



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИЕМОВ РАЗРАБОТКИ ТЕХНИКИ ДЛЯ СЕМЕНОВОДСТВА ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Бартенев И.И., кандидат технических наук

Гаврин Д.С., кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова»

e-mail: vniiss@mail.ru

Лысыч М.Н., главный инженер

Нагайцев В.М., Воскобойник М.Ю., инженеры

Инжиниринговый центр ФГБОУ ВО «Воронежский Государственный Лесотехнический Университет им. Г.Ф. Морозова»

e-mail: tablock9@gmail.com

***Аннотация.** Решение стратегической задачи по обеспечению страны свекловичным сахаром зависит не только от развития отечественной селекции сахарной свеклы, но и от внедрения в производство современных интенсивных приемов семеноводства с использованием специализированной техники. Проведенный в семеноводстве сахарной свеклы анализ показал отсутствие обеспечения агротехнических приемов выращивания семян отечественными средствами механизации. В рамках нашего проекта представлена программа разработки комплекса машин и оборудования, способного решить проблемы механизации процессов выращивания семян сахарной свеклы в условиях импортозамещения. Приводятся данные о методах проектирования средств механизации с использованием 3D-САПР на примере полуавтоматической высадкопосадочной машины. Результаты ее полевых испытаний подтвердили работоспособность конструкции и приемлемые качественные показатели процесса посадки.*

***Ключевые слова:** семеноводство сахарной свеклы, механизация, импортозамещение, семенные растения, высадкопосадочные машины, цифровое проектирование, имитационное моделирование, 3D-печать.*

Анализ способов ведения семеноводства показал, что наиболее перспективным для экологических зон России является интенсивное высадочное семеноводство на основе культуры штеклингов (маточных корнеплодов массой 10–200 г). Эта технология позволяет снизить затраты в сравнении с традиционным высадочным семеноводством (использование маточных корнеплодов массой до 800 г) в 2,0–2,5 раза. По этому показателю она может быть сопоставима с безвысадочным семеноводством. В то же время высадочный способ обладает и рядом преимуществ: высокий

коэффициент размножения семян, мелкоклеточная ксероморфная структура тканей корнеплодов летнего срока сева и лучшая сохранность растений в зимний период, более высокий выход посевных фракций семян, дифференцированный подход к отбору (браковке) нежелательных биотипов растений первого и второго годов жизни. Все это дает возможность получать в перспективе высококачественный посевной материал и, следовательно, максимально реализовывать генетический потенциал отечественных гибридов сахарной свеклы [1, 2, 3, 6].

Для осуществления интенсивных приемов семеноводства еще в 1970 г. была принята Программа МСХ РСФСР по выращиванию мелкого посадочного материала сахарной свеклы. Следует понимать, что мелкие маточные корнеплоды-штеклинги должны выращиваться с использованием агротехнических приемов, включающих поздние сроки сева и загущенный посев компонентов элиты. Однако из-за отсутствия специализированной семеноводческой техники, позволяющей выращивать, проводить уборку и посадку штеклингов, практического применения в производстве данное направление не получило. Это было связано прежде всего с устоявшимся с 30-х годов прошлого века экстенсивным способом ведения семеноводства с использованием крупных маточных корнеплодов, а со стороны машиностроителей — с заинтересованностью в производстве крупногабаритной металлоемкой техники (уборочные комбайны, посадочные машины), частично унифицированной с фабричным свекловодством и позволяющей в большей степени загрузить производственные мощности. В последующем, в начале 2000-х годов, в связи с переходом к рыночной экономике и началом поставок посевного материала зарубежной селекции научные исследования



Рисунок 1. Комплексная программа по разработке новой техники

в области совершенствования специализированной техники для семеноводства и разработки интенсивных агротехнических приемов выращивания семян были практически свернуты.

Поэтому в настоящее время одним из основных направлений по внедрению интенсивных приемов высадочного семеноводства в производство, кроме агротехники и технологии возделывания, является совершенствование и разработка специализированной техники, которая включает в себя следующий перечень основных машин и устройств:

1. Устройство для удаления ботвы маточной свеклы;
2. Машины для выкопки маточных корнеплодов;
3. Линия для калибровки посадочного материала (штеклингов);
4. Посадочные машины различных модификаций;
5. Устройство для чеканки семенных растений;
6. Косилки для скашивания семенных растений;
7. Полотняные горки для первичной очистки сырья свеклосемян.

