

УДК 633.351:631.811.98

DOI: 10.53083/1996-4277-2026-259-5-85-92

И.С. Кручинкина, В.В. Шалеев,
А.С. Алатырев, С.С. Алатырев
I.S. Kruchinkina, V.V. Shaleev,
A.S. Alatyrev, S.S. Alatyrev

ОБОСНОВАНИЕ НОВОГО СПОСОБА МАШИННОЙ УБОРКИ КАПУСТЫ

SUBSTANTIATION OF A NEW CABBAGE MACHINE HARVESTING TECHNIQUE

Ключевые слова: *новый способ машинной уборки капусты, рольганг, перегрузка контейнеров на платформу, вилочный погрузчик.*

При традиционной машинной уборке капусты кочаны сильно травмируются в процессе отгрузки в кузов сопровождающего транспортного средства навалом. В этой связи предложен новый способ машинной уборки капусты, включающий машинную срезку кочанов режущим аппаратом с колеблющимися выравнивателями, доработку кочанов до требуемого состояния с помощью транспортера-обрезчика путем повторной обрезки кочерыг нетоварно срезанных кочанов по принципу гильотины, распределение потока капустной массы вдоль фронта капустоуборочного комбайна с помощью продольного транспортера, ручную перекладку кочанов рабочими с полотна продольного транспортера в сменные контейнеры, установленные в капустоуборочном комбайне. Кроме того, также предусматривается возможность погрузки сменных контейнеров после наполнения капустой в кузов транспортного средства, оснащенного рольгангом для отправки в овощехранилище. По прибытию в овощехранилище предусматривается разгрузка контейнеров с капустой (после перевода заднего упора в транспортном средстве в разгрузочное положение) путем подъема подвеской трактора передней части платформы на необходимую высоту, создавая уклон для скатывания контейнеров на рольганг под собственным весом и последующей подачей агрегата вперед по мере разгрузки контейнеров. Аналитически обоснованы силы, необходимые для перемещения контейнеров с капустой на рольганг при погрузке на транспортное средство, а также уклон платформы при отгрузке. В результате рекомендуется выполнить полотно конвейера в виде пластинчатого настила с ребрами. Для эффективного функционирования рольганга при отгрузке груза

предусмотреть уклон платформы в поднятом состоянии не менее 2,0÷2,5%.

Keywords: *new technique of cabbage machine harvesting, roller conveyor, container loading onto a platform, forklift.*

Under conventional machine harvesting, cabbage heads are severely damaged during bulk loading into the back of an accompanying vehicle. Therefore, a new technique of cabbage machine harvesting has been proposed. This technique involves machine cutting of cabbage heads using a cutting unit with oscillating levelers, finishing of heads to the required condition using a conveyor cutter by re-trimming the stalks of unsalable heads using a guillotine-like method, distribution of the cabbage heads along the front of the cabbage harvester using a longitudinal conveyor, and manual transfer of the heads by workers from the longitudinal conveyor belt into interchangeable containers installed in the cabbage harvester. Furthermore, the possibility of loading the interchangeable containers after filling with cabbage into the back of a vehicle equipped with a roller conveyor for transport to a vegetable storage facility is also envisaged. Upon arrival at the vegetable storage facility, the cabbage containers are unloaded (after the vehicle's rear stop is moved to the unloading position). The tractor's suspension raises the front of the platform to the required height creating a slope for the containers to roll onto the roller conveyor under their own weight. The tractor then moves the unit forward as the containers are unloaded. The forces required to move the cabbage containers on the roller conveyor during loading onto the vehicle are analyzed, as well as the platform slope during unloading. As a result, it is proposed that the conveyor belt be constructed as a plate-like floor with flanges. To ensure the roller conveyor operates efficiently during unloading, the platform slope in the raised position should be at least 2.0 to 2.5%.

Кручинкина Ирина Сергеевна, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, г. Чебоксары, Российская Федерация, e-mail: irinka58.84@mail.ru.

Шалеев Виктор Витальевич, ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, г. Чебоксары, Российская Федерация, e-mail: Saleevviktor161@gmail.com.

Kruchinkina Irina Sergeevna, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chuvash State Agricultural University, Cheboksary, Russian Federation, e-mail: irinka58.84@mail.ru.

Shaleev Viktor Vitalevich, Chuvash State Agricultural University, Cheboksary, Russian Federation, e-mail: Saleevviktor161@gmail.com.

