ч	3,5...6,0
Агрегируется с трактором класса	2,0 (Беларус 1221)
Производительность за основное время, га/ч	1,1...1,8
Масса, кг	1350
Габаритные размеры (высота х длина х ширина), мм	2500 х 3800 х 2000

Фрезерный барабан выполнен в виде трубы с фланцами, на которых установлены двенадцать дисков с ножами в виде сегментных ножей. Крепится в подшипниковых опорах, закрепленных на подвижной рамке, что предотвращает поломки фрез при встрече с препятствиями. Каток производит прикатывание почвы в обработанных полосах для обеспечения должного соприкосновения семян с почвой. Состоит из собранных на общем валу обрешиненных прикатывающих колес. Пневматическая высевающая система состоит из бункера, дозатора, вентилятора пневматического, распределителя, семяпроводов и высевающих трубок. Привод дозатора высевающей системы обеспечивает синхронное вращение высевающей катушки с поступательной скоростью движения машины.

При движении машины дисковые фрезы барабана, вращаясь попутно движению, прорезают в дернине полосы. Измельчённая почва, выбрасываемая фрезерными дисками, отражаясь от защитного кожуха фрезы, направляется на дно обрабатываемой полосы.

Катушка дозатора бункера семян приводится во вращение через механизм привода от приводного колеса, подавая семена трав из бункера в эжекторную трубу, откуда они транспортируются воздушным потоком в распределитель и далее по семяпроводам направляются посредством семянаправителей в обработанные полосы и прикатываются катком. При использовании машины МТД-3 параметры обрабатываемых полос позволяют не использовать гербициды, что благоприятно сказывается на экологии кормовых угодий.

Испытания машины МТД-3 показали, что на полосном подсеве клевера в дернину пастбища она успешно агрегируется с трактором Беларус-1221. Производительность МТА за час основного времени составила 1,33 га, эксплуатационного – 0,99 га [24]. Показатели качества выполнения технологического процесса почвообрабатывающей частью машины: рабочая ширина захвата машины – 3,0 м, количество обрабатываемых полос – 12 шт., глубина обработки – 30-80 мм, средняя ширина полосы – 8,7 см. При энергетической оценке на скорости 3,8-5,0 км/ч эксплуатация машины потребляла до 88,9 % мощности двигателя трактора, удельный расход топлива – 13,3-16,0 кг/га.

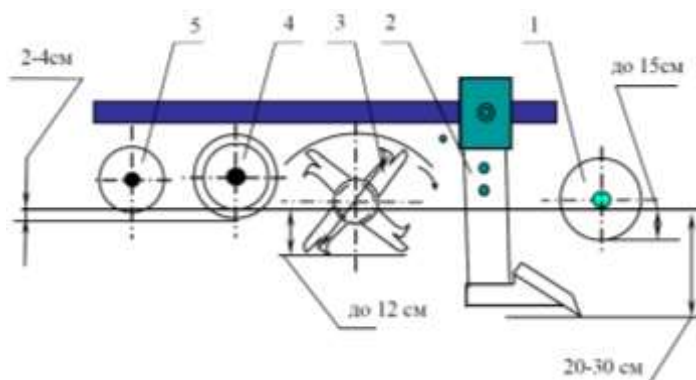
Колебания глубины обработки фрезеруемых полос вызваны использованием общего вала фрезерного барабана, что не позволяет дисковым фрезам точно копировать рельеф поверхности. Данная особенность конструкции значительно снижает сложность изготовления, но негативно сказывается на качестве посева.

Характерная для условий степной зоны высокая твёрдость до 5-7 МПа и низкая влажность почвы до 8-12 % под многолетними травами не вполне соответствуют возможностям ранее разработанных машин для полосного посева, которые проектировались для использования в более легких почвенных условиях северных регионов. Всё это в совокупности с ровным рельефом местности послужило причиной разработки в ЦелинНИИМЭСХ (Казахстан) орудий для полосного подсева семян трав ОПП-6, агрегируемого с тракторами 30 и 50 кН, и ОПП-2 для тракторов класса 14 кН. В основе почвообрабатывающей части агрегата использован фрезерный культиватор КФГ-3,6

(рисунок 5, а) [27, 28]. При этом фрезерные ножи установлены на фрезерном барабане с междурядьями в 70 см, что позволяет почвообрабатывающей части выполнять полосное рыхление дернины.



а



б

**Рисунок 5. Орудие для полосного подсева семян трав ОПШ-6:
а – общий вид, б – технологическая схема**

1 – дисковый нож; 2 – щелерез; 3 – фрезерный барабан; 4 – комбинированный рабочий орган для предпосевного прикатывания и посева; 5 – каток послепосевного прикатывания

Источник: составлено авторами по материалам ЦелинНИИМЭСХ (Казахстан) [27, 28, 29].