Для ускорения процесса создания новых отечественных средств механизации для семеноводства гибридов сахарной свеклы ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова» совместно с Инжиниринговым центром ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова была подготовлена комплексная программа, включающая ряд этапов по

разработке новой и совершенствованию существующей техники (рис. 1).

Основным отличием данной программы в области семеноводства сахарной свеклы является широкое применение средств 3D-САПР, систем для инженерных расчетов, высокотехнологичных приемов металлообработки, лабораторных и полевых испытаний экспериментальных и опытных образцов машин и устройств. Ниже рассмотрены этапы разработки специализированных средств механизации по данной программе для семеноводства культуры на примере полуавтоматической высадкопосадочной машины для маточных корнеплодов.

Изучение особенностей объекта воздействия и требования к качеству посадки. Объектом воздействия при проведении посадочных работ является система «почва – маточные корнеплоды». Семенные растения сахарной свеклы имеют короткий вегетационный период – 80–100 дней и неглубокую корневую систему, расположенную в зоне 0–75 см. Поэтому для высаживаемой маточной свеклы решающее значение имеет срок ее посадки. Чем меньше размеры корнеплодов, тем более важен этот показатель. Установлено, что ранняя посадка позволяет растениям более эффективно использовать накопленную влагу из нижних горизонтов почвы, что положительно сказывается на приживаемости и развитии семенных растений, повышает урожайность и качество полученных семян.

В свою очередь, сохранение почвенной влаги должно учитываться и при разработке рабочих органов посадочных машин. Так, на посадочных машинах серии МПШ устанавливаются дополнительные рыхлители долообразного типа, позволяющие использовать влагосберегающую технологию посадки маточной свеклы. Эта технология предполагает сплошную мелкую предпосадочную культивацию всего поля на глубину 6–8 см и глубокое рыхление почвы на 15–16 см непосредственно в зоне рядков высаживаемых корнеплодов [5].

Для определения оптимальных параметров рабочих органов машин необходимо также знать размерно-массовые характеристики маточных корнеплодов компонентов гибридов сахарной свеклы. Имеющиеся в литературе сведения по этому вопросу и наши исследования показали, что зависимость размерных характеристик маточных корнеплодов (диаметр головки, длина) у ранее возделываемых сортов в сравнении с современными компонентами гибридов культуры значительных изменений не претерпели (рис. 2).

Для проектирования рабочих органов посадочных машин необходимо выбрать оптимальные размеры маточных корнеплодов, позволяющие получать максимальную семенную продуктивность и качественные показатели семян сахарной свеклы. Так, исследования, проведенные на Первомайской ОСС в 2013–2014 гг., показали, что для зоны неустойчиво-



Рисунок 2. Зависимость массы корнеплода от диаметра его головки

го увлажнения в условиях орошения использование корнеплодов-штеклингов летнего посева массой 20–40 и 41–80 г в сочетании с оптимальной густотой посадки (3,0–3,5 растений на 1 м) и корнеплодов массой до 200 г (2,8–3,0 растений на 1 м) имели значительное преимущество в сравнении с посадкой крупных корнеплодов по урожайности и качеству убранных семян [8].

В богарных же условиях ведения семеноводства преимущество имеют более крупные корнеплоды массой 150–300 г. Следовательно, рабочие органы машин должны обеспечивать качественную посадку в довольно широком диапазоне размерно-массовых характеристик посадочного материала и удовлетворять следующим требованиям: вертикальность посадки (отклонение от вертикали не более 15°), глубина заделки (3–5 см), плотность почвы вокруг высаженного корнеплода (усилие на выдергивание 25–50 Н) [7].

Условно и штеклинги, и более крупные корнеплоды для механизированной посадки по уплотненным схемам можно распределить по группам: 20–50 г (25–30 мм); 51–150 г (31–50 мм) и 151–400 г (51–80 мм) (рис. 3).

На основе данных по размерно-массовым характеристикам и семенной продуктивности штеклингов были смоделированы и изготовлены с применением 3D-печати макеты маточных корнеплодов. За счет подбора плотности заполнения макета корнеплода удалось добиться не только его полного соответствия по геометрическим, но и по массово-инерционным параметрам, что существенно для достоверности исследований (рис. 4).

