

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.3

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-4-218-232

Технические средства механизированной укладки капельной ленты в картофельный гребень

Наталья Борисовна Мартынова¹, Виктор Иванович Балабанов²,
Хамзат Арсланбекович Абдулмажидов³, Александр Алексеевич Макаров⁴

^{1, 2, 3, 4}Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева,
Москва, Российская Федерация

¹nmartinova@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5282-5835>

²vbalabanov@rgau-msha.ru

³abdulmajidov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7699-4799>

⁴makaleksandr@yandex.ru

Аннотация. Цель: разработка технологического оборудования для укладки капельной ленты, определение сопротивления укладке для оценки возможности агрегатирования с сельскохозяйственными машинами. **Материалы и методы.** Определены численные значения сопротивления укладке ленты в картофельный гребень, полученные данные уточнены в процессе лабораторных исследований на модели рабочего органа, обоснована возможность установки технологического оборудования на сельскохозяйственные машины. **Результаты и обсуждение.** Формирователь картофельных гребней Grimme GF-75/4 был доработан до укладчика капельной ленты. Для качественной укладки ленты и недопущения ее перекручивания и обрыва необходимо поддерживать постоянное натяжение ленты на различных скоростных режимах базовой машины. Для этого в конструкцию укладчика было введено тормозное устройство, препятствующее раскручиванию катушки по инерции при резком торможении и остановке машины. Размещение оборудования на формирователе гребней Grimme GF-75/4 и проведение работ по укладке капельной ленты не привело к заметному росту тяговых сопротивлений. Рекомендованная глубина укладки ленты – 20 мм. Установленное в конструкции укладчика тормозное устройство предотвращает раскручивание катушки капельной ленты по инерции при торможении или остановке машины. Определены оптимальные параметры тормозного устройства: диаметр пружины – 30 мм, длина – 200 мм. **Выводы.** Для сокращения ручного труда при проведении работ по размещению капельной ленты в почве следует использовать специализированные укладчики. Благодаря невысоким сопротивлениям укладке указанные рабочие органы могут быть агрегатированы с различными сельскохозяйственными машинами. Для предотвращения раскручивания катушки по инерции в конструкцию следует ввести тормозное устройство, поддерживающее постоянное натяжение ленты и тормозящее катушку в случае ослабления натяжения. Данная модернизация позволит улучшить качество работ по размещению ленты в почве.

Ключевые слова: капельное орошение, сопротивление укладке, натяжение ленты, картофельный гребень, сила инерции, тормозная пружина

Для цитирования: Технические средства механизированной укладки капельной ленты в картофельный гребень / Н. Б. Мартынова, В. И. Балабанов, Х. А. Абдулмажидов, А. А. Макаров // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 4. С. 218–232. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-218-232>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Technical means for drip tape mechanized installation into a potato ridge

Natalia B. Martynova¹, Victor I. Balabanov², Khamzat A. Abdulmazhidov³,
Alexandr A. Makarov⁴

^{1, 2, 3, 4}Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russian Federation

¹nmartinova@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5282-5835>

²vbalabanov@rgau-msha.ru

³abdulmajidov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7699-4799>

⁴makaleksandr@yandex.ru

Abstract. Purpose: development of technological equipment for drip tape installation, determining the installation resistance to assess the possibility of aggregation with agricultural machines. **Materials and methods.** The numerical values of the resistance to tape installation in a potato ridge are determined, the data obtained are refined in the process of laboratory studies with a working body model, and the possibility of installing technological equipment on agricultural machines is substantiated. **Results and discussion.** The Grimme GF-75/4 potato ridge former was upgraded to a drip tape stacker. For high-quality installation of the tape and preventing its twisting and breaking, it is necessary to maintain a constant tension of the tape at various speed rates of the basic machine. To do this, a brake device was introduced into the design of the stacker, which prevents the spool from unwinding by inertia during sudden braking and stopping the machine. Placement of equipment for drip tape installation on the Grimme GF-75/4 ridge former and the work on drip tape installation did not lead to a noticeable increase in traction resistance. The recommended tape laying depth was 20 mm. The brake device installed in the stacker structure prevents the drip tape spool from unwinding due to inertia when braking or stopping the machine. The optimal parameters of the braking device are determined: the spring diameter is 30 mm, the length is 200 mm. **Conclusions.** To reduce manual labor when carrying out work on installing a drip tape in the soil, the specialized stackers should be used. Due to the low laying resistance, these working bodies can be aggregated with various agricultural machines. To prevent the spool from spinning by inertia, a brake device should be introduced into the design, maintaining a constant tape tension and slowing down the spool in case of weakening the tension. This modernization will improve the quality of work on tape installation into the soil.

