

УДК 631.331:635-133

Инновационные агроинженерные решения в конструкции сеялок для сахарной и кормовой свеклы**Канд. техн. наук В. В. МИХЕЕВ, инж-ры Н. И. КУСОВА, М. С. САВЕЛЬЕВА, Н. Т. ГОНЧАРОВ, канд. экон. наук А. А. ГРИШИН (ВИМ, miheev-vim@mail.ru)**

Аннотация. Проведен анализ технического уровня сеялок точного высева для сахарной и кормовой свеклы. Выявлены такие конструкционные и технологические недостатки, как неравномерность высева и всходов, неудовлетворительная технологическая надежность. С целью их устранения предложено дооборудование сеялок новыми рабочими органами.

Ключевые слова: сахарная свекла, сеялка, равномерность высева, рабочие органы, технологии точного земледелия.

Innovative agro-engineering solutions in design of drills for sugar and fodder beet**V. V. MIKHEYEV, N. I. KUSOVA, M. S. SAVELYEVA, N. T. GONCHAROV, A. A. GRISHIN (All-Russian Research Institute of Agricultural Mechanization, miheev-vim@mail.ru)**

Summary. Technical level of precision seed drills for sugar and fodder beet is analyzed. Faults in their design and technology such as non-uniformity of seeding and seed germination, unsatisfactory process reliability are revealed. For the purpose of faults removal, it is proposed to equip drills additionally with new working organs.

Keywords: sugar beet, drill, uniformity of seeding, working organs, precision agriculture technologies.

На современном этапе развития агротехнологий большие надежды возлагаются на технологии точного земледелия, элементы которых интенсивно разрабатывают и осваивают в разных странах [1–3].

Важнейшая операция в технологии возделывания сахарной и кормовой свеклы — посев. От его качества зависит конечный результат — урожайность и сахаристость сахарной свеклы.

Анализ мирового рынка сеялок для сахарной свеклы показывает, что доминируют (до 70 %) универсальные сеялки для разных культур с широким диапазоном рядности — от 4–6 до 36. Установившиеся технологические параметры: ширина междурядий сахарной свеклы в Европе и США — 50–55 см, в России —

45 см; норма высева 4–8 шт. на 1 м; расстояние между семенами от 10–12 до 17–25 см.

Дозирующие устройства сеялок точного высева в основном пневмомеханические, т. е. используется механический синхронный привод дозирующих устройств вакуумного типа. Также распространены (до 30 %) механические дозирующие устройства разных типов: дисковые (Германия, Россия, Украина), ленточные (типа Stanhay, Англия), ложкообразные, вальцевые (страны Восточной Европы) и др.

Все сеялки имеют копирующе-прикатывающие опорные обрезиненные катки с регулируемым давлением прикатывания почвы до и после высева. Приборов и указате-

лей уровня прикатывания (уплотнения) почвы на сеялках нет.

Для зарубежных и отечественных лицензионных сеялок дополнительное оборудование для внесения удобрений, микрогранулятов и средств защиты растений поставляется по отдельному заказу.

Большинство современных сеялок оборудовано устройствами контроля их работы — глубины высева, интервала размещения семян, уровня семян в семенных ящиках, рабочей скорости и засеянной площади, т. е. посевными контроллерами. Показания посевного контроллера и координаты измерений могут быть занесены в электронную карту качества высева с помощью дополнительного оборудования и программного обеспечения.

По оценкам продаж такого оборудования разных фирм можно предположить, что его применяют 70 % фермеров.

Большое значение имеют показатели качества высева. В Германии [4] оптимальной считается полевая всхожесть выше 80–90 %, расстояние в рядке между растениями 17,5–25 см, сбор очищенного сахара не ниже 99 %. При указанном размещении корнеплодов наблюдается и минимальное количество неравномерно выступающих головок, большая часть которых (58 %) выступает из почвы менее чем на 3 см, что важно для уборки и снижения потерь.

В США шаг высева семян составляет: 12,7–15,2 см у 68,3 % фермеров; 11,4–12,7 см у 23,2 % фермеров; 7,6–11,4 см и более 15,2 см у 2,5 % фермеров. Единого стандарта не предусмотрено, так как сахарная компания определяет шаг высева для фермера исходя из сортовых, почвенно-климатических условий и результатов работы компании за ряд лет. В среднем шаг высева составляет около 10 см, т. е. 178 тыс. семян на 1 га при ширине междурядий 56 см. Семена высеваются на глубину около 3 см при скорости 3,2–6,4 км/ч, что позволяет получить к уборке около 89 тыс. шт. корнеплодов на 1 га, или примерно 500–590 шт. на 100 м.

