

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2026-53-126-135>

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УЗЛОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТА ПОСАДКИ

**Конурбекова Л.Т.¹, Касымбеков Р.А.¹, Айтуганов Б.Ш.¹, Акматова С.Ж.²,
Карыбекова Г.К.², Жунусбаев Р.Т.²**

¹*Институт машиноведения, автоматики и геомеханики Национальной академии наук Кыргызской Республики, Бишкек, Кыргызская Республика;*

²*Кыргызский национальный аграрный университет имени К.И. Скрябина, Бишкек, Кыргызская Республика*

Ключевые слова: клубника, комбинированное устройство, фрезерный барабан, грядообразователь, капельная лента, мульчирующая плёнка, конструктивные параметры, механизация.

Аннотация. В статье выполнено обоснование основных конструктивных параметров узлов комбинированного устройства для формирования места посадки клубники, обеспечивающего выполнение операций рыхления почвы, формирования гряд, укладки капельной ленты и мульчирующей плёнки за один проход агрегата. Исследование основано на методах инженерного расчёта с учётом физико-механических свойств почвы и агротехнических требований культуры. Получены рациональные значения диаметра и ширины захвата фрезерного барабана, геометрических параметров грядообразователя, параметров укладчика капельной ленты и узла подачи мульчирующей плёнки. Установлены расчётные зависимости для определения ширины гряды, высоты, угла откосов и силы натяжения рулонных материалов. Обоснованные параметры обеспечивают согласованную работу узлов агрегата, снижение энергоёмкости процесса и повышение качества формирования посадочного ложа. Результаты могут быть использованы при проектировании и модернизации сельскохозяйственных машин для возделывания ягодных культур

SUBSTANTIATION OF THE MAIN PARAMETERS OF THE DEVICE UNITS FOR FORMING STRAWBERRY PLANTING SITE

**Konurbekova L.T.¹, Kasymbekov R.A.¹, Aituganov B.Sh.¹, Akmatova S.Zh.²,
Karybekova G.K.², Zhunusbaev R.T.²**

¹*Institute of Machine Science, Automation and Geomechanics of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyzstan;*

²*Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skryabin, Bishkek, Kyrgyzstan*

Keywords: strawberry, combined device, rotary tiller, ridge former, drip tape, mulch film, design parameters, mechanization.

Abstract. The paper presents the justification of the main design parameters of a combined device intended for forming strawberry planting beds with simultaneous soil tillage, ridge formation, drip tape laying and plastic mulch application in a single pass. The study is based on engineering calculation methods considering soil physical-mechanical properties and agrotechnical requirements of the crop. Rational values of the rotary tiller diameter and working width, ridge former geometric parameters, drip tape laying width and mulch film feeding parameters were obtained. Analytical relationships for determining ridge width, height, slope angle and film tension force were established. The substantiated parameters ensure coordinated operation of the units, reduced energy

consumption and improved quality of planting bed formation. The results can be applied in the design and modernization of agricultural machines for berry crop cultivation.

Повышение эффективности возделывания клубники в условиях интенсивного земледелия требует внедрения комбинированных технических средств, обеспечивающих одновременное выполнение нескольких технологических операций в одном проходе агрегата. К таким операциям относятся рыхление и измельчение почвы, формирование гряд, укладка капельной ленты и мульчирующей плёнки, от качества выполнения которых в значительной степени зависят агрофизические параметры почвенной среды, равномерность увлажнения и, как следствие, продуктивность культуры.

Разработана конструктивно-технологическая схема устройства для формирования места посадки клубники. Реализация схемы и обеспечение устойчивой работы агрегата требуют научно обоснованного выбора конструктивных параметров его рабочих органов.

Для этой цели была разработана принципиальная (конструктивно-технологическая) схема устройства для формирования места посадки клубники (рис. 1).