Key words: drip irrigation, resistance to installation, tape belt tension, potato ridge, inertia force, brake spring

For citation: Martynova N. B., Balabanov V. I., Abdulmazhidov Kh. A., Makarov A. A. Technical means for drip tape mechanized installation into a potato ridge. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(4):218–232. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-218-232>.

Введение. Анализ урожайности картофеля за последние годы показал значительное влияние погодных факторов на итоговые показатели [1]. Однако непростая ситуация в стране требует насыщения внутреннего рынка отечественной продукцией для обеспечения продовольственной без-

опасности [2]. В последние годы в Московской области для получения гарантированного урожая рассчитывают на продукцию ведущих хозяйств области: «Агрофирма «Бунятино», «Куликово», «Озеры», «Дока-Генные технологии», «ОСП Агро». Залогом качества является использование высокопродуктивных семян и передовых методов ведения хозяйства [2]. Все вышеперечисленные агрохолдинги активно используют агромелиоративные мероприятия, в т. ч. оросительные мелиорации. В Московской области осадки выпадают неравномерно, для обеспечения оптимального водно-воздушного баланса почвы в период вегетации растений необходимо проведение поливов.

Доставка поливной воды в корневое пространство является безусловным преимуществом капельного орошения перед другими способами полива, так как потери поливной воды на испарение и фильтрацию в нижележащие слои сведены к минимуму [3]. Нельзя не отметить также, что выпуск капельных трубок, лент, сопутствующего оборудования налажен на отечественных предприятиях, следовательно, нет потребности в деталях и комплектующих импортного производства, это в создавшейся непростой ситуации в стране также является неоспоримым преимуществом [4].

Низкие темпы внедрения систем капельного орошения в Московской области обусловлены отчасти высокой долей ручного труда в процессе укладки капельной ленты.

В Центральном регионе картофель выращивается в высоких гребнях [5]. Для надежной фиксации ленты в почве ее следует заглубить, поддерживая постоянное натяжение [6]. Добиться этого возможно, используя специальные машины.

Подобная техника выпускается американскими компаниями Andros и Rain Flo, но закупка ее невозможна и экономически нецелесообразна. Однако даже у вышеназванных фирм в линейке выпускаемой техники отсут-

ствуется рабочее оборудование, позволяющее укладывать капельную ленту в картофельный гребень.

В связи с вышеприведенным целью исследований являлась разработка технологического оборудования для размещения капельной ленты в картофельном гребне и оценка возможности агрегатирования с формирователем гребней для совмещения технологических операций [7]. Для определения параметров рабочего оборудования следует проанализировать сопротивления, возникающие в процессе размещения капельной ленты в почве.

Материалы и методы. Для разработки конструкции укладчика капельной ленты следует определить сопротивления, возникающие при сматывании капельной ленты с катушки, протаскивании в направляющей трубе и размещении в картофельном гребне. Вышеперечисленные сопротивления могут быть определены по формуле [8]:

$$F_{po} = R_{rg} + F_{lv} = R_{rg} + F_{лнр} + F_{лдр} + F_{лтр} = \\ = \mu \cdot G_p + k_p \cdot h \cdot b + \varepsilon \cdot h \cdot b \cdot v^2 + (f_o \cdot G_l \cdot d_o \cdot d_p^{-1} + 2 \cdot G_l \cdot l_z \cdot d_p^{-1}) \cdot (1 + e^{f_o \cdot \beta}),$$

где F_{po} – тяговое сопротивление укладчика, кН;

R_{rg} – сопротивление грунта резанию, кН;