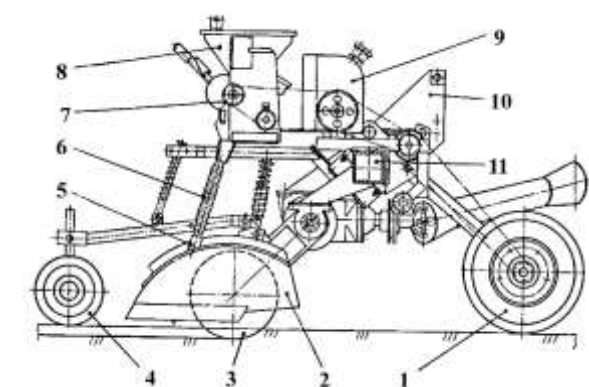
Орудие выполняет полосное разуплотнение почвы щелерезом на глубину до 30 см, обработку дернового слоя полосы фрезбарабаном на глубину до 12 см, предпосевное выравнивание, уплотнение почвы в обработанной полосе и высев семян комбинированным рабочим органом с последующим послепосевным прикатыванием катком. Ширина захвата орудия 4,2 м, оно состоит из шести почвообрабатывающих посевных секций. Ширина обработанной полосы 15 см, расстояние между центрами полос 70 см. Конструкция орудия имеет новизну, защищенную инновационным патентом.

Технологический процесс протекает следующим образом (рисунок 5, б): дисковый нож разрезает дернину на глубину до 10 см, щелерез разрушает почву на глубину до 30 см, фрезерный барабан, работающий от ВОМ трактора, подготавливает почву в полосе к посеву на глубину 8-10 см. Комбинированный рабочий орган предварительно выравнивает поверхность почвы в полосе и осуществляет посев семян трав на глубину 2-4 см, каток уплотняет почву. Все рабочие органы расположены последовательно и являются частью одной секции.

Результаты испытаний показали, что при глубине обработки щелерезами, равной 27 см, фрезерным ротором – 10 см, частоте вращения фрезерного ротора 350 мин^{-1} и скорости движения агрегата 6,2 км/ч его производительность составила 1,9 га за один час сменного времени. Полосной подсев оказывает положительное последствие на обработанных площадях в среднем в течение четырех лет [29]. Основными недостатками данного агрегата являются высокая энергоёмкость технологического процесса и ограниченность применения участками природных кормовых угодий с ровным рельефом.

В соответствии с технологией прямого полосного посева, предложенной в НИИСХ Северо-Востока, разработано семейство сеялок СДК [30, 31]. В начале 2000-х годов на ОАО ВМП «Авитек» было начато серийное производство нескольких моделей дернинных сеялок.

Сеялка для полосного посева семян трав в дернину СДК-2,8 является навесной машиной, агрегируемой с тракторами класса 14-20 кН, которая за один технологический проход осуществляет полосную обработку задернелой почвы, высев семян трав и прикатывание посевов (рисунок 6, а, б).



а



б



в



г

Рисунок 6. Общий вид сеялок СДК-2,8 (а, б), СДКП-2,8 (в) и СДКП-2,8М (г):

1 – колесо опорное; 2 – кожух; 3 – бороздовскрыватель; 4 – каток; 5 – семянаправитель; 6 – семяпровод; 7 – аппарат высевальной; 8 – ящик семенной; 9 – коробка передач сеялки; 10 – навеска; 11 – рама

Источник: разработано авторами.

Рама выполнена из бруса, на который крепятся сборочные единицы сеялки. Трансмиссия сеялки служит для передачи крутящего момента от ВОМ трактора к секциям привода фрез. Секция привода фрезы представляет собой одноступенчатый цепной редуктор, передающий крутящий момент к фрезерным сошникам в виде двух дисков с Г-образными ножами. Для предотвращения разбрасывания почвы рабочий орган сверху закрыт защитным кожухом. Семенной ящик оборудован ворошилкой, направляющей семена к выходным отверстиям высевальных аппаратов. В зависимости от размера семян высеваемой культуры на вал аппаратов устанавливаются сменные катушки для крупных, средних или мелких семян.

При высева семян трав в дернину бороздовскрыватель получает вращение от ВОМ трактора и фрезерует в дернине две полосы шириной около 11 см на глубину до 8 см. При этом частицы почвы под воздействием Г-образных ножей отбрасываются назад и движутся в свободном полете до соударения с защитным кожухом. Семена из семенного ящика по семяпроводам и семянаправителям подаются ниже слоя частиц почвы, отброшенных фрезами. Семена трав укрываются слоем почвы, отразившейся от внутренней поверхности кожуха, который далее выравнивается щитком-уплотнителем и прикатывается катками. Глубина обработки почвы регулируется изменением положения опорной лыжи относительно корпуса секции привода, глубина заделки семян – положением семянаправителя относительно защитного кожуха.

Одновременно с посевом семян трав рекомендуется локально вносить стартовую дозу минеральных удобрений. Для единовременного выполнения этих операций разработана

полунавесная сеялка для посева семян трав в дернину СДКП-2,8 (рисунок 6, в). Конструкция её почвообрабатывающей части идентична сеялке СДК-2,8, а посевная часть дополнена туковывсевающим устройством.