Данные РосНИИТиМа по сравнительным испытаниям отечественных и зарубежных сеялок позволили установить следующее.

1. Дробление семян сахарной свеклы и качество их распределения зависят не только от типа дозирующего аппарата, но и от размера фракций семян. По показателю дробления предпочтительнее пневматические аппараты.

2. По скоростному режиму и высевающей способности все исследуемые сеялки соответствуют предъявляемым требованиям. Вместе с тем наибольшее отклонение (от 9 до 43,7 %) фактического высева семян от заданного отмечено у сеялки ССТ-12В с механическими высевающими аппаратами. У пневматических сеялок СТВ-107, СТВ-А, СТВ-12, "Гамма плюс" и "Мультикорн" отклонение фактического высева семян от заданного не превышает 16,7 %. Это обусловлено применением на современных сеялках

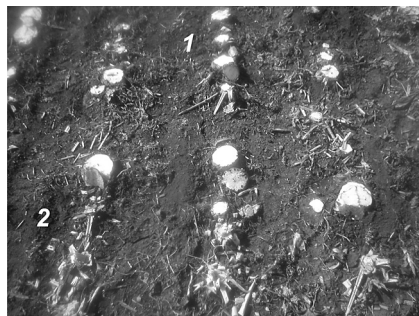


Рис. 1. Фрагмент поля с подготовленной к уборке сахарной свеклой, посеянной с междурядьями 45 см сеялкой точного высева зарубежного образца (неравномерность более 40 %):

1 — головки сахарной свеклы с нормальным развитием и срезом; 2 — пропуски и неразвитые растения

многоступенчатых легко переключаемых редукторов.

3. Лучшие показатели распределения семян в рядке обеспечивают высевающие аппараты сеялки СТВ-А, что обусловлено незначительным крутящим моментом на приводном валу этих аппаратов.

4. По количеству растений, расположенных с требуемыми интервалами, пневматические аппараты примерно равноценны. Они предпочтительнее механических высевающих аппаратов сеялки ССТ-12В.

Вместе с тем при оценке качества производственного посева пневматическими сеялками выявлена большая неравномерность размещения растений свеклы по длине рядка и размещения головок корнеплодов (рис. 1). Поэтому необходимо дальнейшее совершенствование рабочих органов сеялок. Кроме того, полевая всхожесть семян свеклы остается низкой, что приводит к пониженной густоте всходов.

В ВИМе разработаны рабочие органы сеялки (рис. 2), которые можно использовать как прототип для механических и пневматических сеялок [пат. РФ № 2384992], применяемых в точной технологии [2]. Они обеспечивают более высокое качество высева сахарной свеклы [6]: высокую равномерность размещения семян в посевной борозде, снижение дробления семян, устранение забивания почвой выгрузного пространства за сошником, повышение полевой всхожести при неоднородной плотности и влажности почвы в посевной борозде, низкую засорен-

ность рядка в начальные фазы развития свеклы.

Так, способ и устройство для высева пропашных культур [пат. РФ № 2219694] обеспечивают обработку почвы около рядка свеклы, что сдерживает рост сорняков в первый период развития всходов. При этом предпосевная культивация проводится полосно, что сокращает расход топлива и снижает засоренность посевов до 30 % (табл. 1).

Сеялка для пропашных культур [пат. РФ № 2328104], обеспечивающая повышение равномерности распределения семян, отличается тем, что ее высевающий аппарат снабжен коробообразным направителем, установленным за сошником между щечками и под носиком выталкивателя. Он снижает высоту хаотичного падения семян до 2 см. Рабочая поверхность выталкивателя вогнутая, а за ним в торцевой части щечек установлен пластинчатый клапан, препятствующий забиванию щечек почвой и свободному высеву семян.