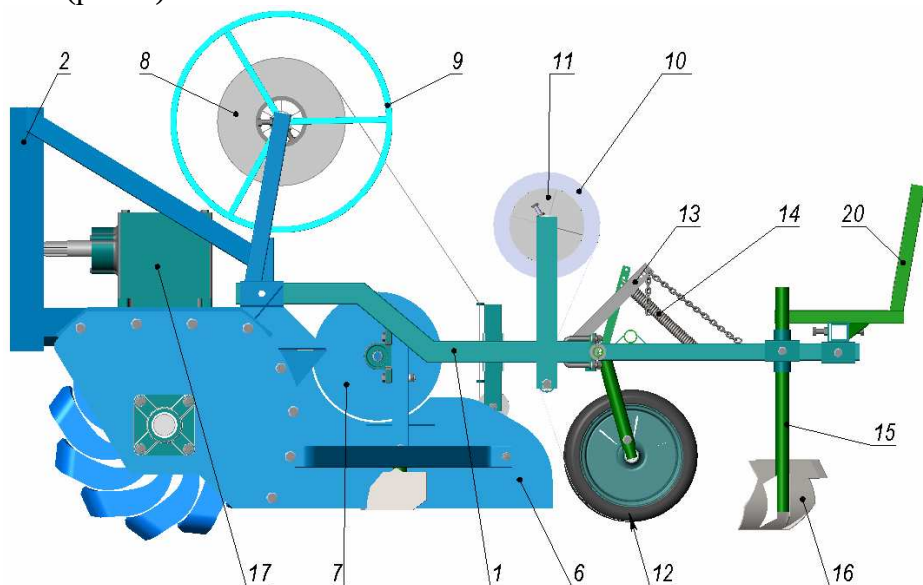


Рис. 1. Принципиальная (конструктивно-технологическая) схема устройства для формирования места посадки клубники: 1 – рама; 2 – трехточечная навеска; 3 – фрезерный барабан; 4 – нож правого направления; 5 – нож левого направления; 6 – грядкообразующий кожух; 7 – прикатывающий барабан; 8 – капельная лента; 9 – держак; 10 – мульчирующая пленка; 11 – фиксатор; 12 – придавливающее колесо; 13 – рычаг; 14 – пружина; 15 – загортач; 16 – отвал; 17 – редуктор; 18 – звездочки; 19 – цепная передача; 20 – сиденье

Практическая реализация данной схемы и обеспечение её устойчивой работы невозможны без научно обоснованного выбора основных конструктивных параметров устройства.

Конструктивные параметры рабочих органов и их взаимного расположения определяют кинематические, силовые и энергетические характеристики агрегата, а также качество формирования посадочного ложа. Нерациональный выбор геометрических размеров, углов установки, глубин обработки и рабочих скоростей может привести к повышенным энергетическим затратам, ухудшению структуры почвы, нестабильной укладке капельной ленты и мульчирующей плёнки, а также снижению надёжности работы устройства в целом.

В связи с этим возникает необходимость проведения обоснования основных конструктивных параметров комбинированного устройства для формирования места посадки клубники с учётом физико-механических свойств почвы, агротехнических требований культуры и условий эксплуатации. Такое обоснование позволяет обеспечить согласованную работу всех узлов, оптимизировать нагрузку на привод, снизить энергоёмкость процесса и повысить качество выполнения технологических операций.

Целью настоящей работы является обоснование основных конструктивных параметров устройства для формирования места посадки клубники, разработанного на основе ранее предложенной принципиальной схемы. Для достижения поставленной цели в работе решаются задачи определения рациональных геометрических и кинематических параметров рабочих органов, анализа их взаимодействия с почвенной средой, а также установления оптимальных режимов работы агрегата.

Таким образом, результаты исследования создают научную основу для последующего проектирования, расчёта и экспериментальной проверки конструкции, а также могут быть использованы при разработке и модернизации комбинированных машин для возделывания ягодных культур. Этот процесс выполняется поэтапно – с обоснования основных параметров конструктивных узлов устройства.

Обоснование основных конструктивных параметров фрезы.

Ключевым рабочим органом агрегата является фрезерный барабан. Его основная функция – измельчение верхнего слоя почвы, перемешивание и подготовка грунта к формированию грядки. Фреза должна обеспечивать однородную структуру почвы, устранение крупных комьев и рыхление боковых краев грядки.

Для обоснования параметров фрезы составим схему фрезерного узла (рис. 2).