Алатырев Алексей Сергеевич, д.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, г. Чебоксары, Российская Федерация, e-mail: Leha.alatyrev@mail.ru.

Алатырев Сергей Сергеевич, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, г. Чебоксары, Российская Федерация, e-mail: S_Alatyrev1955@mail.ru.

Alatyrev Aleksey Sergeevich, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chuvash State Agricultural University, Cheboksary, Russian Federation, e-mail: Leha.alatyrev@mail.ru.

Alatyrev Sergey Sergeevich, Dr. Tech. Sci., Prof., Chuvash State Agricultural University, Cheboksary, Russian Federation, e-mail: S_Alatyrev1955@mail.ru.

Введение

При традиционной машинной уборке капусты кочаны отгружаются навалом в кузов сопровождающего транспортного средства, при этом сильно травмируясь [1-4]. Повреждаемость иногда может составлять до 20-25% [5, 6]. По мнению С.Н. Свирина [7], основной причиной повреждений кочанов при отгрузке в кузов транспортного средства является их падение с высоты со значительной скоростью. Так, высота падения кочанов на жесткую поверхность не должна превышать 300-500 мм, а на слой капусты – 900 мм [8]. Как показывают исследования, «с учетом высоты борта кузова транспортного средства высота падения кочанов может превышать допустимую величину в 2÷3 раза [9]. К тому же допустимая высота падения кочанов на стальную поверхность с увеличением массы кочанов

с 1 до 6 кг снижается с 600-700 до 150-190 мм [10].

Таким образом, при традиционной машинной уборке капусты путем отгрузки кочанов навалом в кузов транспортного средства их повреждения неизбежны.

Повреждаемость кочанов отрицательно сказывается в их лежкости при хранении [11-13]. Так, при закладке на хранение поврежденных кочанов потери продукции могут возрастать до 50% [7]. В связи этим необходимо изыскать новую эффективную технологию, обеспечивающую щадящий режим работы.

С учетом вышесказанного **целью** исследования является обоснование нового способа машинной уборки кочанной капусты в щадящем режиме.

Поставленная цель достигается:

- реализацией новых технических и технологических решений при машинной уборке кочанной капусты;
- теоретическим обоснованием параметров предложенных технологических решений.

Объекты и методы исследования

В этой связи при уборке капусты, предназначенной для длительного хранения, предпочтительным считаем новый способ, основанный в

соответствии с патентами на изобретения № 2791017 [14] и № 2835191 [15].

Способ уборки кочанной капусты включает машинную срезку кочанов режущим аппаратом 1 (рис. 1), доработку кочанов до требуемого состояния с помощью транспортера-обрезчика 2-м путем повторной обрезки лишней части кочерыг по принципу гильотины, распределение потока капустной массы вдоль фронта действия капустоуборочного комбайна с помощью продольного транспортера 3, ручную перекладку кочанов рабочими, находящимися на платформе 4, с продольного транспортера в сменные контейнеры 5, установленные в капустоуборочном комбайне на пластинчатом конвейере 6, установленном между трактором и продольным транспортером. В данном случае также предусматривается возможность погрузки сменных контейнеров 5 после наполнения капустой в кузов транспортного средства, оснащенного рольгангом 7, например, прицепного садового роликового контейнеровоза ПСРК-5 (рис. 2) путем последовательной подачи на платформу последнего пластинчатым конвейером 6 (рис. 3) после выствавления его выгрузного конца с помощью силового цилиндра 8 по высоте в соответствующее положение и подключения его управляемого привода 9 (рис. 1) в работу.

После этого транспортное средство с наполненными капустой контейнерами отправляется в овощехранилище. Далее, на площадке перед овощехранилищем производится разгрузка контейнеров.

Управление разгрузкой агрегата осуществляется трактористом непосредственно из кабины. После установки задних упоров в положение «разгрузка» передняя часть контейнеровоза ПСРК-5 слегка поднимается, что обеспечивает скатывание контейнеров с капустой по рольгангу на разгрузочную площадку. При этом трактор с прицепом медленно движется вперед до тех пор, пока контейнеры полностью не освободят контейнеровоз. После выгрузки груженых контейнеров на контейнеровоз ПСРК-5 устанавливаются порожние контейнеры, и транспортное средство отправляется на поле. Контейнеры с

капустой в последующем устанавливают в штабелях в овощехранилище с помощью вилочного погрузчика.