F_{lv} – сопротивление размещению ленты в гребне, кН;

$F_{лнр}$ – сопротивление трению ленты в направляющей трубе, кН;

$F_{лдр}$ – усилие от дисбаланса катушки ленты, кН;

$F_{лтр}$ – усилие трения катушки об ось укладчика, кН;

μ – коэффициент трения сального лемеха и направляющей трубы укладчика о грунт;

G_p – вес рабочего оборудования укладчика, кН;

k_p – удельное сопротивление резанию, кН/м²;

h – глубина укладки ленты, м;

b – ширина разработки, м;

ε – коэффициент, зависящий от скорости укладчика;

v – рабочая скорость машины, м/с;

f_o – коэффициент трения оси в подшипниках;

$G_{\text{л}}$ – вес катушки с капельной лентой, кН;

d_o – диаметр оси укладчика, м;

d_p – диаметр катушки, м;

l_3 – смещение центра тяжести катушки от оси вращения, м;

β – угол обхвата лентой катушки, рад.

Капельная лента при движении машины разматывается с катушек и по направляющей трубе размещается в картофельном гребне на предварительно установленной глубине [9]. Исследованиями было установлено, что для качественной укладки должно быть обеспечено постоянное натяжение ленты [10]. При торможении машины, внезапных остановках натяжение уменьшается. Это может привести к изменению положения ленты в гребне, ее перекручиванию и даже обрыву.

Предполагается, что для предотвращения разматывания катушки под действием инерционной силы в случае резкого торможения машины следует установить тормозное устройство. На серийно изготовленных укладчиках предусмотрено наличие тормоза, а на кустарных приспособлениях для укладки капельной ленты тормоз, как правило, отсутствует, что приводит к снижению качества работ, а зачастую проведению ремонта в случае перекручивания и обрыва ленты [11].

Усилие на тормозе должно быть больше силы инерции в катушке для предотвращения ее раскручивания. Для определения инерционной силы следует воспользоваться формулой [12]:

$$F_{\text{ик}} = G_{\text{л}} \cdot (k_{\text{сц}} + f_{\text{м}}),$$

где $F_{\text{ик}}$ – инерционная сила в катушке, кН;

$G_{л}$ – вес бухты ленты, кН;

$k_{сц}$ – коэффициент сцепления ходового оборудования с разрабатываемой поверхностью;

f_m – коэффициент сопротивления передвижению.

Тормозное усилие определим по формуле:

$$F_T = \frac{1,3 \cdot f \cdot F_{ик} \cdot l \cdot \eta}{l_1},$$

где F_T – усилие на тормозе, кН;

f – коэффициент трения;

l и l_1 – плечи рычагов, м;

η – КПД рычажного механизма.

Для получения расчетных значений тормозного усилия следует определить параметры тормозной системы.

Диаметр пружины тормоза следует определить:

$$D = 2,1 \sqrt{\frac{k \cdot c^3 \cdot F_{po}}{[\tau]}},$$

где D – диаметр пружины, мм;

k – коэффициент влияния кривизны витков;

c – индекс пружины;

$[\tau]$ – допускаемое напряжение для проволоки, МПа.

Длину тормозной пружины в свободном состоянии можно вычислить по формуле:

$$L_3 = \frac{10^4 d^2 \cdot h + 1,3 \cdot h \cdot c^3 \cdot F_{po}}{c^3 (F_{po} - F_n)} + d,$$

где L_3 – длина тормозной пружины, мм;

d – диаметр проволоки, мм;

h – рабочий ход пружины, мм;

F_n – предварительное сжатие пружины, Н.

Под действием силы сжатия пружины колодка прижимается к фиксирующему катушку диску. Однако при возобновлении движения базовой машины следует преодолеть момент размыкания тормоза:

$$T_p = \frac{1,3 \cdot f \cdot F_{po} \cdot D_d \cdot l \cdot \eta}{l_1},$$

где T_p – момент размыкания тормоза, Н·м;

D_d – диаметр прижимного диска, м.

Результаты и обсуждение. Расчеты показали, что тяговые усилия при глубине укладки ленты 20–80 мм составили 48–174 Н (рисунок 1).