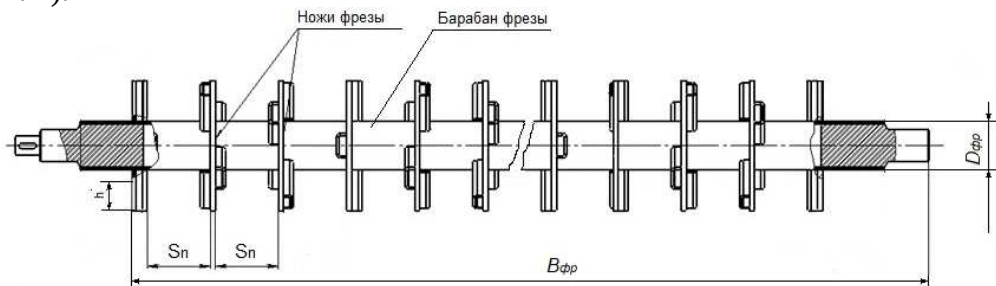


Рис. 2. Схема фрезерного узла устройства

Диаметр фрезы $D_{фр}$ определяется глубиной обработки почвы h и требуемым объёмом перемещаемой массы грунта. Для клубники оптимальная глубина обработки составляет 0,15-0,20 м.

По формуле:

$$D_{фр} \geq 2h, \quad (1)$$

Подставляем глубину обработки $h=0,2$ м, тогда

$$D_{фр} \geq 0,4 \text{ м.}$$

На практике выбирают $D_{фр} = 0,45-0,5$, чтобы обеспечить качественное измельчение и равномерное перемещение почвы к центру грядки.

Ширина захвата барабана фрезы определяется междурядьем и шириной грядки и составляет:

$$B_{фр} = 1,2-1,5 \text{ м.} \quad (2)$$

Эта ширина позволяет обрабатывать весь ряд за один проход, минимизируя количество повторных проходов и сокращая трудозатраты [1].

Фреза оснащена ножами правого и левого направления. Такая конфигурация обеспечивает движение почвы к центру грядки, предотвращает образование рыхлых краев и способствует формированию стабильной двускатной грядки.

- Материал – сталь 65Г или аналог.
- Толщина – 6-8 мм.
- Угол атаки – 20-25°.
- Количество ножей в одном фланце: 4 штук.

Расположение ножей: спиральное для плавного захвата почвы и уменьшения вибрации [2].

Обоснование конструктивных параметров грядообразователя. Грядообразователь предназначен для формирования ровных и устойчивых гряд, обеспечивая равномерное распределение почвы и удобство последующего посадки растений.

Агрегат может работать с различными видами тяговых средств – от лёгких тракторов до мотоблоков, что позволяет применять его на малых и средних фермерских участках.

Для определения основных конструктивных параметров грядообразователя составим ее схему (рис. 3).

Ширина формируемой гряды определяется:

- шириной междурядий выбранной культуры;
- количеством рядов на гряде;
- устойчивостью гряды к осыпанию.

Формула для расчета ширины:

$$B_{гр} = n \cdot b_{ряд} + \Delta B, \quad (3)$$

где n – количество рядов на гряде; $b_{ряд}$ – ширина одного ряда культуры, м.; ΔB – припуск на прочность и устойчивость гряды (0,1-0,2 м) [7, 8].

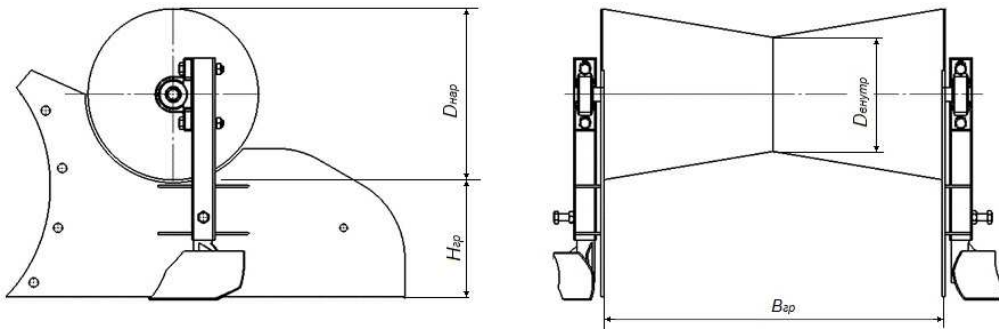


Рис. 3. Схема грядообразователя с уплотнителем верха гряды

Для двух рядов растений с междурядьем 0,25 м и припуском 0,10 м с каждой стороны (ГОСТ 20442-2017. Машины и орудия сельскохозяйственные. Основные параметры и размеры):