Порожние контейнеры, доставленные на поле, устанавливаются на комбайн для последующего наполнения на конвейере 6. После этого технологический цикл работы повторяется.

Для практической реализации данного способа уборки капусты необходимо обосновать силы, необходимые для перемещения контейнеров на рольганге и наклон рольганга при выгрузке контейнеров. Ниже рассмотрим эти процессы аналитически.

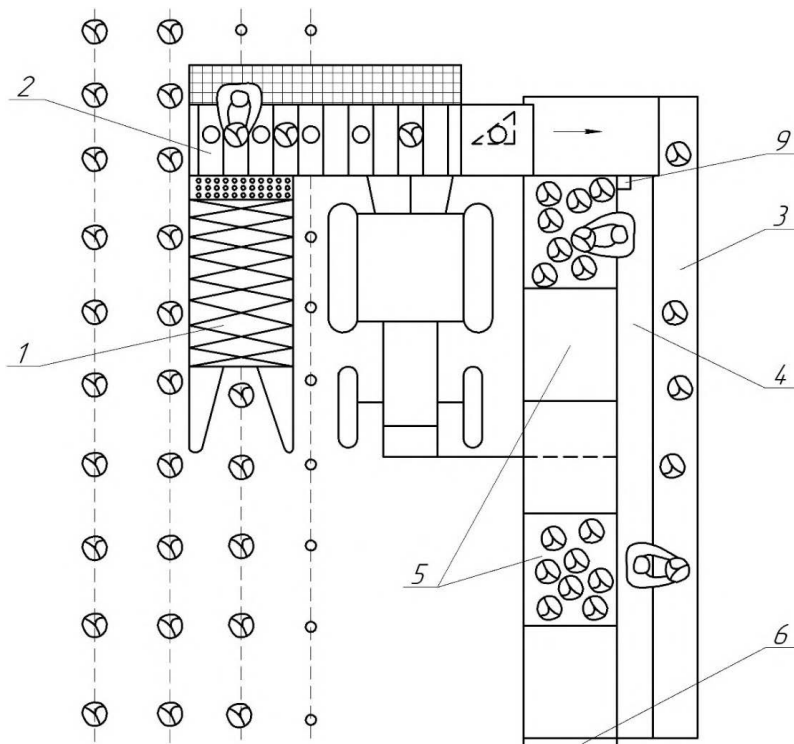


Рис. 1. Схема капустоуборочного комбайна к новому способу уборки кочанной капусты



Рис. 2. Прицепной садовый роликовый контейнеровоз ПСРК-5

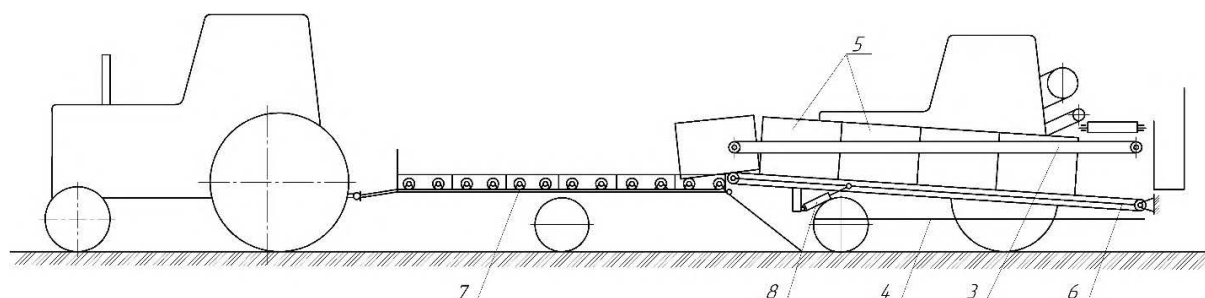


Рис. 3. Схема перегрузки контейнеров с капустой в транспортное средство

Передвижение контейнеров на рольганге представляет собой способ перемещения на колесах, при которых имеет место трение качения контейнеров по роликам и трение скольжения или качения в подшипниках роликов. В общем случае коэффициент сопротивления при движении контейнеров по роликам может быть определен по формуле (рис. 4) [16]:

$$\mu_{\text{в}} = c(\mu_0 d + 2k)/D_p \quad (1)$$

где c – коэффициент увеличения сопротивления на катках с ребордами из-за трения реборд о ребра основания контейнера;

μ – коэффициент трения в цапфах оси роликов;

d – диаметр цапф осей роликов;

k – коэффициент трения качения роликов по основанию контейнера.