При движении сеялки СДКП-2,8 фрезерный сошник интенсивно обрабатывает полосу дернины установленной ширины. Минеральные удобрения и семена из соответствующих ящиков высевальными аппаратами по туко- и семяпроводам подаются в тукосемянправитель и попадают на дно борозды. Далее засеянная полоса прикатывается катком. Привод туко- и семявысевающего аппаратов осуществляется от передних опорно-приводных колес. Нормы высева семян и удобрений регулируются посредством сменных звездочек и шестерен. При переводе в транспортное положение передняя часть сеялки за раму поднимается механизмом навески трактора с отрывом передних колес от поверхности, а задняя часть – гидроцилиндром.

Испытания и производственное использование сеялок СДК-2,8¹ и СДКП-2,8² выявили ряд недостатков, основные из которых – высокая металлоёмкость и недостаточная надёжность цепных приводов фрезерных сошников. Для их устранения разработана полуприцепная дернинная сеялка СДКП-2,8М (рисунок 6, г). По сравнению с сеялкой СДКП-2,8 она имеет следующие основные изменения: рама сеялки укорочена и оснащена устройством для присоединения сеялки к стандартной скобе задней навески тракторов; цепные передачи в приводах фрез заменены цилиндрическими зубчатыми передачами; значительно сокращено количество деталей и узлов привода почвообрабатывающей части сеялок и привода семя- и туковывсевающих аппаратов. Кроме того, при производстве сеялок СДКП-2,8М по сравнению с прототипом затраты труда снижены на 25 %, себестоимость производства – на 20 %, металлоёмкость – на 30 % (таблица 3)³.

Таблица 3. Технические характеристики дернинных сеялок СДК

Показатель	СДК-2,8	СДКП-2,8	СДКП-2,8М
Тип сеялки	навесная	полунавесная	полуприцепная
Агрегатируется с тракторами, кН	14...20	14...20	14...20
Потребляемая мощность, кВт	23...42,5	34...46,5	26...42,5
Рабочая скорость, км/ч	до 6,3	до 6,0	1,6...4,0
Производительность за час основного времени, га	1,47	1,20	0,5...1,12
Габаритные размеры, мм:			
– длина	2500	3520	2630
– ширина	3180	3490	3280
– высота	1800	1780	1700
Масса машины, кг	1200	1920	1560
Число выполняемых операций	3	4	4
Емкость бункера, дм ³ :			
– для семян	90	90	90
– для удобрений	--	300	300

Приёмочные испытания сеялки СДКП-2,8М показали, что сеялка при полосном посеве семян трав клевера, тимофеевки, ковра безостого удовлетворительно выполняет технологический процесс обработки дернины и посева при средней рабочей скорости 2,7 км/ч. На привод фрезерных сошников сеялки от ВОМ трактора потребляется мощность

¹ Протокол № 06-21-99 (4030192) государственных приёмочных испытаний сеялки для посева семян трав в дернину СДК-2,8. Оричи : Киров. гос. зонал. машиноиспыт. ст., 1999. 40 с.

² Протокол № 06-16-2001 (2030052) квалификационных испытаний сеялки комбинированной для посева семян трав в дернину СДКП-2,8. Оричи : Киров. гос. зонал. машиноиспытат. ст., 2001. 41 с.

³ Протокол № 06-42-2003 (1030062) приёмочных испытаний сеялки комбинированной для посева семян трав в дернину СДКП-2,8М. Оричи : Киров. гос. зонал. машиноиспытат. ст., 2003. 56 с.

22,5-35,0 кВт, удельный расход топлива составляет 9,4 кг/га. За время испытаний не зафиксировано отказов модернизированных приводов фрезерных рабочих органов. В ходе эксплуатационно-технологических испытаний сеялка СДКП-2,8М осуществляла полосной посев семян трав с коэффициентом надежности технологического процесса, равным 0,94, и коэффициентом использования сменного времени – 0,71. Таким образом, сеялка СДКП-2,8М при сохранении высоких агротехнических и эксплуатационно-технологических показателей более надёжна, обладает меньшей металлоёмкостью и себестоимостью производства.

Прямой полосной посев, осуществляемый дернинными сеялками СДК с дисковыми фрезами в качестве сошников, обладает высокой эффективностью при минимальных капитальных вложениях, значительно снижает затраты энергии, посевного материала, рабочего времени, а также экологически безопасен. Но при этом эксплуатация дернинных сеялок в производственных условиях выявила ряд недостатков, таких как высокая металлоёмкость машин, недостаточная надёжность цепных приводов фрезерных сошников (СДК-2,8 и СДКП-2,8) и Г-образных ножей. Кроме того, переход от навесных к полунавесным вариантам сеялки при сравнительно постоянной производительности и надёжности машин привел к неоправданному возрастанию металлоёмкости конструкции более чем на треть.

Дальнейшим развитием данного типа техники можно считать разработку ВИМ (г. Москва, РФ) широкозахватных комбинированных агрегатов МПТД-6 и МПТД-12 для полосного подсева семян бобовых трав и травосмесей на лугах и пастбищах [32]. Агрегат МПТД-12 состоит из двух модулей шириной захвата до 6 м, соединённых посредством соединительно-приводного бруса (рисунок 7).