Способ и устройство [пат. РФ № 2369065] обеспечивают работу по точной технологии в режиме прямых измерений (offline) и повышение полевой всхожести семян. Они реализуются с использованием датчиков влажности, температуры и электропроводности почвы (один из методов определения неоднородности влажности почвы), высева семян, вращения высевающего диска, контроллера и дополнительных новых элементов для введения и омагничивания жидкости (растворов). Устройство производит (рис. 3, б):

— измерение влажности почвы в слое 0–10 см перед проходом сошника с помощью емкостного датчика, установленного на комкоотводе сеялки;

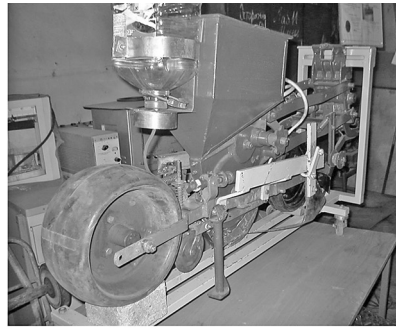
— нарезание сошником посевной борозды и высева в нее семян с одновременной регистрацией соответствующими датчиками высева семян, температуры и электропроводности почвы в зоне высева;

— введение активированной электролизом жидкости (катодной, рН 7–8, экспозиция 15 мин), прошедшей через поле магнита тороидального типа с индукцией 0,06–0,07 Тл, через патрубок на высеянные семена, порциями, если влажность почвы меньше оптимальной;

— заделку семян почвой (методом обрушения почвы в посевной



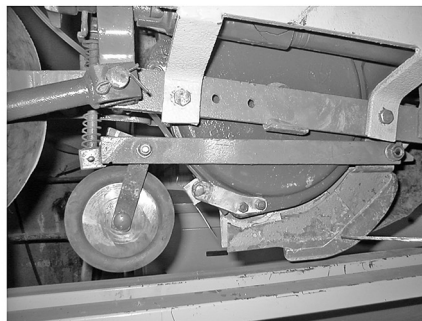
а)



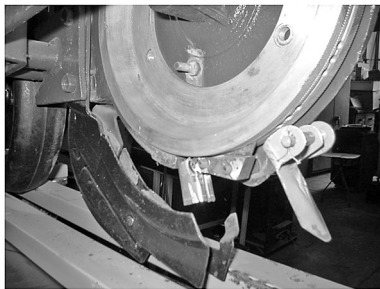
б)



в)



г)



д)



е)

Рис. 2. Сменные рабочие органы для повышения качества высева свеклы и других культур:

а — секция сеялки, оборудованная сменными рабочими органами для культивации почвы около рядка; б — посевная секция с увеличенным задним катком (130×260 мм); в — сменный прикатывающий каток увеличенного размера; г — подвеска бороздкового прикатывающего катка за сошником; д — коробообразный направитель семян и клапан на высевающем аппарате; е — новый выталкиватель, совмещенный с направителем семян

борозде ободом прикатывающего бороздкового колеса) после внесения жидкости и уплотнение семян в борозде прикатывающим бороздковым колесом с давлением в пределах 350—700 г/см², меньшее значение

которого принимается, если влажность почвы больше оптимальной;

— прикатывание почвы с семенами с уплотнением посевной борозды по оси рядка и в защитных зонах задним катком с давлением, не пре-

Таблица 1

Показатели засоренности защитных зон в посевах сахарной свеклы на безгербицидном фоне (ВИМ, Львовская ОСС)

Варианты опыта	Засоренность в защитных зонах при полных всходах, шт/м ²	Относительная засоренность, %	Ширина культивации почвы в защитных зонах при посеве, см
Контроль	392	—	—
С применением сеялки-культиватора	271,5	—30,7	3—4

вышающим 35—50 г/см², и последующей заделкой полосы шлейфом.

Управление процессами измерения влажности почвы и подачи жидкости должно производиться устройствами, например компьютером FL-Micro, с платой расширения, выходные каналы которой соответствуют числу посевных секций сеялки.

В результате полевых опытов установлено положительное влияние нового способа высева на показатели всходов и биологической урожайности сахарной свеклы (табл. 2).

Масса 100 растений перед прорывкой (1—2 пары листьев) увеличилась на 28 % за счет повышения силы роста по сравнению с контролем (посевом по существующей технологии). Биологическая урожайность корнеплодов повысилась в 1,5 раза, а густота — до 25 %, что обеспечивает расчетный экономический эффект 7—9 тыс. руб. с 1 га.

В технологической и конструкционной схемах сеялки можно использовать любую серийную сеялку, например ССТ (см. рис. 3, а), с ресурсосберегающим высевающим аппаратом, комкоотводом на независимой подвеске, передним и задним прикатывающими катками, килевидным сошником, выталкивателем и емкостным датчиком высева семян, совмещаемым с семяпроводом. Сеялку необходимо дооборудовать элементами для нового способа высева: волновым датчиком влажности почвы (см. рис. 3, в), устанавливаемым в днище комкоотвода; датчиками измерения электрического сопротивления и температуры почвы в посевной борозде, устанавливаемыми на сошнике; поводком подвески прикатывающего бороздкового колеса и механизмом регулирования жесткости пружины подвески; патрубком, который устанавливается между сошником и прикатывающим бороздковым колесом и соединяется рукавом, пропущенным через тороидальный постоянный магнит, с электроклапаном и электронасосом, соединенным с емкостью для жидкости.