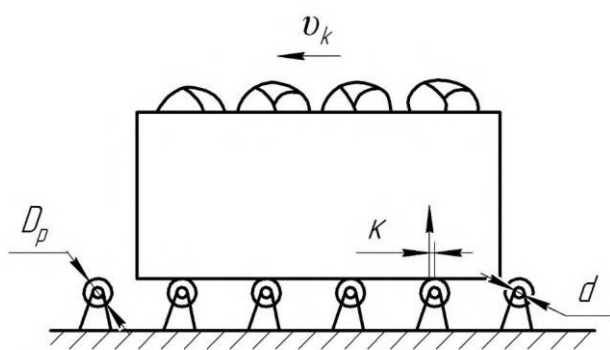


Рис. 4. Схема взаимодействия контейнера с рольгангом

Далее определим силу F , необходимую для перемещения контейнеров с капустой по горизонтальному рольгангу для движения со скоростью v_k (м/с).

Ролики рольганга, как указывалось, вращаются накатывающимися на них контейнерами с капустой. После прохождения контейнера (если за ним не следует новый контейнер) ролики под действием сил трения в подшипниках вращаются с замедлением и перед накатыванием следующего контейнера могут полностью остановиться [16].

Диаграмма изменения угловой скорости ролика рольганга в процессе взаимодействия с контейнером с капустой показана на рисунке 5 а.

В начальный период взаимодействия t_1' , пока окружная скорость образующей ролика не станет равной скорости поступательного движения v_k контейнера с капустой, которую можно считать постоянной, контейнер по ролику одновременно скользит и катится. Скорость вращения ролика, находящегося под действием постоян-

ной силы трения скольжения от накатывающего контейнера с капустой, возрастает по линейному закону (участок ОА на рисунке 5). Затем окружная скорость образующей на опорной поверхности ролика приравняется к поступательной скорости контейнера v_k , и он продолжает вращаться с постоянной угловой скоростью $2v_k/D_p$ (где D_p – диаметр ролика). Далее освобожденный от контейнера ролик вращается замедленно (участок ВС) и затем остается в покое (участок CD) до накатывания следующего контейнера. После этого цикл возобновляется [16].

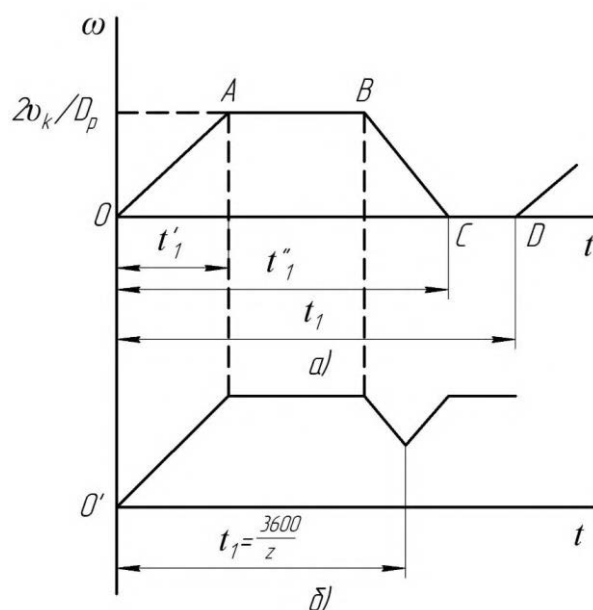


Рис. 5. Диаграмма изменения угловой скорости ролика в процессе взаимодействия с контейнером с капустой

При поточном поступлении z контейнеров за единицу времени (в час) на рольганг время одного цикла $t_1 = 3600/z$.

Если G' – сила давления груза на один ролик и μ_0 – коэффициент трения скольжения в движении контейнера по поверхности ролика, то сила трения между ними в период t_1' равна $G'\mu_0$, следовательно, работа контейнера равна $G'\mu_0 v_k t_1'$. При этом путь скольжения равен $v_k t_1'/2$, следовательно, работа сил трения при скольжении равна $G'\mu_0 v_k t_1'$.