Рисунок 7. Агрегаты для посева трав в дернину МПТД-12 (а) и МПТД-6 (б, в):

1 – соединительный брус; 2 – правый модуль; 3 – левый модуль

Источник: составлено авторами по материалам исследований ВИМ [32, 33].

Технологический процесс высева семян в обработанные полосы идентичен работе сеялок СДКП. Каждый модуль может быть использован как самостоятельный агрегат МПТД-

6 основного назначения и агрегатируется с энергетическими средствами меньшей мощности (тракторами класса 20 и 30 кН).

Модули комбинированного агрегата включают блоки фрезерные с цепным приводом фрезерного барабана, ножи и механизмы регулировки глубины обработки; блоки для высева семян трав и травосмесей с бункерами-накопителями, системы дозирования, распределения и контроля, механизмы регулировки глубины заделки семян; блоки для внесения гранулированных минеральных удобрений в почву, с системами дозирования и контроля высева, уровня семян и удобрений; приспособление для дальней транспортировки. Фрезерный бороздовскрыватель унифицирован с фрезерной секцией культиватора КФ-5,4. На модуле возможно размещение оборудования для узкополосного внесения гербицидов. Основные технические характеристики агрегата приведены в таблице 4.

Таблица 4. Основные технические характеристики агрегатов МПТД

Показатель	Значение	
	МПТД-6	МПТД-12
Агрегатирование	Т-150К	УЭС-210/280
Коэффициент унификации и локализации, %	не менее 70 % (фрезерный культиватор КФ-5,4, сеялка селекционная пневматическая ССНП-16)	
Ширина захвата, мм	5700	11850
Производительность, га/ч	0,68	1,35
Вместимость ящиков для семян/удобрений, дм ³	250/300	500/600
Глубина обработки, см	до 9 ± 15 % (агротехническая – $4,6 \dots 6,2 \pm 1,6$ мм)	
Глубина посева семян трав, мм	регулируемая, до 40 мм	
Микронеровности почвы в полосах, см	не более $\pm 1,0$	
Высевающая способность сеялки, кг/га		
– для семян и травосмесей	1,4...34,0	
– для удобрений	2,64...52,78	

Отличием технологии выполнения прямого посева является то, что гранулы минеральных удобрений высеваются на почву впереди дисковых фрез и при обработке полосы почвы они перемешиваются с почвой. Далее в почву полосы наконечниками семянаправителей подаются семена трав, почва в полосе выравнивается и уплотняется катком. По краям полос установлены распылители, с помощью которых производится распыление гербицидов на необработанную часть засеваемого участка.

Макетный образец агрегата МПТД-12 испытывался на типичных для Нечерноземья России дерново-подзолистых почвах влажностью 13-18,5 % на посеве смеси семян клевера и тимофеевки луговой в дернину пастбища. 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 плотность почвы составила 1,0-1,1 г/см³, глубина заделки семян 1-1,2 см с ростом скорости уменьшается до 0,7 см. В целом качество выполнения полосного посева семян трав в дернину соответствует агротехническим требованиям [33].

Анализ рассмотренных конструкций агрегатов и сеялок для прямого посева в дернину семян трав показал, что большинство из них за один технологический проход осуществляют полосное фрезерование дернины, посев и прикатывание. Некоторые из них дополнительно выполняют внесение стартовой дозы минеральных удобрений. Фрезерование позволяет хорошо измельчить дернинный слой и равномерно смешать с минеральной частью почвы, что ускоряет процесс минерализации растительных остатков.

Использование комбинированных агрегатов позволяет исключить многократные проходы, при этом в технологическом процессе ликвидируются разрывы во времени между отдельными видами работ, что обеспечивает соблюдение оптимальных агротехнических

сроков. Кроме того, повышается производительность труда, снижаются энергоемкость, трудоемкость и стоимость работ.

К наиболее значимым недостаткам этих машин следует отнести высокую энергоемкость обработки почвы фрезерными рабочими органами, высокую стоимость комбинированной машины вследствие сложности конструкции, металлоемкости, а также относительно низкую производительность. Кроме того, для прицепных комбинированных агрегатов характерны низкая маневренность на мелкоконтурных кормовых угодьях, что присуще большинству естественных лугов и пастбищ Евро-Северо-Восточного региона России.

Изучение результатов испытаний выше представленных технических средств для прямого полосного посева в дернину показало, что посевная часть агрегатов и сеялок, за исключением заделывающих рабочих органов (сошников), вне зависимости от принципа действия: механического или пневматического, производит дозирование и доставку семян трав и удобрений к сошникам с полным выполнением агротехнических требований. Основным критерием, обуславливающим выбор типа механизма высевашего аппарата, является более высокая компактность конструкции посевной части пневматического типа, что выгодно использовать на машинах с большой рабочей шириной захвата.