$$B_{гр} = 2 \cdot 0,20 + 0,1 \cdot 2 = 0,6 \text{ м.}$$

Высота формируемой гряды обеспечивает достаточный объём рыхления почвы и удобство посадки:

$$H_{гр} = \frac{V_{почвы}}{B_{гр} L_{гр}}, \quad (4)$$

где $V_{почвы}$ – объём перемещаемой грунта, м³; $L_{гр}$ – длина гряды, м [7, 8].

Для стандартных полевых условий высота гряды принимается 0,15-0,25 м в зависимости от плотности почвы. В среднем 0,2 м.

Угол боковых откосов определяется физико-механическими свойствами почвы и обеспечивает её устойчивость:

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \frac{c + \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\sigma}, \quad (5)$$

где c – сцепление частиц почвы, кПа; σ – давление на боковую стенку, кПа; φ – угол внутреннего трения почвы.

Для суглинистых почв угол устойчивости обычно составляет 35-40°.

Уплотнитель изготовлен в виде сваренных между собой усеченных конусов. Его размер определяется наличием свободного места выше грядообразователя в конструкции устройства.

– Ориентировочный наружный диаметр выбираем равным $D_{упл.внеш} = 0,3 \text{ м.}$

– Ориентировочно внутренний диаметр выбираем равным $D_{упл.внутр} = 0,2 \text{ м.}$

– Ширина уплотнителя равна ширине грядки выбираем равным $B_{упл} = 0,6 \text{ м, т.е. равным ширине грядообразователя.}$

Конструктивные параметры грядообразователя (ширина, высота, угол откосов) обоснованы расчетными зависимостями и учитывают физические свойства почвы и тип культур. Применение грядообразователя позволяет:

- повысить качество сформированных гряд;
- сократить трудозатраты;
- обеспечить стабильную производительность на полевых участках.

Обоснование параметров укладчика капельной ленты. Укладчик капельной ленты предназначен для автоматизированной подачи и точного укладывания капельных лент в два ряда на сформированную грядку, с последующей укладкой мульчирующей плёнки сверху и прикрытием её краёв (рис. 4).

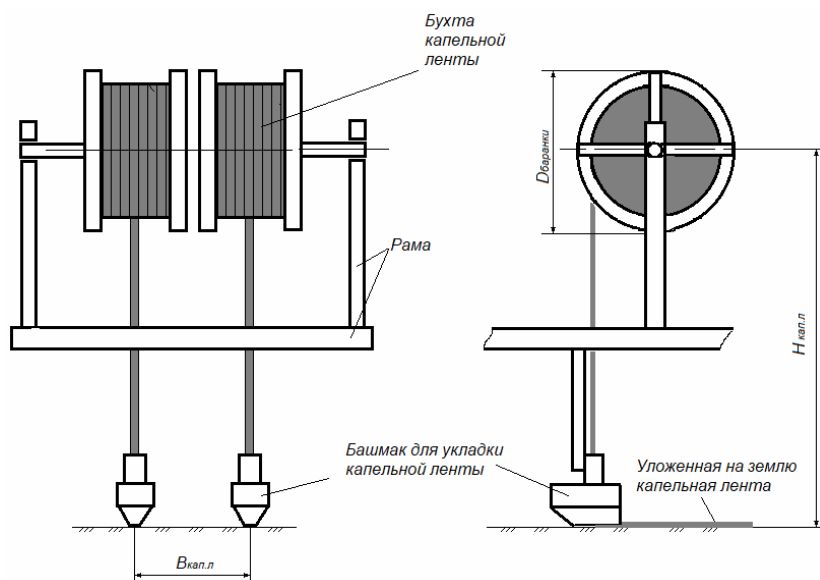


Рис. 4. Схема механизма укладки капельной ленты

Основные требования к узлу:

- обеспечение заданной геометрии укладки (шаг между лентами, положение относительно центра гряды) с определенным допуском;
- поддержание постоянного натяжения ленты и исключение её перекута при размотке;
- совместимость с рулонами стандартных размеров;
- минимизация дополнительного тягового сопротивления агрегата;
- быстрая замена рулонов и регулировка натяжения;
- синхронизация линейной скорости ленты с ходовой скоростью агрегата.