Обоснование принципиальной схемы рабочих органов посадочного аппарата. Опыт создания посадочных машин ВНИИССом и производственные испытания показали, что корнеплоды-штеклинги массой 20–

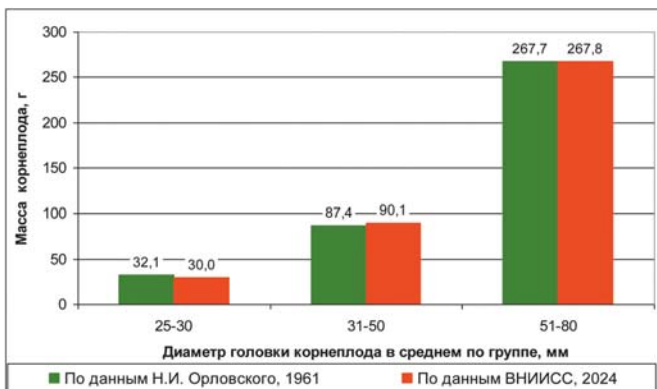


Рисунок 3. Размерно-массовые характеристики корнеплодов по группам

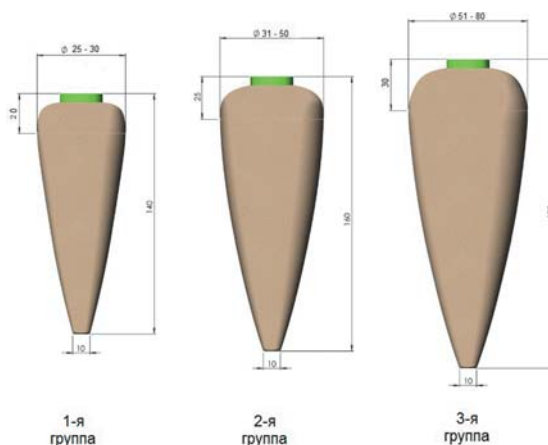


Рисунок 4. Модели корнеплодов по размерно-массовым характеристикам

50 г с диаметром головки 25–30 мм успешно высаживались навесными посадочными машинами с ручной подачей штеклингов в углубления, образованные специальным почворыхляющим устройством роторного типа (рис. 5) [4].

Требованиям к посадке более крупных корнеплодов отвечает посадочный аппарат, состоящий из колес, соединенных шарнирными поводками, образующими

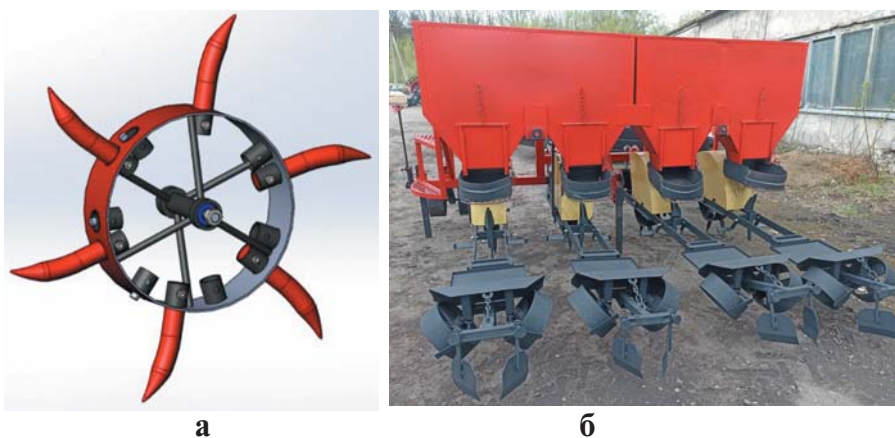


Рисунок 5. Лункообразователь роторного типа (а) и высадкопосадочная машина МПШ-4МРУ с его применением (б)