Наибольшее число отказов и нареканий по качеству выполнения технологического процесса у данной техники относится к почвообрабатывающей части в виде формирующих полосу для посева семян дисковых фрез и заделывающих высевашные семена рабочих органов. В связи с этим основное внимание при анализе конструкций техники для прямого посева в дернину было направлено на изучение возможностей их сошниковых групп. Основным фактором, определяющим перспективность применения бороздообразующих рабочих органов в составе технических средств прямого посева семян в дернину деградированных кормовых угодий и залежных земель для последующего использования в системе органического земледелия, является возможность механического разрушения полосы в массиве дернины, параметры которой обеспечивают благоприятные условия для прорастания высевашных семян и развития всходов. Необходимые для соблюдения данного условия значения ширины и глубины подготовленной к посеву семян трав полосы определяются достаточно широким спектром условий: природно-климатическими и почвенными условиями рекультивируемого участка, параметрами дернового слоя (толщина дернины, степень задернения пласта, связность дернины и т. д.) и рядом других, что определяет основное требование к бороздовскрывателю как возможности к быстрой адаптации его конструкции к изменению параметров формируемой им полосы обработанной почвы.

По качеству крошения посевного слоя и компактности конструкции выгодно отличаются агрегаты и сеялки прямого посева с фрезами с горизонтальной осью вращения. Данный тип фрез хорошо и надежно измельчает дернину и рыхлит почву в обрабатываемых полосах, причем ширину обработки в них можно варьировать от 2,5 до 15 см в зависимости от условий эксплуатации. К достоинствам фрез с горизонтальной осью вращения следует отнести малое тяговое сопротивление, что позволяет применять тракторы с малым сцепным весом и устойчиво осуществлять технологический процесс посева семян на сильно задернелых почвах.

При этом необходимо учитывать, что фрезы с единой горизонтальной осью вращения, на которой установлены Г-образные ножи (агрегаты МТД-3,6, ОПП-6, Hunter Rotary Seeder), хорошо зарекомендовали себя при работе на выровненных участках, имеют относительно простую конструкцию, но не обеспечивают копирование микрорельефа и, как следствие, качество посева на неровных участках отличается низкой стабильностью глубины заделки семян. В то же время сеялки John Deere 1500 POWR-TILL, МД-3,6, СДК и МПТД с дисковыми фрезами на независимой подвеске обеспечивают хорошее копирование микрорельефа, но имеют более сложную конструкцию и высокую металлоемкость.

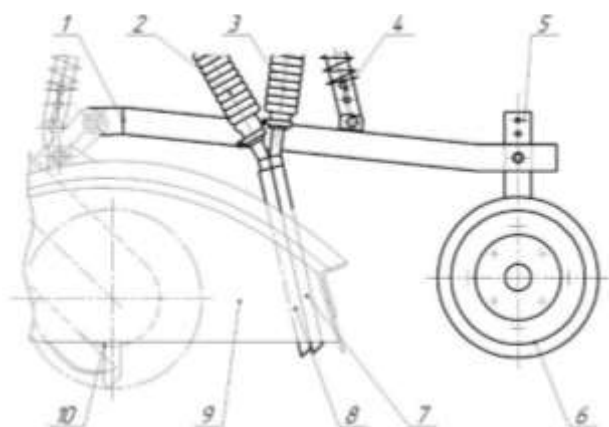
При разработке и совершенствовании агрегатов и сеялок для прямого полосного посева семян трав в дернину природных кормовых угодий Евро-Северо-Востока РФ необходимо учитывать природно-климатические условия региона, отличающиеся мелкоконтурностью полей с достаточно неровным рельефом, что ограничивает применение широкозахватных посевных комплексов и агрегатов, конструкция почвообрабатывающей части которых выполнена на едином горизонтальном валу. Предпочтительно использование машин с бороздовскрывающими органами на основе дисковых фрез на независимой подвеске, конструкция которых обеспечивает хорошее копирование микронеровностей рельефа. Дальнейшая модернизация фрезерных бороздовскрывателей должна быть направлена на увеличение глубины обработки с доведением стабильной работы дисковых фрез при формировании полос глубиной 90-100 мм и шириной до 120 мм на почвах твёрдостью 2,0-3,0 МПа. Сдерживающим фактором является то, что за основу почвообрабатывающей части большинства рассматриваемых агрегатов и сеялок прямого посева полностью или частично взяты приводы фрез, трансмиссия и механизмы крепления фрезерных культиваторов-гребнеобразователей КФЛ-4,2 (сеялки СДК, МПТД-3) и фрезерных культиваторов КФ (агрегаты МПТД), конструкции которых рассчитаны в первую очередь на обработку междурядий пропашных культур и по своим силовым характеристикам мало подходят для обработки связной, уплотненной дернины деградированных кормовых угодий и залежных земель. Приводы фрез выполнены на основе цепных передач, что существенно ограничивает возможность повышения величины передаваемой рабочим органам мощности. В качестве перспективного варианта исполнения конструкции привода фрез можно привести опытный образец привода сеялки СДКП-2,8М, где цепная передача заменена цилиндрической зубчатой и который показал высокую надёжность в ходе квалификационных испытаний.