Исследования показывают, что сопротивление укладки капельной ленты само по себе незначительно и практически не влияет на общую тяговую нагрузку [3].

Ширина укладки капельных лент на грядке определяется по формуле:

$$B_{\text{кап.л}} = b_{\text{отв.пленки}} - n_{\text{ленты}} \cdot \Delta B_{\text{ленты}}, \quad (6)$$

где $n_{\text{ленты}}$ – число укладываемых в грядке капельных лент $n_{\text{ленты}} = 2$; $b_{\text{отв.пленки}}$ – расстояние между перфорированными отверстиями в мульчирующей пленке, м (для клубники обычно 0,15-0,3 м) [4], принимаем исходя из расстояния между отверстиями в мульчирующей пленке, замеренной при полевых исследованиях, который составляет 0,25 м; $\Delta B_{\text{ленты}}$ – допускаемое расстояние от середины перфорированного отверстия

до линии укладки капельной ленты, м, обычно на практике оно составляет 0,05 м.

Тогда,

$$B_{\text{кап.л}} = 0,25 - 2 \cdot 0,05 = 0,15 \text{ м.} \quad (7)$$

Шаг капельниц капельных лент – 10-15 см, диаметр капельной ленты – 0,016 м

Если известны внешний диаметр рулона – $D_{\text{внеш}}$, диаметр сердечника – $d_{\text{серд}}$ и толщина ленты – $t_{\text{ленты}}$, то длина ленты на рулоне вычисляется по следующей формуле:

$$L_{\text{ленты}} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D_{\text{внеш}} - d_{\text{серд}}}{t_{\text{ленты}}}. \quad (8)$$

На рынке продаются капельные ленты со стандартной длиной 1000 м и 2000 м.

Диаметр фиксатора бухты капельной ленты (баранки) устанавливается исходя из заводского диаметра бухты рулона и изготавливается равным ему или больше на 0,1 м.

Высота расположения бухты капельной ленты $H_{\text{кап.л}}$ определяется конструктивно и должно располагаться сверху рамы и других механизмов.

Обоснование основных параметров укладчика мульчирующей плёнки. Узел укладки мульчирующей плёнки предназначен для подачи рулонной плёнки на подготовленную грядку, натяжения и центрирования этой плёнки, а также фиксации её краёв в почве. Благодаря качественной укладке обеспечиваются снижение испарения, подавление роста сорняков и повышение эффективности капельного орошения. Например, при автоматизированных системах укладки плёнки отмечаются значительные преимущества по скорости и точности укладки.

Схема узла укладки мульчирующей пленки показана на рисунке 5.

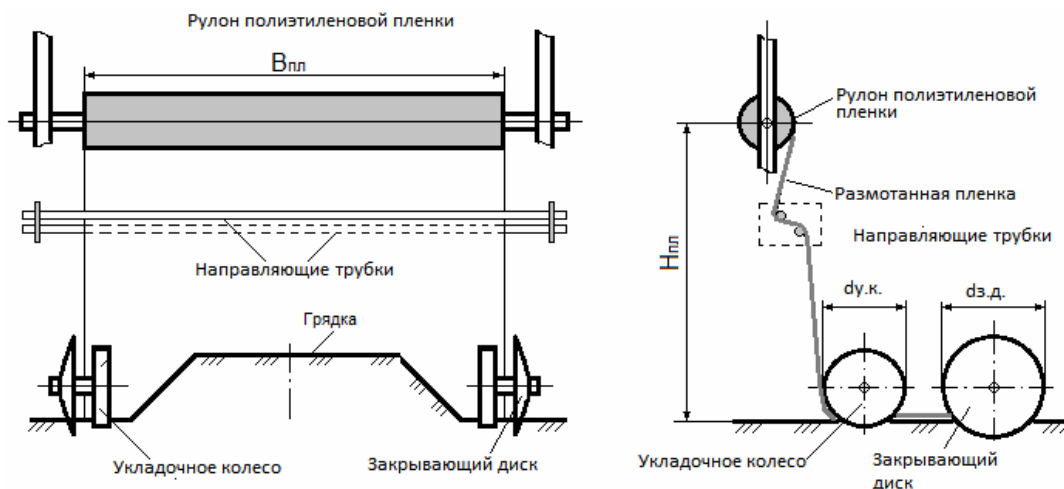


Рис. 5. Схема механизма укладки мульчирующей пленки

Основные требования к узлу:

- Поддержка линейной скорости подачи плёнки, равной ходу агрегата, чтобы избежать провисания плёнки или её натяжения.