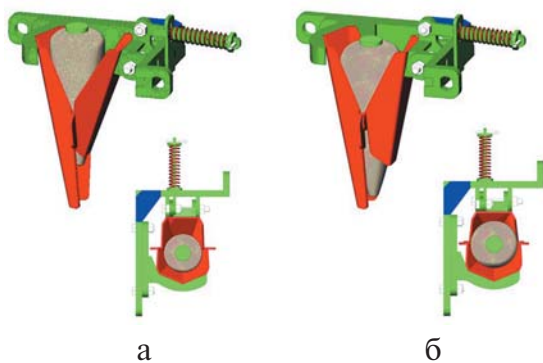


Рисунок 6. Типы посадочных конусов для корнеплодов различных групп

параллелограммный механизм. На поводках устанавливаются посадочные конусы, состоящие из подвижного и неподвижного полуконусов. Аппаратами такой конструкции оснащались отечественные высадкопосадочные машины ВПС-2,8М; ВПУ-4 для посадки маточных корнеплодов массой до 800 г. Поэтому для дальнейших исследований были созданы 3D-модели посадочных конусов, учитывающие размерные характеристики корнеплодов сахарной свеклы массой 51–150 г для ведения семеноводства в условиях орошения (рис. 6а) и 151–400 г, более пригодные для выращивания семян на богаре (рис. 6б).

Определение геометрических параметров рабочих органов и изготовление макетного образца. Для определения геометрических параметров посадочного аппарата и исследования его кинематических, динамических и силовых характеристик выполнялся ряд имитационных экспериментов с использованием методов многотельной динамики (МБД), реализованных в приложении для инженерных расчетов, интегрированном непосредственно в CAD. Созданная таким образом имитационная модель позволяет осуществлять визуальный контроль процесса моделирования и быстро устранять ошибки и аномалии при отладке модели. За счет того, что имитационная модель реализована в интегрированном в CAD-приложении, доступна возможность быстрого перестроения ее геометрии, что крайне важно для поиска оптимальных конструктивных решений, особенно на ранних стадиях проектирования.

Затраты на испытание в лабораторных и полевых условиях существенно снижаются за счет выявленных ошибок проектирования на ранних стадиях создания конструкции рабочих органов и компоновки машин различного типа. В нашем случае – процесс моделирования рабочего процесса посадочного аппарата для корнеплодов сахарной свеклы осуществлялся на специально разработанном виртуальном стенде (рис. 7).

Лабораторная экспериментальная проверка полученных геометрических и кинематических пара-

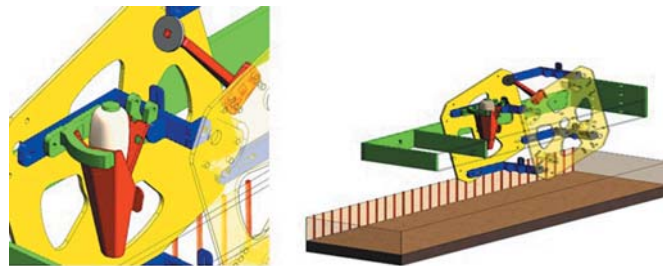


Рисунок 7. Имитационный эксперимент с использованием методов многотельной динамики (МБД)

метров посадочного аппарата была выполнена на его полноразмерном функциональном макетном образце, изготовленном с использованием 3D-печати (рис. 8).

Изготовление экспериментального образца посадочного аппарата и проверка его работоспособности. На основании полученных данных по определению кинематических параметров макетного образца и расчетов на прочность был изготовлен экспериментальный образец посадочного аппарата в металле и проведены его испытания в почвенном канале (рис. 9).

С целью заключительных имитационных исследований и разработки конструкторской документации был создан 3D-концепт посадочной полуавтоматической машины для корнеплодов сахарной свеклы с учетом окончательных параметров посадочного аппарата в CAD-приложении (рис. 10).

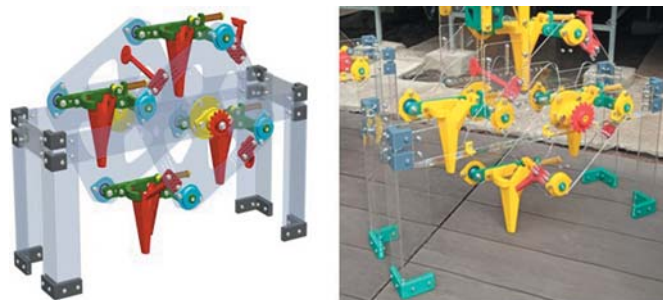


Рисунок 8. Полноразмерный функциональный макетный образец посадочного аппарата



Рисунок 9. Испытания экспериментального образца посадочного аппарата в почвенном канале



Кроме этого, необходимо учитывать, что процесс посадки маточной свеклы происходит с участием человека – оператора посадочной машины, поэтому важно выполнение ряда эргономических требований. Для лучшего функционирования системы «человек – машина» были определены соответствие и удобство расположения среднестатистического оператора (рост 170 см, вес 80 кг) относительно бункера с посадочным материалом, рук сажальщика при загрузке посадочных конусов и опорных подножек посадочной секции. Для снижения утомляемости оператора были также подобраны оптимальные скоростные режимы рабочих органов и агрегата.