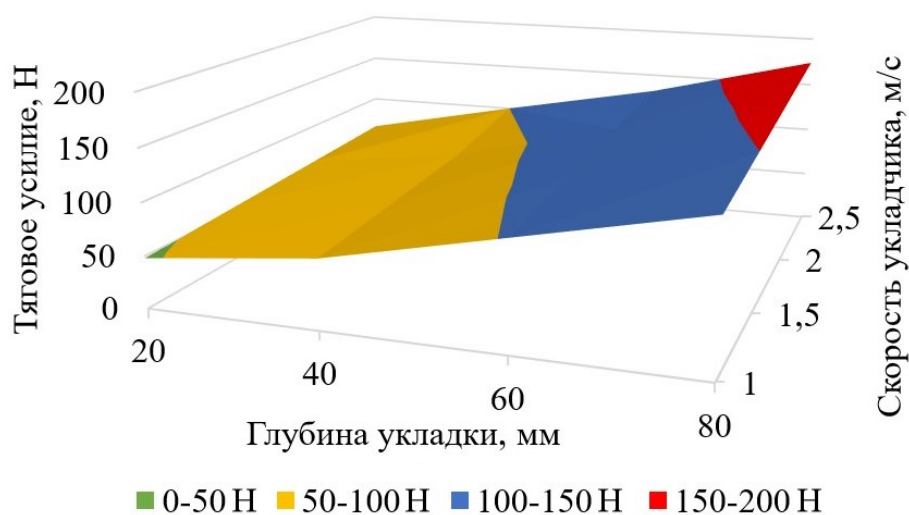


Рисунок 1 – Данные теоретических исследований зависимости тяговых сопротивлений от скорости машины и глубины укладки капельной ленты

Figure 1 – Theoretical studies data on traction resistance dependence on machine speed and drip tape installation depth

Следовательно, рабочее оборудование может быть установлено на сельскохозяйственные машины, в данном случае на формирователь картофельных гребней, дополнительные тяговые сопротивления незначительны и не окажут заметного влияния на тягово-сцепные свойства машины.

Для проверки численных значений сопротивлений укладке капельной ленты были проведены лабораторные исследования с моделью укладчика на грунтовом канале (рисунок 2).



Рисунок 2 – Лабораторные исследования с моделью укладчика на грунтовом канале (автор фото Н. Б. Мартынова)

Figure 2 – Laboratory studies with the model stacker on a ground canal (photo by N. B. Martynova)

В процессе исследований изменялась глубина разработки грунта в пределах 20–80 мм и поступательная скорость укладчика в интервале 1–2,5 м/с (рисунок 3).