- Регулируемое натяжение рулона с учётом изменения радиуса рулона – необходим контроль момента и силы натяжения [5].

- Совместимость с размерами рулонов: ширина плёнки, внешний диаметр $D_{рул.внеш}$, диаметр сердечника $d_{рул.внут}$.

- Точные направляющие элементы и фиксация краёв плёнки при укладке, чтобы избежать смещения и нарушения геометрии гряды [6].

- Конструкция должна учитывать изменение радиуса рулона и обеспечивать постоянное линейное перемещение плёнки под натяжением [7].

Основные конструктивные параметры узла:

- Ширина плёнки $B_{пл}$ (м) – определяет захват гряды и ширину укладки.

- Внешний диаметр рулона $D_{рул.внеш}$ (м) и диаметр сердечника $d_{рул.внут}$ (м)

– задают начальные и конечные радиусы $r_{пл}$ при размотке:

$$r_{пл} = \frac{D_{рул.внеш}}{2} \dots \frac{d_{рул.внут}}{2}. \quad (9)$$

- Линейная скорость агрегата (и подачи плёнки) $V_{агр}$ (м/с).

Сила натяжения рулона определяется по формуле [17]:

$$F_{пл} = k \cdot B_{пл} \cdot \sigma, \quad (10)$$

где k – коэффициент запаса (1,2...1,5); σ – нормативное удельное натяжение плёнки (Н/м) – свойство материала.

Это позволяет оценить минимальную силу натяжения для стабильной подачи рулона.

Работа узла должна учитывать изменение радиуса рулона и динамику натяжения: неустойчивое натяжение или изменение радиуса без компенсации приводят к дефектам рулона и снижению качества укладки [16, 17].

Выводы

В ходе разработки технологической части устройства для формирования мест посадки клубники была выполнена комплексная проработка конструкции, принципиальной схемы и обоснование основных конструктивных параметров его рабочих органов. Основные выводы заключаются в следующем.

Составленная принципиальная схема устройства служит исходной моделью для проектирования, патентного описания и проведения компьютерного моделирования рабочих процессов.

1. Фрезерный барабан. Обоснованы её конструктивные и режимные параметры:

- диаметр фрезы $D_{фр} = 0,45-0,5$ м при глубине обработки $h = 0,20$ м;

- ширина захвата $B_{фр} = 1,3$ м, что соответствует ширине формируемой гряды;

- количество ножей на фланце $z = 4$ шт., угол атаки ножей $\beta = 25-30^\circ$;

Выбор этих параметров обеспечивает качественное измельчение почвы, перемещение её к центру грядки и подготовку почвенного ложа для укладки капельной ленты и мульчирующей плёнки.

2. Грядообразователь. Грядообразователь формирует устойчивую двускатную гряду. Основные параметры:

- ширина гряды $B_{гр} = 0,6$ м для двух рядов растений;
- высота гряды $H_{гр} = 0,20$ м;
- угол боковых откосов $\alpha = 37^\circ$, обеспечивающий устойчивость суглинистой почвы;
- ширина уплотнителя верха грядки $B_{упл} = 0,6$ м, наружный диаметр $D_{упл.внеш} = 0,3$ м, внутренний $D_{упл.внутр} = 0,2$ м.

3. Укладчик капельной ленты. Конструктивные решения укладчика капельной ленты обеспечивают точную геометрию расположения ленты и синхронизацию её подачи с движением агрегата:

- ширина укладки $B_{капл.л} = 0,15-0,2$ м, шаг капельниц $0,10-0,15$ м;
- наружный диаметр фиксатора $D_{баранки} = 0,50-0,70$ м, диаметр сердцевины $d_{серд. бухты} = 0,05-0,08$ м;
- высота расположения бухты $H_{капл.л} \approx 1,0-1,3$ м.