После задания свойств реальных материалов для всех элементов конструкции рамы были исследованы массо-инерционные характеристики. Масса в данной конфигурации составила 1054 кг (рис. 11).

В итоге был изготовлен опытный образец высадкопосадочной машины. Весной 2023 г. он прошел успешные полевые испытания на селекционных полях ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова» (рис. 12).

Учеты и наблюдения, проведенные в процессе работы опытного образца полуавтоматической посадочной машины, показали следующие результаты:

- шаг посадки 35 см с отклонением от установленного значения ± 2 см;
- глубина посадки 3–4 см (расположение головки корнеплода от поверхности почвы);
- вертикальность посадки маточных корнеплодов – 87 % высаженных корнеплодов с отклонением от вертикали 0–10°, 13 % с отклонением от вертикали 10–25°;
- количество поврежденных корнеплодов при посадке не более 1,5 %.

Полученные показатели соответствуют агротехническим требованиям по качеству выполнения технологического процесса посадки высадкопосадочными машинами, что дает возможность с учетом дальнейшей доработки машины рекомендовать ее в производство для механизации посадки маточной свеклы в семеноводческих хозяйствах РФ.

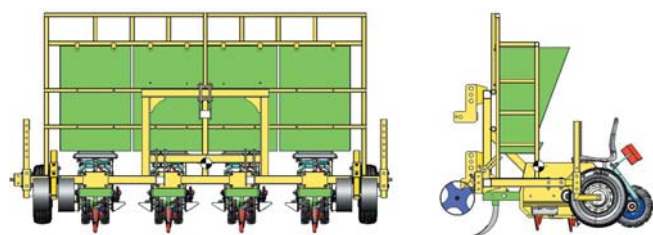


Рисунок 11. Исследование массо-инерционных характеристик имитационной модели посадочной машины

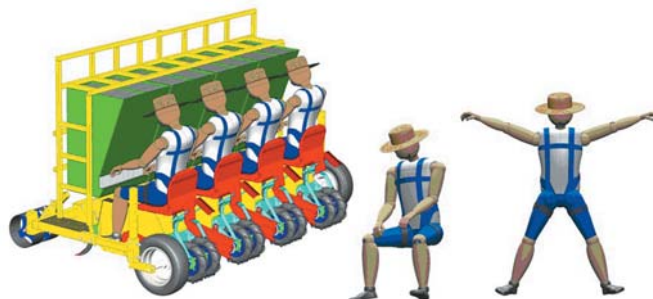


Рисунок 10. 3D-модель посадочной машины

Список использованной литературы

1. Апасов, И.В. Семеноводство сахарной свеклы – стратегический ресурс свеклосахарного комплекса России / И.В. Апасов, М.А. Смирнов, И.И. Бартнев, С.П. Борзенков // Сахар. – 2015. – № 12. – С. 20-22.
2. Бартнев, И.И. Эффективность способов семеноводства и перспективы их развития / И.И. Бартнев, И.В. Апасов, Д.С. Гаврин // Сахарная свекла. – 2019. – № 3. – С. 9-14.
3. Бартнев, И.И. Летние посевы маточной свеклы – основа эффективного семеноводства / И.И. Бартнев, Д.С. Гаврин // Сахарная свекла. – 2019. – № 7. – С. 17-22.
4. Бартнев, И.И. Новая техника для семеноводства / И.И. Бартнев // Сахарная свекла. – 2016. – № 11. – С. 14-15.
5. Бартнев, И.И. Элементы энергоэкономической технологии / И.И. Бартнев, Н.А. Усанов, Е.Н. Андреев // Сахарная свекла. – 1996. – № 10. – С. 20-21.
6. Зубенко, В.Ф. Сахарная свекла / Под ред. В.Ф. Зубенко. – Киев: «Урожай», 1979. – 416 с.
7. Машина высадкопосадочная с полуавтоматической подачей корней в посадочные аппараты ВПС-2,8. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Харьков, 1979.