Функционально вышеуказанные существующие и новые элементы сеялки должны взаимодействовать между собой по определенной схеме и управляться автономным бортовым компьютером (см. рис. 3, г) по специальной программе. Компьютер с USB-портом может быть ис-

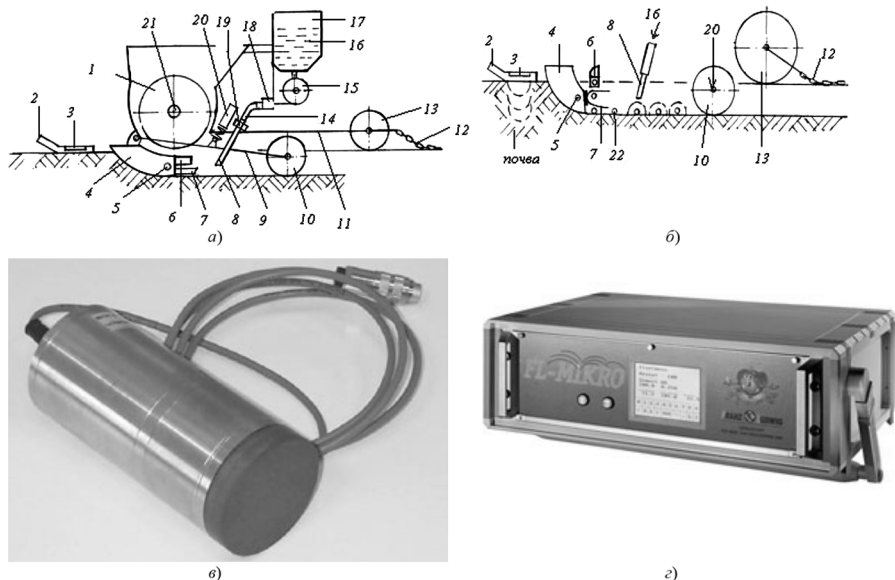


Рис. 3. Технологическая и конструкционная схемы сеялки для точного высева с оборудованием для измерения влажности почвы (прототип):

a — конструкционная схема секции сеялки; *б* — технологическая схема посева секцией сеялки; *в* — волновой датчик влажности почвы фирмы Franz Ludwig GmbH; *г* — компьютер FL-Mikro с USB-портом; 1 — посевная секция сеялки с высевальным диском; 2 — комкоотвод; 3 — датчик влажности; 4 — сошник; 5 — датчик температуры почвы; 6 — направлятель семян с датчиком их высева; 7 — датчик сопротивления почвы; 8 — патрубков; 9 — поводок; 10 — бороздковое колесо; 11 — рамка секции; 12 — цепной шлейф; 13 — заднее прикатывающее колесо; 14 — гибкий рукав; 15 — электронасос; 16 — активированная жидкость; 17 — емкость для жидкости; 18 — электроклапан; 19 — магнит; 20 — механизм регулирования давления бороздкового колеса; 21 — датчик вращения высевального диска

пользован как для высева, так и для аналогичных функций в других процессах в режиме online в системе точного земледелия.

В связи с тем, что новый способ высева сахарной свеклы помимо основной операции высева предусматривает также подачу активированной жидкости в посевную борозду на высеянные семена, принципиальная схема посевного агрегата может быть классифицирована как комбинированная.

Анализ схем комбинированных агрегатов указанного функциональ-

ного назначения показал, что рабочие органы (блок жидкостного оборудования) могут быть размещены на одной раме с сеялкой или на передней навеске трактора. Раздельная навеска сеялки и рабочих органов предпочтительна, так как не нарушает параметры посевного агрегата и позволяет использовать серийное оборудование опрыскивателей с минимальной модернизацией.