Таким образом, половина всей работы контейнера с капустой превращается в работу А трения скольжения между роликом и контейнером, а вторая половина – в кинетическую энергию ролика. Иначе говоря, работа контейнера равна удвоенной кинетической энергии ролика

$2A$, где для установившегося вращательного движения ролика с моментом инерции J_p [16]

$$A = \frac{J_p \omega^2}{2} = \frac{4J_p v_k^2}{2D_p^2} = \frac{2J_p v_k^2}{D_p^2}. \quad (2)$$

Результаты исследований и обсуждение

Таким образом, полная сила сопротивления движению контейнера с силой тяжести G по рольгангу складывается из следующих составляющих:

1. Сопротивление качению контейнера по роликам:

$$F_1 = G^2 k / D_p, \quad (3)$$

где k – коэффициент трения качения контейнера по роликам.

2. Сопротивление вследствие трения в цапфах роликов, если контейнер лежит на z' роликах

$$F_2 = (G + G_p z') \mu d / D_p, \quad (4)$$

где G_p – вес ролика;

μ – коэффициент трения в цапфе ролика;

d – диаметр цапфы ролика.

3. Сопротивление, связанное со скольжением груза по роликам и сообщением им кинетической энергии. Как выяснилось выше, для одного ролика, соответственно, работа, совершаемая контейнером, равна $2A$, а для всех z , следовательно, роликов в рольганге $2Az$, составляющая при длине рольганга L (пути перемещения груза) [16]:

$$F_3 = 2Az / L = 2J_p v_k^2 z / (D_p^2 L). \quad (5)$$

Полная сила сопротивления движению контейнеров на рольганге:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 = G^2 k / D_p + (G + G_p z') \mu d / D_p + 2J_p v_k^2 z / (D_p^2 L). \quad (6)$$

Для того, чтобы все контейнеры с капустой смогли перемещаться с постоянной скоростью в транспортном средстве, необходимо прикладывать к последнему контейнеру со стороны конвейера 5 (рис. 3) силу P , равную F .

Согласно выражению (6), расчетное значение силы сопротивления движению на рольганге потока контейнеров в количестве $z = 5$ шт. с капустой массы $700 \div 800$ кг в каждом может составить в пределах $4,5-5$ кН. Рекомендуем выполнить полотно конвейера 6 в виде пластинчатого настила с реборами.

Далее обоснуем уклон платформы контейнерова в процессе отгрузки контейнеров.

Силу сопротивления движению контейнера можно выразить через коэффициент сопротивления движения контейнера на рольганге по формуле:

$$w' = w' G. \quad (7)$$

Отсюда с учетом выражения (6)

$$w' = \frac{F}{G} = \frac{2k}{D_p} + \left(1 + \frac{G_p z'}{G}\right) + \frac{2J_p v_k^2 z}{D_p^2 L G}. \quad (8)$$

Достаточный интерес представляет анализ диаграмм, представленных на рисунке 5 а, б в сравнении друг с другом.

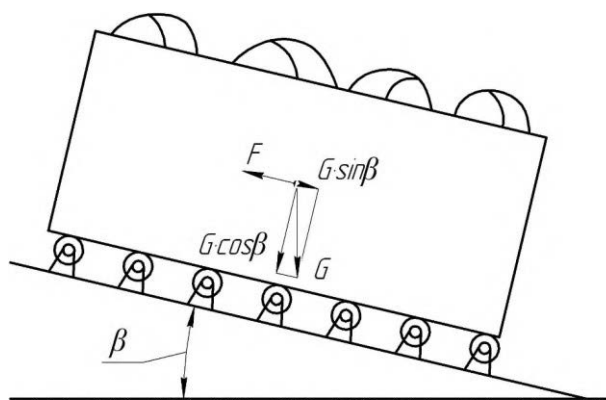


Рис. 6. Схема сил, действующих на контейнер с капустой на рольганге при отгрузке

На рисунке 5 а интервал времени t_1 поступления очередного контейнера с капустой на рольганг больше времени нахождения соответствующего ролика в вращательном состоянии, т.е. имеет место потеря всей полученной кинетической энергии от контейнера на участке ВС.

На рисунке 5 б интервал времени t_1 поступления очередного контейнера на рольганг меньше времени t_1'' нахождения ролика во вращательном состоянии. В этом случае ролику будет сообщаться меньше кинетической энергии со стороны последующего контейнера, следовательно, коэффициент сопротивления контейнеров будет уменьшаться, а при $t_1 = t_1' + \Delta B$ он достигнет минимума:

$$w'_{\min} = \frac{2k}{D_p} + \left(1 + \frac{G_p z'}{G}\right). \quad (9)$$

Именно такой случай имеет место в нашем случае, так как контейнеры расположены на рольганге без промежутков между собой.