Применение тормозного фиксатора позволяет поддерживать постоянное натяжение ленты и минимизировать сопротивление агрегата.

4. Укладчик мульчирующей плёнки. Основные параметры обеспечивают стабильную подачу рулона на гряду и фиксацию краёв:

- ширина плёнки $B_{пл} = 1,2-1,5$ м;
- внешний диаметр рулона $D_{рул.внеш} \approx 0,25$ м, диаметр сердечника $d_{рул.внут} = 0,05-0,1$ м;
- высота расположения рулона $H_{пл} \approx 1,0-1,3$ м.

Синхронизация подачи плёнки с движением агрегата и поддержание натяжения посредством регулируемого тормозного узла обеспечивают равномерную укладку, предотвращают провисание и смещение материала.

Список литературы

1. Малыхин П.П., Чернышов А.В. Подготовка почвы под посадку земляники садовой и механизация данного процесса // Теория и практика инновационных технологий в АПК: Материалы национальной научно-практической конференции. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2023. – С. 324-328.
2. Турсунов М. Проблемы механизации посадки клубники в тоннельных условиях // Агроинженерия. – 2020. – №5. – С. 36-40.
- 3-7. *См. References.*

References

1. Malykhin P.P., Chernyshov A.V. Soil preparation for planting garden strawberries and mechanization of this process // Theory and Practice of Innovative Technologies in the Agro-Industrial Complex: Conference proceedings. – Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, 2023. – P. 324-328.

2. Tursunov M. Problems of mechanization of strawberry planting in tunnel conditions // Agricultural Engineering. 2020, no. 5, pp. 36-40.
3. Martynova N.B., Balabanov V.I. The design of the working equipment for laying a drip tape based on the Grimme GF-75/4 ridging machine // E3S Web of Conferences. 2021, vol. 262, p. 01018. doi.org/10.1051/e3sconf/202126201018.
4. Ji X., Yan J., Xie S. Design and Experimental Testing of Potato Drip Irrigation Tape Recycling Machine // Agriculture. 2024, vol. 14, no. 8, p. 1432. doi.org/10.3390/agriculture14081432.
5. Han P., Wang W., Li Z., Zhang W., Pu J. Research on Unwinding Mechanism Design and Tension Control Strategy for Winding Machines // Processes. 2025, vol. 13, no. 8, p. 2612. doi.org/10.3390/pr13082612.
6. Good J.K. Winding and Unwinding Webs: A Review of the State of the Science in 2005 // Bioresources – 2020 [Electronic resource]. – Access mode: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/review-winding-and-unwinding-webs-a-review-of-the-state-of-the-science-in-2005/>
7. Johansson J. Telescoping of customer rolls: Master's thesis [Electronic resource]. – Tampere University, 2022. – Access mode: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/140835/JohanssonJuho.pdf>.

Конурбекова Луиза Тургунбековна – научный сотрудник лаборатории «Инновационная аграрная техника и технологии»	Konurbekova Luiza Turgunbekovna – researcher of the Laboratory of innovative agricultural equipment and technologies
Касымбеков Рыскул Асангулович – кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией «Инновационная аграрная техника и технологии»	Kasymbekov Ryskul Asankulovich – candidate of technical sciences, associate professor, head of the Laboratory of innovative agricultural equipment and technologies
Айтуганов Бакытбек Шаршеналиевич – старший научный сотрудник лаборатории «Инновационная аграрная техника и технологии»	Aituganov Bakytbek Sharshenalievich – senior researcher of the Laboratory of innovative agricultural equipment and technologies
Акматова Сымбат Жамаловна – доцент кафедры «Организация перевозок и безопасность движения»	Akmatova Symbat Zhamalovna – associate professor at the Department of transportation organization and traffic safety
Карыбекова Гулназ Карыбековна – методист Инженерно-технического факультета	Karybekova Gulnaz Karybekovna – methodologist of the Faculty of engineering and technology
Жунусбаев Руслан Тагайбекович – лаборант кафедры «Механизация сельского хозяйства»	Zhunusbaev Ruslan Tagaybekovich – laboratory assistant of the Department of agricultural mechanization
luizamalik87@gmail.com	

Received 19.02.2026