**Список использованной литературы**
1. https//qomselmach/by. (Дата доступа 01.09.2026 г.)
2. https//qomselzin/by. (Дата доступа 01.09.2026 г.)
3. Тракторы и сельскохозяйственные машины. №3, 1988 г. – С. 21–22.

УДК 631.333:631.331

# ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА ДОЗИРОВАННОЙ ПОДАЧИ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ПОСАДКЕ САДОВЫХ КУЛЬТУР

**Н.Б. Хайрова, докторант,**
**А.С. Ибраев, канд. техн. наук, PhD, и.о. доцента**
*НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, Республика Казахстан*

*Аннотация.* В статье предложена конструктивно-технологическая схема механизма дозированной подачи органических удобрений, предназначенного для работы в составе универсального посадочного комплекса садовых и лесных культур.

*Abstract.* The article proposes a design and technological scheme for a metered organic fertilizer delivery mechanism intended for operation as part of a universal planting system for orchard and forest crops.

*Ключевые слова:* органические удобрения, дозированная подача, садовые культуры.

*Keywords:* organic fertilizers, metered application, garden crops.

## Актуальность

Закладка садов и лесных насаждений предусматривает выполнение комплекса технологических операций, среди которых существенное значение имеет внесение удобрений в зону размещения корневой системы растений. При посадке саженцев наиболее рациональным является локальное внесение заданной дозы удобрений непосредственно в посадочную траншею. Такой способ позволяет размещать питательные вещества в требуемой зоне и уменьшать их непроизводительное распределение по площади [1-3].

Существующие технические средства для внесения органических удобрений преимущественно рассчитаны на сплошное или полосовое распределение материала. Применение подобных машин при посадке садовых культур затрудняет формирование отдельных доз, согласованных с расположением высаживаемых растений. Анализ конструкций машин и рабочих органов показывает наличие различных решений для транспортирования и локального внесения удобрений, в том числе с использованием шнековых рабочих орга-

нов и устройств периодической подачи материала [7-9]. Вместе с тем при совмещении операций формирования траншеи, внесения удобрений и посадки требуется обеспечить не только транспортирование материала, но и получение заданной порции с последующей ее подачей в определенную точку технологической линии.

Для решения данной задачи разрабатывается механизм дозированной подачи органических удобрений, включающий бункер, шнековый транспортер, мерную камеру с управляемой заслонкой, приемную воронку и направляющий желоб. Шнек обеспечивает непрерывную подачу материала из бункера в мерную камеру. После формирования установленной дозы заслонка открывается, и удобрение под действием силы тяжести поступает через направляющий желоб в посадочную траншею. Такая схема позволяет исключить необходимость периодической остановки шнека при формировании каждой порции и разделить процессы транспортирования и дозирования материала [4-6].

Работоспособность предлагаемого механизма в значительной степени определяется вместимостью мерной камеры, производительностью шнека и продолжительностью цикла дозирования. Несогласованность этих параметров может привести к неполному заполнению камеры, переполнению дозатора либо нарушению требуемого интервала внесения удобрения.

Цель работы – обоснование основных конструктивно-технологических параметров механизма дозированной подачи органических удобрений при их локальном внесении в процессе посадки садовых культур.

**Результаты работы**

Разрабатываемый механизм дозированной подачи органических удобрений является составной частью универсального посадочного комплекса, предназначенного для механизации посадки садовых и лесных культур. Комплекс построен по модульному принципу и обеспечивает последовательное выполнение технологических операций за один проход агрегата. Первый модуль формирует посадочную траншею, второй обеспечивает внесение органических и минеральных удобрений, третий предназначен для размещения саженцев в подготовленной траншее. Такое расположение рабочих органов позволяет последовательно подготовить почву, внести удобрения в зону будущего развития корневой системы и выполнить посадку.

Для понимания места исследуемого механизма в общем технологическом процессе предлагается конструктивно-технологическая схема, представленная на рисунке 1.