Рассмотрим предельное состояние контейнера с капустой на рольганге при отгрузке (рис. 6).

При перемещении контейнера с постоянной скоростью v_k справедливо выражение

$$G_p \sin \beta = (G \cos \beta) w', \quad (10)$$

где β – угол наклона рольганга к горизонту.

Отсюда $\operatorname{tg} \beta = w'$.

Следовательно, с учетом (9) получим:

$$\beta = \arctg \left[\frac{2k}{D_p} \left(1 + \frac{G_p w'}{G} \right) \right]. \quad (11)$$

В равенстве (11) сила тяжести ролика G_p находится в числителе дроби, а сила тяжести G контейнера с капустой и диаметр D_p ролика – в знаменателе. Из этого следует, чтобы уменьшить угол β , необходимо стремиться при проектировании рольганга уменьшить вес роликов, диаметры роликов по возможности увеличивать, а также использовать контейнеры большей вместимости.

В рольгангах желательно использовать подшипники качения вместо подшипников скольжения.

С учетом рекомендаций [6] для контейнеров из строганных досок следует принять для эффективного функционирования рольганга при отгрузке груза уклон $2,0 \div 2,5\%$.

Выводы

1. При традиционной машинной уборке капусты кочаны отгружаются в кузов транспортного средства навалом сильно травмируются. Процент поврежденных кочанов может составлять до 25-30%.

2. В связи этим предложен новый способ машинной уборки кочанной капусты путем затаривания в контейнеры.

3. Аналитически обоснованы силы, необходимые для перемещения контейнеров на рольгангах, и уклон платформы при отгрузке контейнеров. Согласно выражению (6), расчетное значение силы сопротивления движению на рольганге потока из 5 контейнеров с капустой массой $700 \div 800$ кг в каждом может составить 4,5-5 кН, а уклон платформы при отгрузке их должен быть в пределах $2,0 \div 2,5\%$.

Библиографический список

1. Алатырев, А. С. Обоснование конструкции и параметров отгрузочного устройства капустоуборочного комбайна: специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Алатырев

Алексей Сергеевич. – Чебоксары, 2016. – 165 с. – Текст: непосредственный.

2. Пьянков, А. И. Агрофизические особенности капусты в связи с механизацией ее уборки / А. И. Пьянков. – Текст: непосредственный // Труды ВИСХОМ. – Москва, 1973. – Вып. 74. – С. 162-189.

3. Способ и комбайн для уборки кочанной капусты на длительное хранение / А. С. Алатырев, И. С. Кручинкина, М. А. Пекунькин, С. С. Алатырев. – DOI 10.48612/vch/h772-bzgv-x1h5. – Текст: непосредственный // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3 (26). – С. 141-146.

4. Апанович, А. А. Состояние и перспективы развития механизации уборки капусты в республике Беларусь / А. А. Апанович, А. Л. Рапинчук. – Текст: непосредственный // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 1 (43). – С. 199-2005.

5. Протокол № 23-52-80 (4164710) приемочных испытаний машины для уборки капусты с зеленым листом МКП-2. – Калитино: Северо-западная МИС, 1980. – 103 с. – Текст: непосредственный.

6. Протокол № 23-109-89 (6097600) предварительных испытаний машины двухрядной для сплошной уборки капусты УКМ-2А. – Калитино: Северо-западная МИС, 1989. – С. 14. – Текст: непосредственный.

7. Свирин, С. Н. Параметры и режимы работы транспортера-загрузчика контейнеров и транспортных средств на пунктах послеуборочной обработки белокочанной капусты: 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Свирин Сергей Николаевич. – Ленинград, 1985. – 16 с. – Текст: непосредственный.

8. Кручинкина, И. С. К обоснованию нового способа уборки кочанной капусты / И. С. Кручинкина, А. Н. Порфирьев, В. В. Шалеев. – Текст: непосредственный // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки Российской Федерации, Чувашской АССР, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Александра

Ивановича Кузнецова (1930-2015), Чебоксары, 18 ноября 2025 года. – Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2025. – С. 686-690.