Рисунок 12. Полевые испытания опытного образца высадкопосадочной машины

8. Шевченко, А.Г. Технологические приемы производства семян гибридов сахарной свеклы методом штеклингов на орошении / А.Г. Шевченко, А.В. Логвинов, В.Н. Мищенко, В.А. Логвинов, С.С. Кошкин, И.Г. Корсун, Д.Н. Записоцкий, А.А. Плешаков // Сахарная свекла. - 2018. - № 5. - С. 2-7.

Improvement of techniques for sugar beet hybrids seed production machinery

Bartenev I.I., Gavrin D.S., Lysych M.N., Nagaytsev V.M., Voskoboynik M.Yu.

Summary. The solution of strategic task of providing the country with beet sugar depends not only on the development of domestic sugar beet breeding, but also on the introduction of modern intensive seed production techniques using specialized equipment. The analysis carried out in seed production of sugar

beet showed the lack of provision of agrotechnical methods of growing seeds with domestic means of mechanization. As part of our project, we present a program for the development of a set of machines and equipment capable to solve problems of mechanization of growing sugar beet seeds in the conditions of import substitution. Data on the methods of designing mechanization tools using 3D CAD are presented on the example of a semi-automatic landing machine. The results of its field tests are presented, confirming the performance of the structure and acceptable quality indicators of the planting process.

Keywords: sugar beet seed production, mechanization, import substitution, seed plants, planting machines, digital design, simulation modeling, 3D printing.

ИНФОРМАЦИЯ

Увеличение утильсбора на сельхозтехнику будет способствовать развитию отрасли

Увеличение размера утилизационного сбора на сельхозтехнику создаст дополнительные возможности для развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения. Российская продукция должна планомерно заместить иностранную технику на российском рынке. Об этом заявил заместитель министра сельского хозяйства РФ Андрей Разин.

Он отметил, что для снижения рисков повышения цен на отечественную сельскохозяйственную технику Минсельхоз совместно с Минпромторгом будет проводить работу по недопущению ежегодного повышения уровня цен на отечественную сельхозтехнику выше индекса цен на промышленную продукцию. Кроме этого, ФАС России начиная с 2025 года будет осуществлять мониторинг цен на сельхозтехнику не только у заводов-изготовителей, но и у дилеров, реализующих ее.

В то же время в «Росагролизинге» сообщили, что компания последовательно поддерживает отечественных производителей сельскохозяйственной техники. Так, с каждым годом компания увеличивает объемы закупок отечественного оборудования для отрасли.

По итогам 2024 года каждый второй трактор и комбайн, произведенный в России, поставлен через «Росагролизинг». Новая мера по увеличению утилизационного сбора нацелена на укрепление позиций российских машиностроителей и в целом технологического суверенитета. 97 % льготных поставок, осуществляемых «Росагролизингом», составляет техника отечественного производства. А над серийным выпуском оставшихся 3 % машиностроители уже начали активно работать.

Ранее Минпромторг сообщил, что долгосрочная шкала индексации утильсбора на некоторые виды сельскохозяйственной техники будет введена в России



с 1 января 2025 года. Действующие коэффициенты будут проиндексированы с 1 января, за исключением сельскохозяйственных тракторов до 340 лошадиных сил. Далее с 2026 по 2030 год коэффициенты будут индексироваться на 15 % ежегодно.

Как напомнили в Минпромторге, утильсбор уплачивают как производители, так и импортеры техники. Корректировка коэффициентов коснется только серийно производимых на территории РФ и Беларуси видов техники. «На данный момент это колесные тракторы, гусеничные сельскохозяйственные тракторы, зерноуборочные и силосоуборочные комбайны, самоходные опрыскиватели и косилки», — уточнили в министерстве.

Кроме того, Минпромторг и Минсельхоз ежегодно будут точно формировать квоты на ввоз зарубежной сельхозтехники в случаях, когда отечественные и белорусские предприятия не смогут в полной мере удовлетворить заявленную аграриями потребность. Утилизационный сбор будет при этом уплачиваться по коэффициентам 2024 года.

Подготовлено ФГБУ «Центр Агроаналитики»