Среди подающих и заделывающих рабочих органов (сошников) положительно выделяются сошниковые группы сеялок John Deere 1500 POWR-TILL и машины полосного подсева МД-3,6, устройство которых позволяет вносить семена анкерными сошниками, вынесенными из-под кожуха фрезы, в почву обработанной полосы. Недостатком конструкции является крепление кронштейна сошника непосредственно на кожухе фрезы, что передает колебания кожуха на сошник, ухудшая стабильность глубины заделки. Основным недостатком данных сеялок является то, что узкая полоса, подготавливаемая фрезой для посева семян, очень быстро зарастает естественной растительностью и посеянные травы не могут с ней конкурировать (в особенности клевер луговой и другие бобовые растения) без ее дополнительной обработки гербицидами, что неприемлемо при производстве кормов, соответствующих требованиям органического земледелия.

Сошниковые группы сеялок СДК и агрегатов МПТД имеют схожие конструкции (рисунок 8, а), обладают рядом преимуществ (компактность и простота конструкции) и обеспечивают согласно протоколам испытаний достаточно высокое качество и надёжность посева семян трав и высева гранул минеральных удобрений при правильной настройке заделывающих органов и соблюдении агротехнических требований. Основным недостатком данных сошниковых групп является размещение туко- и семянаправителей под кожухом фрезы, которые служат концентратором налипания частиц почвы, что при обработке влажной почвы приводит к забиванию подкожухового пространства измельченной почвой и растительными остатками (рисунок 8, б).

Налипшая почва препятствует вращению дисковых фрез и поднимает заднюю часть кожуха, что нарушает технологический процесс обработки посева. Наиболее благоприятные условия для прямого посева семян трав в дернину природных кормовых угодий и дальнейшего развития их всходов ограничены весенним периодом от схода снега и обсыхания почвы от талых вод и до отрастания травостоя на высоту до 10-12 см, для которого характерна повышенная влажность почвы, – это является существенным ограничивающим фактором применения сеялок СДК и МПТД. Также при модернизации сошниковой группы должен быть решен вопрос оптимального размещения высеваемых семян и гранул минеральных удобрений

в почве, при котором семена высеваются на уплотнённое ложе, а под ним находятся удобрения.



а



б

Рисунок 8. Общий вид сошниковой группы дернинных сеялок СДК (а) и фото забивания подкожухового пространства фрезерной секции сеялки СДКП-2,8М (б):

- 1 – грядиль; 2 – тукопровод; 3 – семяпровод; 4 – штанга нажимная; 5 – кронштейн катков;
6 – каток; 7 – семянаправитель; 8 – туконаправитель; 9 – кожух; 10 – фреза дисковая

Источник: разработано авторами.

Для более эффективного использования дернинных сеялок СДК в условиях высокой влажности почвы и повышенного содержания в ней растительных остатков предложена конструкция сошниковой группы, с креплением сошника килевидного типа на механизме подвеса в виде пружин кручения. Сошниковая группа включает грядиль крепления на сеялке, механизм подвеса, килевидные сошники, катки, механизмы регулировки положения сошников в вертикальной и горизонтальной плоскости и усилия заглубления сошников и давления катков на почву. По сравнению с сошниковой группой сеялок СДК ее масса (19,6 кг) снижена на 3,8 кг при увеличении общей длины сеялки на 0,12 м. Испытания сошниковых групп показали, что при посеве семян козлятника восточного глубина заделки семян соответствует агротехническим требованиям и составляет: для сошниковой группы сеялки СДК – 19,4-22,4 мм, для опытного образца – 18,6-19,5 мм, равномерность распределения семян по ширине полосы соответственно 20,2-26,1 мм и 8,4-10,1 мм. Разработанная сошниковая группа с креплением сошника килевидного типа на механизме подвеса в виде пружин кручения обеспечивает высокую равномерность глубины бороздообразования и посева, снижает трудоёмкость и повышает точность настройки туко- и семязаделывающих органов сеялки при сохранении компактности конструкции [34, 35].

Помимо рассмотренных сборочных единиц дернинных агрегатов и сеялок необходимо обратить внимание на их неудовлетворительную работу в условиях высокого травостоя и при наличии в нем кочек или выбоин. В условиях рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель данный фактор может иметь определяющее значение на эффективность использования данной техники, поэтому оптимальным вариантом дополнения их конструкции может быть сменный модуль для предварительной подготовки полос к механической обработке, включающей разрушение мелких кочек и скашивание травостоя до высоты 5-6 см и устанавливаемый либо непосредственно впереди дернинной сеялки, либо на передней навеске трактора.