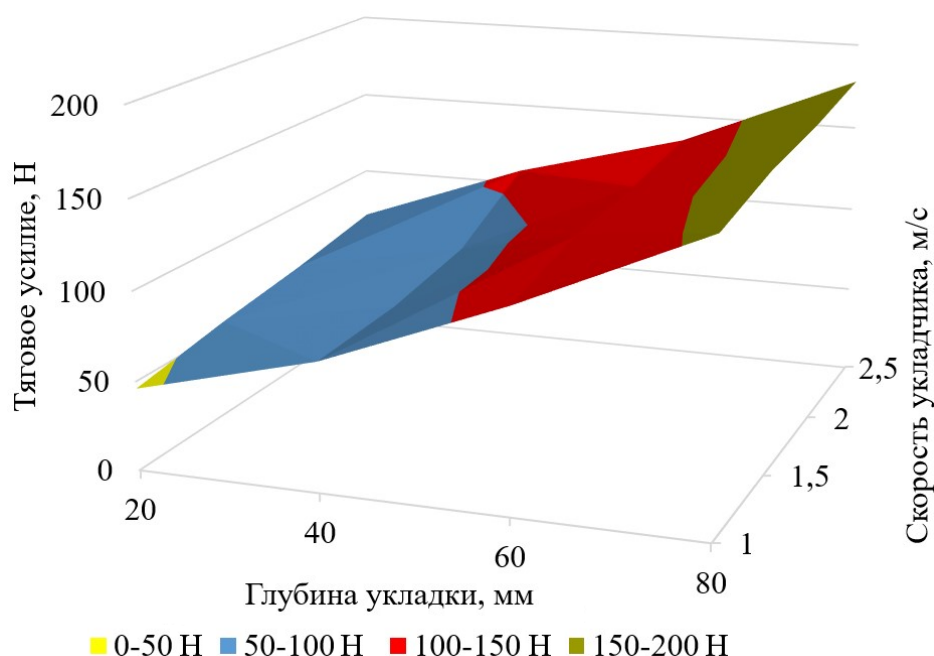


Рисунок 3 – Зависимость тяговых сопротивлений при укладке капельной ленты от глубины разработки грунта и поступательной скорости машины

Figure 3 – Dependence of traction resistance when laying drip tape on the depth of ground excavation and machine travelling speed

Анализ полученных данных подтвердил теоретические предположения и позволил сделать вывод, что оборудование для укладки капельной ленты может быть размещено на формирователе картофельных гребней. Совмещение технологических операций по формированию гребней и укладке капельной ленты позволит снизить энергозатраты и повысить производительность работ.

Оборудование для укладки капельной ленты было установлено на формирователь гребней Grimme GF-75/4 для проведения испытаний на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, отладки технологических операций, выбора скоростных режимов (рисунок 4).



Рисунок 4 – Механизированная укладка капельной ленты специальным укладчиком на базе формирователя гребней Grimme GF-75/4 (автор фото Н. Б. Мартынова)

Figure 4 – Mechanized installation of the drip tape with a special stacker based on the ridge former Grimme GF-75/4 (photo by N. B. Martynova)

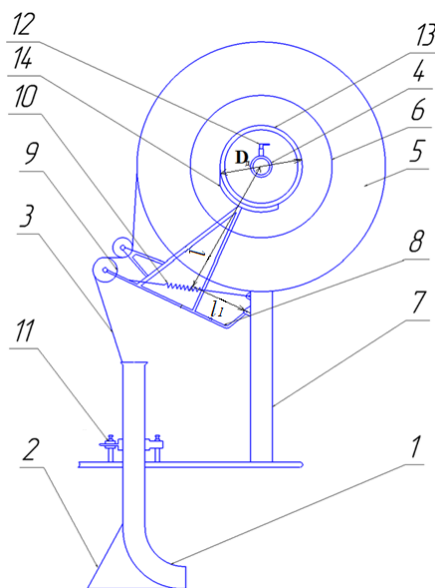
На машине смонтирована направляющая труба с сошником и стойка, на которой в подшипниковом узле расположена ось с фиксирующими катушку дисками. Для полива использовалась капельная лента с расходом 1,6 л/ч на капельницу, расстояние между эмиттерами 0,3 м (таблица 1).

Таблица 1 – Техническая характеристика укладчика капельной ленты на базе формирователя гребней Grimme GF-75/4

Table 1 – Technical characteristics of the drip tape stacker based on the Grimme GF-75/4 ridge former

Показатель	Значение показателя
Масса рабочего органа, кг	2150
Ширина захвата, м	3
Рабочая скорость, м/с	0,9–1,4
Производительность, га/ч	0,51–0,97
Глубина укладки, мм	20
Диаметр капельной ленты, мм	16
Расход воды на капельницу, л/ч	1,6
Расстояние между капельницами, мм	300

Установка тормозного устройства позволила предотвратить раскручивание ленты при торможении машины. Лента натягивается при помощи роликов, которые связаны жесткой связью с тормозной колодкой, положение ее регулируется пружиной (рисунок 5).