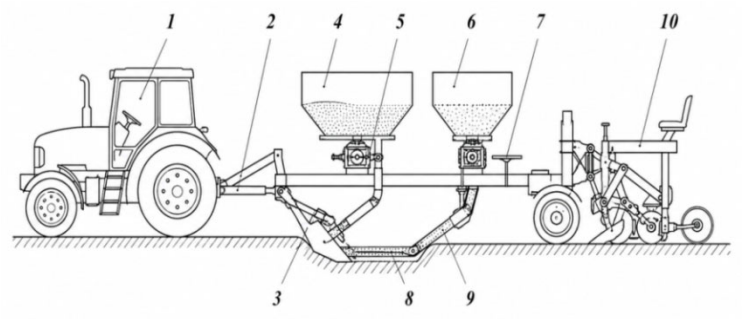


Рисунок 1 – Конструктивно-технологическая схема посадочного комплекса: 1 – энергетическое средство; 2 – рама комплекса; 3 – траншееобразующий рабочий орган; 4 – бункер органических удобрений; 5 – механизм дозированной подачи органических удобрений; 6 – бункер минеральных удобрений; 7 – устройство дозирования минеральных удобрений; 8 – направляющий тракт; 9 – посадочная траншея; 10 – посадочный модуль

В настоящей работе рассматривается механизм дозированной подачи органических удобрений второго модуля. Его назначение заключается в формировании отдельной порции удобрения и ее подаче в посадочную траншею в соответствии с шагом размещения саженцев. В качестве рабочего материала предусмотрено использование сухого рыхлого перегноя на основе навоза крупного рогатого скота. Принятая технологическая доза составляет 10–15 л на один саженец при шаге посадки 3 м.

Основной бункер органических удобрений имеет форму перевернутой трапеции. В его нижней части выполнен полукруглый желоб, в котором расположен шнековый рабочий орган. Длина бункера составляет 2690 мм, внутренняя высота – 1290 мм, ширина верхней части – 620 мм, нижней – 280 мм. Для транспортирования материала используется шнек наружным диаметром 250 мм, с диаметром центрального вала 50 мм и шагом витка 250 мм. Длина шнека составляет 2942 мм, принятая частота вращения – 60 мин$^{-1}$.

Использование шнека только в качестве дозирующего рабочего органа затрудняет получение отдельных порций заданного объема. Поэтому в предлагаемой конструкции функции транспортирования и дозирования разделены. Шнек непрерывно перемещает материал

к выходному окну бункера, а формирование отдельной порции происходит в мерной камере. После накопления заданного количества удобрения нижняя заслонка открывается, материал выгружается под действием силы тяжести в приемно-направляющий раструб и далее по желобу поступает в посадочную траншею. После выгрузки заслонка закрывается и начинается формирование следующей порции. Шнек в течение цикла не останавливается.

Расчетная схема механизма представлена на рисунке 2.

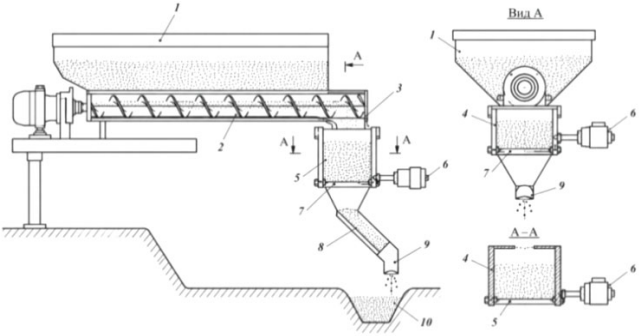


Рисунок 2 – Расчетная схема механизма дозированной подачи органических удобрений:
1 – бункер; 2 – шнек; 3 – выходное окно; 4 – мерная камера;
5 – нижняя заслонка; 6 – привод заслонки; 7 – приемно-направляющий раструб;
8 – направляющий желоб; 9 – выпускной патрубок; 10 – посадочная траншея

При обосновании параметров механизма исходили из условия, что производительность шнека должна обеспечивать заполнение мерной камеры за время, не превышающее интервал движения машины между соседними местами внесения. Основные исходные параметры представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные параметры механизма дозированной подачи

| Параметр | Значение |
|---|---|
| Вид органического удобрения | сухой рыхлый перегной |
| Доза на один саженец, л | 10–15 |
| Шаг посадки, м | 3 |
| Наружный диаметр шнека D, мм | 250 |
| Диаметр вала d, мм | 50 |
| Шаг витка S, мм | 250 |
| Длина шнека, мм | 2942 |
| Частота вращения n, мин$^{-1}$ | 60 |
| Геометрический объем мерной камеры, л | 18 |

Объем материала, теоретически перемещаемого шнеком за один оборот при полном заполнении межвиткового пространства, определяли по выражению

$$V_0 = \frac{\pi\left(D^2 - d^2\right)S}{4}, \quad (1)$$

где $V_o$ – объем материала за один оборот, м³/об;

$D$ – наружный диаметр шнека, м;

$d$ – диаметр вала, м;

$S$ – шаг витка, м.