Таким образом, можно сделать краткое заключение по ряду требований к техническому средству для прямого полосного посева семян бобово-злаковых трав в дернину в качестве машины для рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель с последующим использованием в системе органического земледелия. В качестве

почвообрабатывающей части данной техники предпочтительно использование машин с бороздовскрывающими органами на основе дисковых фрез на независимой подвеске, конструкция которых обеспечивает хорошее копирование микронеровностей рельефа. Фрезерные бороздовскрыватели должны стабильно выполнять процесс фрезерования полосы почвы в дернине твёрдостью до 3,0 Мпа с максимальными глубиной до 90-100 мм и шириной до 120 мм при скорости движения не менее 1,5 м/с, иметь возможность быстрой адаптации для работы по формированию полос меньших размеров. Необходимо рассмотреть вопрос по существенному повышению надежности приводов дисковых фрез, в том числе по возможности установки индивидуальных предохранительных устройств. Посевная часть может включать дозирующе-транспортирующие устройства пневматического или механического вида, при этом основным фактором при выборе можно считать удобство обслуживания и сохранение компактности конструкции машины в целом. В качестве заделывающих рабочих органов наиболее перспективен вынос семя- и туконаправителей из-под защитного кожуха фрезы и использование отдельно расположенных сошниковых групп на независимой механизме подвеса.

Заключение.

1. Прямой полосной посев семян бобово-злаковых трав в дернину природных кормовых угодий с механическим разрушением фрезерными бороздовскрывателями дернинных сеялок в ней полосы шириной, обеспечивающей успешное развитие всходов без химического подавления аборигенных биоценозов, является наиболее перспективным методом рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель для последующего использования в системе органического земледелия.

2. Анализ конструкций технических средств для прямого полосного посева семян в дернину позволил выявить основные недостатки фрезерных бороздовскрывателей и сошниковых групп дернинных сеялок и сформулировать перспективные решения по повышению их эффективности и надежности при возможной эксплуатации в условиях рекультивации деградированных кормовых угодий и залежных земель.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Прогноз научно-технологического развития отрасли растениеводства, включая семеноводство и органическое земледелие России, в период до 2030 года / А. Г. Папцов, А. И. Алтухов, Н. И. Кашеваров [и др.]. Новосибирск : Новосибирский государственный аграрный университет, 2019. 100 с.
2. Рубанов И. Н., Фомин А. А. Органическое сельское хозяйство: распространение и перспективы развития в Российской Федерации. DOI: 10.24411/2587-6740-2018-16095 // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 6. С. 50-55.
3. Серегина Т. А., Жильников А. А., Мажайский Ю. А. Ограничения и резервы развития органического земледелия // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5. С. 109-116.
4. Кормопроизводство Нечерноземной зоны: состояние и перспективы развития / А. С. Шпаков, А. А. Кутузова, Д. М. Тебердиев, В. Т. Воловик. DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2020-4-6-20 // Адаптивное кормопроизводство. 2020. № 4. С. 6-20.
5. Инновационные технологии оценки состояния и вовлечения в оборот залежных земель : аналитический обзор / И. Г. Голубев, Н. П. Мишуков, В. Ф. Федоренко [и др.]. Москва : Росинформагротех, 2022. 80 с.
6. Тюльдюков В. А. Теория и практика луговодства. Москва : Росагропромиздат, 1988. 223 с.
7. Лазарев Н. Н., Тюлин В. А. Создание и использование сеяных сенокосов и пастбищ. Москва : РГАУ–МСХА, 2019. 184 с.
8. Инновационные технологии заготовки высококачественных кормов : аналит. обзор / Н. В. Алдошин, А. С. Васильев, В. А. Тюлин [и др.]. Москва : Росинформагротех, 2020. 92 с.