*1 – труба укладчика; 2 – сошник; 3 – капельная лента; 4 – вал; 5 – катушка с лентой;
6 – прижимной диск; 7 – вертикальная опорная стойка; 8 – тормозная рама;
9 – натяжной ролик; 10 – пружина; 11 – регулятор глубины укладки;
12 – фиксатор диска; 13 – обод диска; 14 – колодка*

*1 – stacker pipe; 2 – coupler; 3 – drip tape; 4 – shaft; 5 – tape reel; 6 – pressure disk; 7 – vertical support post; 8 – brake frame; 9 – tension roller; 10 – spring; 11 – laying depth regulator;
12 – disk pin; 13 – disc rim; 14 – block*

Рисунок 5 – Конструкция укладчика капельной ленты с тормозным устройством

Figure 5 – The design of the drip tape stacker with braking device

При движении машины пружина не дает колодке прижиматься к диску катушки, при остановке машины пружина сжимается, и колодка тормозит диск катушки, предотвращая раскручивание.

В процессе исследований определены параметры тормозной пружины (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристики тормозного устройства

Table 2 – Characteristics of the braking device

Показатель	Значение показателя
Сила инерции катушки, Н	80
Усилие тормоза, Н	160
Диаметр пружины, мм	30
Длина пружины в свободном состоянии, мм	200

Модернизированным укладчиком капельной ленты с тормозным устройством на базе формирователя гребней Grimme GF-75/4 произведена укладка капельной ленты на опытном участке Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева для последующего монтажа капельной системы. Длина гона составила 105–120 м. Рекомендуемая глубина укладки ленты 20 мм. В ходе исследований определены суммарные сопротивления ленты для указанной глубины укладки (рисунок 6).

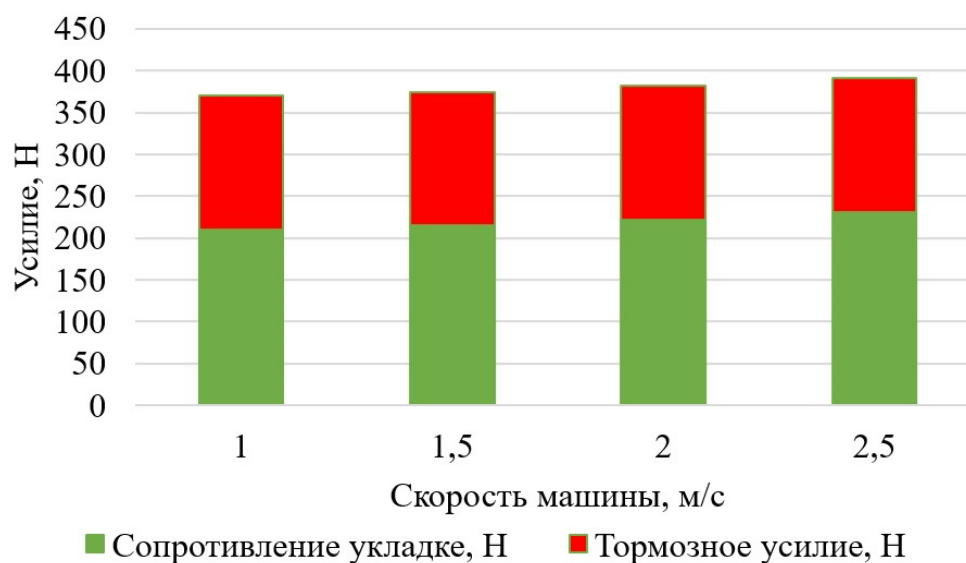


Рисунок 6 – Суммарное сопротивление укладке капельной ленты

Figure 6 – Total resistance to drip tape installation

С введением в конструкцию машины тормозного устройства суммарное сопротивление укладке увеличилось, однако рост сопротивлений не повлиял на тягово-цепные свойства базовой машины.

Выводы. Одной из причин, сдерживающих внедрение систем капельного орошения в сельское хозяйство Московской области, является высокая доля ручного труда при размещении капельной ленты в почве. Ликвидировать эту проблему следует, используя специальные укладчики. Анализ исследований показал, что при глубине укладки 20–80 мм сопротивление укладке не превышает 180 Н. Поэтому укладчик может быть агрегатирован с сельскохозяйственными машинами. Для повышения качества работ по размещению капельной ленты в картофельном гребне следует поддерживать постоянное натяжение ленты и не допускать раскручивания катушки по инерции при торможении машины. Для этого в конструкцию укладчика следует ввести тормозное устройство. Размещение тормоза ленты не приведет к значительному росту сопротивлений и позволит существенно улучшить качество укладочных работ.