Установлено, что предельный расход активированной жидкости для высева по новому способу может составить до 1,152 м³/га. Введе-

ние в формулу коэффициента K_H неоднородности влажности почвы по длине рядка, что характерно для любого поля, может существенно снизить расход активированной жидкости. Тогда с учетом объема вводимой жидкости на одно семя Q_c , мм³/шт., нормы высева семян H_B , шт/га, сменной производительности посевного агрегата W_c , га/ч, и планируемой длительности работы агрегата без заправки в смену $T_{ц}$, ч, объем Q_o , м³, баков оборудования для активированной жидкости составит:

$$Q_o = K_H Q_c H_B W_c T_{ц} \cdot 10^{-6},$$

где 10^{-6} — переводной коэффициент, м³/мм³.

Расчеты показали, что при средних полевых условиях ($Q_c = 5,184$ мм³/шт.) для 12-рядной сеялки достаточно иметь баки емкостью 250—300 л. Это обеспечит цикличность их заправки не менее одной в час. При средних расстояниях транспортировок в хозяйствах 3 км один заправщик активированной жидкости с емкостью до 3,6 м³ (ГАЗ-53 АЦ) может обеспечить до десяти заправок в час как отдельного агрегата, так и их группы.

Технические характеристики предлагаемого посевного агрегата

Тип	навесной
Агрегатирование с тракторами	МТЗ / ХТЗ
Ширина захвата сеялки, м	2,7—10,1
Рядность	6—24
Скорость движения на основной операции, км/ч	
— рабочая	до 8
— транспортная	до 25
Место установки форсунок для подачи жидкости	в щечка сошника или после бороздкового колеса
Количество форсунок, шт.	6—24
Неравномерность подачи жидкости по ширине захвата, %	± 7—10
Ширина лент внесения жидкости, см	до 2
Общая вместимость баков агрегата, дм ³	до 300
Пределы регулирования расхода жидкости (раствора), кг/га	до 6 (до 150)
Способ внесения жидкости	полосный

Таблица 2

Показатели всходов и биологической урожайности сахарной свеклы в опытах (СКС ВИМ, Краснодарский край, г. Армавир)

Варианты опыта	Масса 100 растений, г	Вес корнеплодов, т/га	Вес ботвы, т/га	Густота растений на 1 га, тыс. шт.
Контроль (высев серийной сеялкой)	290	27,6	5,2	69,7
Обработка семян магнитным полем 0,06—0,07 Тл	335	34,7	6,3	84,6
Увлажнение семян в борозде активированной электролизом жидкостью, прошедшей через магнитное поле 0,06—0,07 Тл, и прикатывание	372	41,2	8,1	87,3

Привод подающего насоса	от электродвигателя 12 В
Давление, бар	1,5—5
Расход жидкости, л/мин	12—10
Габаритные размеры блока для жидкости, мм	
— длина	1421
— ширина	1170
— высота	880
Обслуживающий персонал	тракторист

Оборудование для подачи активированной жидкости к сеялке универсальное и состоит из рамы, емкостей, серийного насоса, распределителя, трубопроводов и форсунок с электроклапанами [5]. Привод насоса осуществляется от бортовой сети энергосредства. Оборудование навешивается на трактор спереди. Оно прошло приемочные испытания в составе комбинированного агрегата МПТД-12 для полосного подсева трав в дернину.

Таким образом, дальнейшее совершенствование как механических, так и пневматических сеялок для сахарной свеклы и других культур должно осуществляться в направлении повышения урожайности, равномерности высева семян и технического уровня за счет внедрения новых технологических приемов повышения полевой всхожести семян, инновационных рабочих органов и применения элементов и оборудования точного земледелия.

Литература и источники

1. **Лачуга Ю. Ф.** Научно-техническое развитие автоматизированных информационных систем для производства сельскохозяйственной продукции // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: Сб. докл. X Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. — М.: ВИМ, 2008.
2. **Михеев В. В.** Точная машинная технология производства сахарной свеклы — направления исследований // Автоматизация и информационное обеспече-

ние производственных процессов в сельском хозяйстве: Сб. докл. X Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 2. — М.: ВИМ, 2008.

3. **Личман Г. И.** и др. Система точного земледелия в современных агротехнологиях // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: Сб. докл. X Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 2. — М.: ВИМ, 2008.

4. **Шпаар Д.** Сахарная свекла (выращивание, уборка, хранение). — 5-е изд. — М.: DLV Агрodelo, 2006.

5. **Марченко О. С.** и др. Комбинированный агрегат МПТД-12 для полосного подсева семян трав и травосмесей на лугах и пастбищах // Сельскохозяйственные машины и технологии. — 2010, № 5.

6. **Михеев В. В.** Агротехнологическое обоснование возделывания сахарной свеклы по точной машинной технологии // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сб. докл. XII Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1. — М.: ВИМ, 2012.