При $D$ = 0,25 м, $d$ = 0,05 м и $S$ = 0,25 м расчетное значение составляет $V_o$ = 0,01178 м³/об, или 11,78 л/об.

Теоретическая объемная производительность шнека определяется как

$$Q_0 = V_0 n, \quad (2)$$

При $n$ = 60 мин⁻¹ получено $Q_o$ = 706,8 л/мин. Данное значение соответствует полному заполнению межвиткового пространства и поэтому не характеризует фактическую подачу рыхлого перегноя. С учетом коэффициента заполнения φ производительность определяется зависимостью

$$Q_0 = V_0 n \varphi, \quad (3)$$

При предварительно принятом для расчетного обоснования φ = 0,20 получено Q = 141,4 л/мин. Коэффициент заполнения в данном случае является расчетным параметром и в дальнейшем должен уточняться экспериментально для используемого органического материала.

Для отделения транспортирования материала от процесса формирования дозы принята мерная камера геометрическим объемом 18 л. Ее вместимость превышает максимальную технологическую дозу 15 л, что создает резерв объема и исключает необходимость заполнения камеры до верхней кромки. При дозе 10 л используется 55,6 % ее геометрического объема, при дозе 15 л – 83,3 %. Следовательно, рабочий диапазон заполнения камеры составляет 55,6–83,3 %. Формирование требуемой порции предусматривается регулированием продолжительности накопления материала при закрытой заслонке, а не обязательным полным заполнением камеры.

Время формирования одной дозы определяется отношением

$$t_{\text{ф}} = \frac{60V_{\text{д}}}{\text{Q}}, \tag{4}$$

где $t_{\text{ф}}$ – время формирования дозы, с;

$V_{\text{д}}$ – заданный объем дозы, л;

$Q$ – расчетная производительность шнека, л/мин.

При $Q$ = 141,4 л/мин для дозы 10 л получаем $t$ф = 4,24 с, а для дозы 15 л – 6,36 с.

Для согласования процесса дозирования с поступательным движением комплекса интервал времени между двумя последовательными местами внесения определяется как

$$t_{\text{дв}} = \frac{\text{l}}{\upsilon}, \tag{5}$$

где $l$ – шаг посадки, м;

$v$ – скорость движения комплекса, м/с.

При $l$ = 3 м и $v$ = 0,5 м/с интервал составляет $t$дв = 6 с. Следовательно, для минимальной дозы условие $t$ф < $t$дв выполняется: 4,24 < 6 с. Для максимальной дозы расчетное время формирования составляет 6,36 с и несколько превышает интервал движения 6 с. Полученное соотношение показывает, что постоянная частота вращения шнека 60 мин$^{-1}$ не обеспечивает необходимого резерва производительности во всем принятом диапазоне доз при рассматриваемой скорости движения.

Требуемая производительность механизма при изменении скорости движения может быть представлена через удельную подачу удобрения. При дозе 10–15 л и шаге посадки 3 м на один метр пути приходится 3,33–5,00 л удобрения. Тогда

$$Q_{\text{д}} = 60q\text{v}\ , \tag{6}$$

где $Q_{\text{д}}$ – требуемая производительность, л/мин;

$q$ – удельная подача, л/м;

$v$ – скорость движения, м/с.

При v = 0,5 м/с требуемая производительность составляет 100 л/мин для дозы 10 л и 150 л/мин для дозы 15 л. Расчетная производительность шнека 141,4 л/мин занимает промежуточное положение между указанными значениями. Следовательно, для устойчивого формирования дозы **10–15 л при изменении скорости дви-**

**жения целесообразно предусмотреть регулирование подачи шнека**, а момент открытия заслонки согласовать с пройденным комплексом расстоянием.

Компоновка механизма также определяется взаимным расположением бункера и посадочной траншеи. Горизонтальное расстояние от центра вала шнека до оси траншеи составляет 1120 мм. Поэтому непосредственная вертикальная выгрузка из мерной камеры не обеспечивает поступление удобрения в требуемую зону. Для перемещения сформированной порции предусмотрены приемно-направляющий раструб и составной желоб, обеспечивающие отвод материала от боковой части машины к продольной оси посадочной траншеи.

Проведенное расчетное обоснование позволило принять для дальнейшей разработки механизма шнек диаметром 250 мм с шагом 250 мм, мерную камеру объемом 18 л и принцип непрерывного транспортирования материала с периодической выгрузкой сформированной порции. При этом результаты расчета показывают необходимость согласования производительности шнека со скоростью движения посадочного комплекса, что является одним из основных условий обеспечения заданной дозы удобрения.