9. Алатырев, А. С. Устройства для отгрузки кочанов капусты в кузов транспортного средства / А. С. Алатырев. – Текст: непосредственный // Молодёжь и инновации: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. – Чебоксары: ФГБОУ ВПО ЧГСХА, 2013. – С. 184-187.

10. Григорьев, А. О. Устройство к капустоуборочному комбайну для укладки кочанов в кузов транспортного средства / А. О. Григорьев, А. С. Алатырев. – Текст: непосредственный // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 9. – С. 17-19.

11. Хвостов, В. А. Справочник конструктора машин для уборки и послеуборочной обработки овощей и корнеплодов / В. А. Хвостов, Э. С. Рейнгарт, Н. Н. Колчин. – Москва: Изд-во СЗНИИМЭСХ, 1988 – 200 с. – Текст: непосредственный.

12. Тихонов, Н. И. Контейнерная технология уборки капусты / Н. И. Тихонов. – Текст: непосредственный // Технологии и агроприемы выращивания и хранения овощных бахчевых культур: тезисы докладов научно-методической и координационной конференции, Москва, 23-25 марта 1999 года. – Москва: ВНИИО, 1999. – С. 156-157.

13. Хвостов, В. А. Проектирование овощеуборочных машин (теория, конструкция, расчет): учебное пособие / В. А. Хвостов, Н. П. Ларюшин. – Пенза, 1994. – 168 с. – Текст: непосредственный.

14. Патент № 2791017 С1 Российская Федерация, МПК А01D 45/26. Способ уборки кочанной капусты и устройство для его осуществления. – № 2022108211: заявл. 28.03.2022: опубл. 01.03.2023 / Алатырев А. С., Кручинкина И. С., Алатырев С. С.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет». – Текст: непосредственный.

15. Патент № 2835191 С1 Российская Федерация, МПК А01D 45/26. Устройство для уборки кочанной капусты: заявл. 03.10.2024: опубл. 24.02.2025 / Кручинкина И. С.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чу-

вашский государственный аграрный университет». – Текст: непосредственный.

16. Спиваковский, А. О. Транспортирующие машины: учебное пособие для машиностроительных вузов / А. О. Спиваковский, В. К. Дьячков. – 3-е изд. перераб. – Москва: Машиностроение, 1983. – 487 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Alatyrev, A. S. Obosnovanie konstruktсии i parametrov otguzochnogo ustroystva kapustouborochnogo kombayna: spetsialnost 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii selskogo khozyaystva": dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Alatyrev Aleksey Sergeevich. – Cheboksary, 2016. – 165 s.

2. Pyankov, A.I. Agrofizicheskie osobennosti kapusty v svyazi s mekhanizatsiey ee uborki / A.I. Pyankov // Trudy VISKhOM. – Vyp. 74. – Moskva, 1973. – S. 162-189.

3. Sposob i kombayn dlya uborki kochannoy kapusty na dlitelnoe khranenie / A. S. Alatyrev, I. S. Kruchinkina, M. A. Pekunkin, S. S. Alatyrev // Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – No. 3 (26). – S. 141-146. – DOI 10.48612/vch/h772-bzgv-x1h5.

4. Apanovich, A.A. Sostoyanie i perspektivy razvitiya mekhanizatsii uborki kapusty v Respublike Belarus / A.A. Apanovich, A.L. Rapinchuk // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. – 2009. – No. 1 (43). – S. 199-2005.

5. Protokol No. 23-52-80 (4164710) priemochnykh ispytaniy mashiny dlya uborki kapusty s zelenym listom MKP-2. – Kalitino: Severo-Zapadnaya MIS, 1980. – 103 s.

6. Protokol No. 23-109-89 (6097600) predvaritelnykh ispytaniy mashiny dvukhryadnoy dlya sploshnoy uborki kapusty UKM-2A. – Kalitino: Severo-Zapadnaya MIS, 1989. – S. 14.

7. Svirin, S.N. Parametry i rezhimy raboty transportera-zagruzchika konteynerov i transportnykh sredstv na punktakh posleuborochnoy obrabotki belokochannoy kapusty / S.N. Svirin: avtoref. dis. ...kand. tekhn. nauk. – Leningrad-Pushkin, 1986. – 16 s.