Список источников

1. Mikheev P. A., Cheshev A. S., Aleksandrovskaya L. A. Bases of interaction of melioration and environment // *Engineering Studies*. 2016. Vol. 8, № 3–2. P. 507.
2. Актуальные вопросы развития мелиоративной отрасли и использования водных ресурсов в АПК / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2021. № 4. С. 8–11.
3. Динамическая модель раннеспелого картофеля для регулирования гидротермического режима агроценоза в условиях Волгоградской области / А. С. Овчинников, А. А. Бубер, Ю. П. Добрачев, В. В. Бородычев // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2018. № 4. С. 65–76.
4. Skvortsov A. A., Zhuravleva L. A. Theoretical foundations of water-conducting belt design for wide coverage sprinklers using numerical simulation // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 994. International Conference on Recent Developments in Robotics, Embedded and Internet of Things (ICRDREIOT2020), 16–17 Oct. 2020, Tamil Nadu, India. 2020. 012007. DOI: 10.1088/1757-899X/994/1/012007.
5. Карпов М. В., Шардина Г. Е., Жиздюк А. А. Исследование эффективности и экономическая оценка применения разработанной картофелепосадочной машины // *Научная жизнь*. 2018. № 4. С. 41–46. <https://doi.org/10.28983/asj.v0i4.450>.
6. Analyzing potato response to subsurface drip irrigation and nitrogen fertigation regimes in a temperate environment using the Daisy model / F. Plauborg, S. K. Motargemi,

D. Nagy, Z. Zhou // Field Crops Research. 2022. Vol. 276. 108367. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108367>.

7. Полевые испытания экспериментальной картофелесажалки / Г. Е. Шардина, М. В. Карпов, Е. С. Нестеров, О. В. Саяпин, Д. О. Семенов // Научная мысль. 2016. № 5. С. 59–65.

8. Жалнин Э. В. О фундаментальности земледельческой механики // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». 2017. № 6(82). С. 10–14.

9. Балабанов В. И., Мартынова Н. Б., Абдулмажидов Х. А. Применение системы капельного орошения для выращивания картофеля в Московской области // Природообустройство. 2021. № 3. С. 47–54. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-3-47-54.

10. Drip as alternative irrigation method for potato in Florida sandy soils / J. Reyes-Cabrera, L. Zotarelli, D. L. Rowland, M. D. Dukes, S. A. Sargent // American Journal of Potato Research. 2015. № 91(5). P. 504–516. <https://doi.org/10.1007/s12230-014-9381-0>.

11. Martynova N. B., Balabanov V. I. The design of the working equipment for laying a drip tape based on the Grimme GF-75/4 ridge former // E3S Web of Conferences. Vol. 262. 1st International Scientific and Practical Conference “Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems”. ITEEA 2021. 2021. 01018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126201018>.

12. Механизированный способ укладки капельной ленты при выращивании картофеля в Московской области / Б. М. Кизяев, В. И. Балабанов, Н. Б. Мартынова, Х. А. Абдулмажидов // Аграрный научный журнал. 2021. № 10. С. 108–112. <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i10pp108-112>.

References

1. Mikheev P.A., Cheshev A.S., Aleksandrovskaya L.A., 2016. Bases of interaction of melioration and environment. Engineering Studies, vol. 8, no. 3-2, p. 507.

2. Shchedrin V.N., Kolganov A.V., Senchukov G.A., Gostishchev V.D., 2021. *Aktual'nye voprosy razvitiya meliorativnoy otrasli i ispol'zovaniya vodnykh resursov v APK* [Actual issues of the development of reclamation industry and water resources use in agro-industrial complex]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 4, pp. 8-11. (In Russian).

3. Ovchinnikov A.S., Buber A.A., Dobrachev Yu.P., Borodychev V.V., 2018. *Dinamicheskaya model' rannespelogo kartofelya dlya regulirovaniya gidrotermicheskogo rezhima agrotsenoza v usloviyakh Volgogradskoy oblasti* [Dynamic model of early ripe potatoes for regulating the hydrothermal regime of agrocenosis in Volgograd region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proc. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 4, pp. 65-76. (In Russian).