9. Лазарев Н. Н., Тюлин В. А. Адаптивная интенсификация луговодства. Москва : РГАУ-МСХА, 2020. 158 с.
10. Сенокосы и пастбища на осушаемых землях Нечерноземья / А. А. Зотов, В. М. Косолапов, А. Г. Кобзин А. Г. [и др.]. Кокшетау : ИП "Изотова К. У.", 2012. 1198 с.
11. No-tillage seeding in conservation agriculture / C. J. Baker, K. E. Saxton, W. R. Ritchie [et al.]. 2nd ed. FAO and CAB International, 2007. 326 p.
12. Comparison of six zero-till seed drill openers for establishment and persistence of sod-seeded alfalfa (*Medicago sativa* L.) in a cool-season perennial grass pasture / P. G. Jefferson, S. N. Gregg, L. Hill, H. A. Lardner. DOI: org/10.1139/cjps-2020-0299 // Canadian Journal of Plant Science. 2022. Vol. 102. No. 1.
13. Совершенствование технологического процесса и технических средств для прямого подсева трав в дернину природных кормовых угодий / А. В. Соколов, С. П. Замана, В. В. Патлай [и др.] // Кормопроизводство. 2012. № 4. С. 44-46.
14. Демшин С. Л., Гайдидей С. В. Технические средства для восстановления продуктивности кормовых угодий путем прямого посева семян трав в дернину // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Йошкар-Ола, 2023. С. 843-848.
15. Машины ЦелинНИИМЭСХ для реализации технологий улучшения естественных и сеяных многолетних трав и заготовки грубых кормов : рекомендации / В. Л. Астафьев, Г. З. Гайфуллин, А. И. Дерепаскин [и др.]. Костанай : КФ ТОО «КазНИИМЭСХ» АО «КазАгроИнновация», 2010. 18 с.
16. Курбанов Р. Ф., Созонтов А. В. Эффективность технологии многокомпонентного полосного посева многолетних трав в дернину // Пермский аграрный вестник. 2017. № 3 (19). С. 40-44.
17. Ревенко В. Ю., Белоусов М. М. Результаты испытаний машины для полосного подсева трав в дернину // Международная агроинженерия. 2014. № 4 (12). С. 53-61.
18. Аллен Х. П. Прямой посев и минимальная обработка почвы. Москва : Агропромиздат, 1985. 208 с.
19. Chaudhry A. D. Effects of direct drilling openers, surface residue and earthworms on seed and seedling performance in a wet soil: a thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy at Massey University. New Zealand : Palmerston North, 1985. 374 p. URL: <https://mro.massey.ac.nz/items/f5516695-8a51-45bc-9015-622e2f209733> (дата обращения: 28.05.25).
20. Практическое руководство по ресурсосберегающим технологиям и приемам улучшения сенокосов и пастбищ в Северо-Западном регионе / А. А. Кутузова, А. А. Зотов, И. А. Трофимов [и др.]. Москва : Угрешская типография, 2013. 40 с.
21. Пятин А. М., Пятина Н. В. Полосной посев бобовых трав в дернину естественных пойменных сенокосов // Достижения науки и техники АПК. 1996. № 3. С. 21-23.
22. John Deere 1500 POWR-TILL Seeder : Evaluation Report No E2577. Printed: May, 1978. Tested at: Portage la Prairie. 7 p. URL: [https://pami.ca/pdfs/reports_research_updates/\(9a\)%20Grain%20Drills/102.PDF](https://pami.ca/pdfs/reports_research_updates/(9a)%20Grain%20Drills/102.PDF) (дата обращения: 21.08.25).
23. Technical Manual TM-1201. John Deere 1550 Powr-Till Seeder. Litho, 1980. 38 p. URL: <https://www.stcatc.ru/katalog-john-deere/1500-Powr-Till-Seeder/parts/> (дата обращения: 21.08.25).
24. Клыбик В. К. Повышение эффективности поверхностного улучшения лугов обоснованием параметров процесса фрезерования дернины для подсева трав : дисс. ... канд. техн. наук. Минск : [б. и.], 2004. 127 с.
25. Перспективные технологии и машины для улучшения естественных лугов и окультуренных сенокосов и пастбищ / В. В. Азаренко, Г. Г. Тычина, В. К. Клыбик, Н. Г. Бакач // Научно-технический прогресс в области механизации, электрификации и автоматизации

сельского хозяйства. Минск, 2002. С. 108-113.

26. Технологический регламент омоложения луговых травостоев подсевом бобовых и злаковых трав в дернину / П. И. Бурдук, Н. А. Сивоедов, А. С. Мееровский [и др.] // Мелиорация. 2008. № 2 (60). С. 215-220.

27. Полищук Ю. В., Лаптев Н. В., Комаров А. П. Комбинированные орудия для полосного подсева в технологии поверхностного улучшения старовозрастных многолетних трав // Научное обеспечение животноводства Сибири. Красноярск, 2021. С. 52-56.

28. Дерепаскин А. И., Полищук Ю. В., Бинюков Ю. В. Снижение затрат на улучшение травостоев с применением комбинированных орудий // Международная агроинженерия. 2012. № 3. С. 17-19.

29. Дерепаскин А. И., Полищук Ю. В., Бинюков Ю. В. Полосной подсев в технологии поверхностного улучшения старовозрастных многолетних трав с использованием орудия ОПП-6 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 8. С. 3-4.

30. Рекомендации по улучшению лугов и пастбищ в Северо-Восточном регионе Европейской части России. Москва : Росинформагротех, 2007. 116 с.

31. Дёмшин С. Л. Семейство сеялок для полосного посева семян трав в дернину // Высокотехнологичное импортоопережение при возделывании сельскохозяйственных культур, восстановлении сенокосов и пастбищ. Казань, 2015. С.198-205.

32. Комбинированный агрегат МПТД-12 для полосного подсева семян трав и травосмесей на лугах и пастбищах / О. С. Марченко, Н. М. Марченко, Н. П. Педай [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. № 5. С. 15-17.

33. Анализ технического уровня машин полосного подсева трав в дернину семейства МПТД / О. А. Федорова, А. И. Ряднов, А. Х. Текушев [и др.]. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-31 // Известия НВ АУК. 2024. № 1 (73). С. 271-283.

34. Результаты сравнительного исследования сошниковых групп сеялки полосного посева семян трав в дернину / В. А. Сысуев, С. Л. Дёмшин, С. В. Гайдидей, Д. А. Зырянов. DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.2.273-282 // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024. № 2 (25). С. 273-282.

35. Сысуев В. А., Дёмшин С. Л., Гайдидей С. В. Результаты исследования комбинированной сеялки полосного посева семян трав в дернину. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.263-273 // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 2 (23). С. 263-2