8. Kruchinkina, I. S. K obosnovaniyu novogo sposoba uborki kochannoy kapusty / I. S. Kruchinkina, A. N. Porfirev, V. V. Shaleev // Nauchno-obrazovatelnye i prikladnye aspekty proizvodstva i pererabotki selskokhozyaystvennoy produktsii: Sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy

95-letiyu so dnya rozhdeniya zaslužennogo deyatelya nauki Rossiyskoy Federatsii, Chuvashskoy ASSR, pochetnogo rabotnika vysshego professionalnogo obrazovaniya Rossiyskoy Federatsii, doktora selskokhozyaystvennykh nauk, professora Aleksandra Ivanovicha Kuznetsova (1930-2015), Cheboksary, 18 noyabrya 2025 goda. – Cheboksary: Chuvashskiy GAU, 2025. – S. 686-690.

9. Alatyrev, A.S. Ustroystva dlya otgruzki kochanov kapusty v kuzov transportnogo sredstva / A.S. Alatyrev // Materialy IX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov "Molodezh i innovatsii". – Cheboksary: FGBOU VPO CHGSKhA, 2013. – S. 184-187.

10. Grigorev, A. O. Ustroystvo k kapustouborochnomu kombaynu dlya ukladki kochanov v kuzov transportnogo sredstva / A. O. Grigorev, A. S. Alatyrev // Traktory i selkhoz mashiny. – 2014. – No. 9. – S. 17-19.

11. Khvostov, V.A. Spravochnik konstruktora mashin dlya uborki i posleuborochnoy obrabotki ovoshchey i korneplodov / V.A. Khvostov, E.S. Reyngart, N.N. Kolchin. – Sankt-Peterburg; Pavlovsk: Izdatelstvo SZNIIMESKh. – 200 s.

12. Tikhonov, N.I. Konteynernaya tekhnologiya uborki kapusty / N.I. Tikhonov // Tekhnologii i agropriemy vyrashchivaniya i khraneniya

ovoshchnykh bakhchevykh kultur: tezisy dokladov nauchno-metodicheskoy i koordinatsionnoy konferentsii. – Moskva: VNIIO, 1999. – S.156-157.

13. Khvostov, V.A. Proektirovanie ovoshcheuborochnykh mashin (teoriya, konstruktsiya, raschet) / V.A. Khvostov, N.P. Laryushin: uchebnoy posobie. – Penza, 1994. – 168 s.

14. Patent No. 2791017 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK A01D 45/26. Sposob uborki kochanov kapusty i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya: No. 2022108211: zayavl. 28.03.2022: opubl. 01.03.2023 / A. S. Alatyrev, I. S. Kruchinkina, S. S. Alatyrev; zayavitel Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Chuvashskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet".

15. Patent No. 2835191 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK A01D 45/26. Ustroystvo dlya uborki kochanov kapusty: zayavl. 03.10.2024: opubl. 24.02.2025 / I. S. Kruchinkina; zayavitel Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Chuvashskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet".

16. Spivakovskiy, A. O. Transportiruyushchie mashiny: ucheb. posobie dlya mashinostroitelnykh vuzov. – 3-e izd. pererab. / A. O. Spivakovskiy, V. K. Dyachkov. – Moskva: Mashinostroenie, 1983. – 487 s.



УДК 631.349.2

DOI: 10.53083/1996-4277-2026-259-5-92-100

Д.Н. Пирожков, В.И. Беляев

D.N. Pirozhkov, V.I. Belyaev

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГУСТОТЫ СТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ

USE OF UNCREWED AERIAL VEHICLES TO DETERMINE PLANT STAND DENSITY

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, квадрокоптер, дрон, густота стояния растений, эффективность возделывания, нейросеть, обнаружение объектов.

В последнее время использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в различных отраслях человеческой деятельности становится все более широким и успешным. Не является исключением и сельское хозяйство, так как применение БПЛА позволяет повысить экономическую эффективность растениеводства. Целью исследования является демонстрация возможности использования беспи-

лотных летательных аппаратов среднего уровня для контроля качества проведения посева, в частности, густоты стояния растений как одного из важных показателей качества возделывания растений, от точности определения которого могут зависеть планы дальнейших мероприятий по уходу за растениями, урожайность и экономическая эффективность растениеводства. Для съемки полей предлагается использовать беспилотный летательный аппарат квадрокоптерного типа DJI Air2S. Описана последовательность настройки и использования программного обеспечения для разметки фотографий с последующим обучением нейросетевой модели