4. Skvortsov A.A., Zhuravleva L.A., 2020. Theoretical foundations of water-conducting belt design for wide coverage sprinklers using numerical simulation. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 994. International Conference on Recent Developments in Robotics, Embedded and Internet of Things (ICRDREIOT2020), Tamil Nadu, India, 012007, DOI: 10.1088/1757-899X/994/1/012007.

5. Karpov M.V., Shardina G.E., Zhizdyuk A.A., 2018. *Issledovanie effektivnosti i ekonomicheskaya otsenka primeneniya razrabotannoy kartofeleposadochnoy mashiny* [Investigation of efficiency and economic evaluation of the proposed potato planting machine application]. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific Life], no. 4, pp. 41-46, <https://doi.org/10.28983/asj.v0i4.450>. (In Russian).

6. Plauborg F., Motargemi S.K., Nagy D., Zhou Z., 2022. Analyzing potato response to subsurface drip irrigation and nitrogen fertigation regimes in a temperate environment using the Daisy model. *Field Crops Research*, vol. 276, 108367, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108367>.
 7. Shardina G.E., Karpov M.V., Nesterov E.S., Sayapin O.V., Semenov D.O., 2016. *Polevye ispytaniya eksperimental'noy kartofelesazhalki* [Field tests of an experimental potato planter]. *Nauchnaya mysl'* [Scientific Thought], no. 5, pp. 59-65. (In Russian).
 8. Zhalnin E.V., 2017. *O fundamental'nosti zemledel'cheskoy mekhaniki* [On the fundamentality of agricultural mechanics]. *Vestnik federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V. P. Goryachkina"* [Bulletin of Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin"], no. 6(82), pp. 10-14. (In Russian).
 9. Balabanov V.I., Martynova N.B., Abdulmazhidov Kh.A., 2021. *Primenenie sistemy kapel'nogo orosheniya dlya vyrashchivaniya kartofelya v Moskovskoy oblasti* [Application of a drip irrigation system for growing potatoes in Moscow region]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 3, pp. 47-54, DOI: 10.26897/1997-6011-2021-3-47-54. (In Russian).
 10. Reyes-Cabrera J., Zotarelli L., Rowland D.L., Dukes M.D., Sargent S.A., 2015. Drip as an alternative irrigation method for potato in Florida sandy soils. *American Journal of Potato Research*, no. 91(5), pp. 504-516, <https://doi.org/10.1007/s12230-014-9381-0>.
 11. Martynova N.B., Balabanov V.I., 2021. The design of the working equipment for laying a drip tape based on the Grimme GF-75/4 ridge former. *E3S Web of Conferences*. Vol. 262. 1st International Scientific and Practical Conference "Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems". ITEEA 2021, 01018, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126201018>.
 12. Kizyaev B.M., Balabanov V.I., Martynova N.B., Abdulmazhidov H.A., 2021. *Mekhanizirovannyi sposob ukladki kapel'noy lenty pri vyrashchivanii kartofelya v Moskovskoy oblasti* [Mechanized method of drip tape installation when growing potatoes in Moscow region]. *Agrarny nauchny zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 10, pp. 108-112, <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i10pp108-112>. (In Russian).
-

Информация об авторах

Н. Б. Мартынова – доцент кафедры, кандидат технических наук, доцент;
В. И. Балабанов – заведующий кафедрой, доктор технических наук, профессор;
Х. А. Абдулмажидов – заместитель директора института, кандидат технических наук, доцент;
А. А. Макаров – старший преподаватель.

Information about the authors

N. B. Martynova – Associate Professor of the Department, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
V. I. Balabanov – Head of the Department, Doctor of Technical Sciences, Professor;
Kh. A. Abdulmazhidov – Deputy Director of the Institute, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. A. Makarov – Senior Lecturer.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 03.10.2022; одобрена после рецензирования 03.11.2022; принята к публикации 10.11.2022.

The article was submitted 03.10.2022; approved after reviewing 03.11.2022; accepted for publication 10.11.2022.