**Заключение**

Предложена конструктивно-технологическая схема механизма дозированной подачи органических удобрений, предназначенного для работы в составе универсального посадочного комплекса садовых и лесных культур. В основу его работы положено разделение процессов транспортирования и дозирования: шнек непрерывно перемещает органическое удобрение из бункера, а формирование отдельной порции осуществляется в мерной камере с управляемой заслонкой [4-6].

Для принятого диапазона разовой дозы 10–15 л обосновано применение мерной камеры геометрическим объемом 18 л. При этом степень использования ее объема составляет 55,6–83,3 %, что обеспечивает необходимый резерв вместимости. Для шнека наружным диаметром 250 мм, диаметром вала 50 мм, шагом 250 мм и частотой вращения 60 мин$^{-1}$ при расчетном коэффициенте заполнения 0,20 получена объемная производительность 141,4 л/мин.

При шаге посадки 3 м и скорости движения комплекса 0,5 м/с интервал между последовательными местами внесения составляет 6 с. Расчетное время формирования дозы 10 л равно 4,24 с, а дозы 15 л – 6,36 с. Установлено, что принятые параметры обеспечивают

формирование минимальной дозы за требуемый интервал времени, тогда как для устойчивой подачи максимальной дозы необходим некоторый резерв производительности. Поэтому дальнейшее совершенствование механизма целесообразно направить на регулирование подачи шнека в зависимости от заданной дозы и скорости движения посадочного комплекса.

Полученные расчетные зависимости могут быть использованы при выборе режимов работы механизма и последующей разработке системы управления дозированной подачей органических удобрений. Экспериментальное определение фактического коэффициента заполнения шнека и проверка стабильности формирования доз являются последующим этапом исследований.

**Список использованной литературы**

1. Song M., He J., Lyu X., Song Z., Cao G., Cheng S. Current status of orchard mechanization technologies and key development priorities in the 15th Five-Year Plan period // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. – 2025. – Vol. 18, No. 6. – P. 12–23. – DOI: 10.25165/j.ijabe.20251806.9314.

2. Li Z., Li C., Zeng Y., Mai C., Jiang R., Li J. Design and Realization of an Orchard Operation-Aid Platform: Based on Planting Patterns and Topography // Agriculture. – 2025. – Vol. 15. – Art. 48.

3. Eceoğlu O., Ünal İ. Optimizing Orchard Planting Efficiency with a GIS-Integrated Autonomous Soil-Drilling Robot // AgriEngineering. – 2024. – Vol. 6. – P. 2870–2890.

4. Ибраев А.С., Сарсенов А.Е. Эффективность цифрового моделирования на этапах проектирования сельхозмашин // Научные достижения для эффективного развития садоводства: материалы научно-практической конференции. – Мичуринск-наукоград РФ, 2025. – С. 179–?

5. Ibraev A., Kubasheva Zh., Sarsenov A., Arystanov E., Issetov A., Kadyrgaliyev A., Tureshova A., Khairova N. Theoretical Studies of the Interaction of the Working Body of the Planting Machine with the Soil // Applied Agro Engineering. – 2026. – No. 2(1). – P. 27–36. – DOI: 10.52578/3134-853X-2026-2-27-36.

6. Ibrayev A., Sarsenov A., Kubasheva Zh., Arystanov Y., Tanbayev K., Khairova N., Tureshova A. Soil–Tool Interaction Investigations of the Disc Cutter with Adjustable Setting for a Planting Machine // AgriEngineering. – 2026.

7. ИбраевА.С. Техническое средство для устройства борозд под посадку плодово-ягодных культур // Агропродовольственная политика России. – 2020. – № 5. – С. 47–51.

8. Завражнов А.А., Завражнов А.И., Ланцев В.Ю., Ибраев А.С., Нургалиев Л.М. Перспективное техническое средство, применяемое для обустройства посадочных мест под посадку плодово-ягодных культур // Развитие производственного и научного потенциала отрасли садоводства и питомниководства в Российской Федерации: материалы научно-практической конференции. – Мичуринск, 2019. – С. 258–262.

9. Завражнов А.А., Завражнов А.И., Ибраев А.С., Гончаров А.А., Ланцев В.Ю. Машины для нарезания технологических борозд в садоводстве // Агропродовольственная политика России. – 2018. – № 3. – С. 40–44.