

УДК 631.358:635.34

DOI:

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИЕМНОГО ЛОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ БЕРЕЖНОЙ УКЛАДКИ КОЧАНОВ В КОНТЕЙНЕРЫ ПРИ МАШИННОЙ УБОРКЕ КАПУСТЫ**С. С. Алатырев, А. С. Алатырев, И. С. Кручинкина***Чувашский государственный аграрный университет**428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. В последние годы во многих странах мира, в частности, в Дании, Бельгии, Канаде, Китае, Японии, Белоруссии, Казахстане, а также в нашей стране проявляют повышенный интерес к механизации процесса уборки кочанной капусты. Уборка урожая с использованием машин сокращает трудозатраты более чем в 3 раза. В то же время в связи с внедрением традиционных механизированных технологий при уборке капусты возникла проблема, связанная с сохранением исходного качества продукции, поскольку при отгрузке кочанов в кузов транспортного средства навалом, а также в процессе закладки на хранение происходит их механическое повреждение. В этой связи предлагается осуществлять машинную уборку кочанной капусты с помощью ручной бережной укладки кочанов в контейнеры, установленные в кузове сопровождающего транспортного средства, с использованием ленточного транспортирующего устройства. Процесс механизированной уборки капусты по предложенной технологии будет стабильным при обеспечении поточности перемещения капустной массы (кочанов и капустной листвы) на приемном лотке названного транспортирующего устройства. В этой связи были определены оптимальные значения параметров приемного лотка. В результате исследования было установлено, что при пролете приемного лотка $l=700$ мм необходимо, чтобы он имел разницу расположения краев по высоте $h \geq 420$ мм, ширину полотна – $816 < S < 868$ мм.

Ключевые слова: машинная уборка капусты, укладка кочанов в контейнеры, ленточное транспортирующее устройство, конструктивные параметры приемного лотка.

Введение. Белокочанная капуста является одной из основных овощных культур, выращиваемых в нашей стране [8]. Она возделывается в России на площадях, составляющих в общей совокупности более 100 тыс. га. Валовой сбор капусты ежегодно превышает 5 млн. т.

Особенностью возделывания белокочанной капусты является значительная его трудоемкость [2], [5], [15]. В среднем по стране на 1 га площади тратится 560...650 чел.-ч. Из них около 60 % приходится на уборку урожая. Высокие затраты труда снижают рентабельность товарного производства капусты, требуют привлечения большого количества рабочей силы в напряженный осенний период.

В этой связи в последние годы в ряде стран мира уделяют все больше внимания проблеме механизации процесса уборки кочанной капусты [6], [9], [10]. В частности, заметных результатов в разработке капустоуборочной техники добились в Европе [1], [4], особенно фирмы Asa-Lift (Дания), Vanhocke (Бельгия). Появились опытные образцы капустоуборочных машин в США [13], [14], Канаде [6], Китае [3], [10], [16], Японии [7], [12], а также в странах ближнего зарубежья (Белоруссии и Казахстане) [1].

В России заметные результаты в разработке капустоуборочной техники были достигнуты в 70-80 гг. прошлого столетия, в период социализма. Эта техника была рассчитана на крупное товарное производство капусты в специализированных овощеводческих хозяйствах общественного сектора. В настоящее время, в период массового распространения малых форм хозяйствования на селе, темпы механизации уборочных процессов в овощеводстве несколько снизились.

Уборка урожая с использованием машин повышает производительность и сокращает затраты труда более чем в 3 раза [11]. В то же время в связи с внедрением механизированных технологий при уборке капусты возникла проблема, связанная с сохранением товарного вида продукции, поскольку при отгрузке кочанов в кузов транспортного средства навалом и в процессе перевалок при закладке на хранение происходит ее механическое повреждение.

Указанный недостаток наиболее свойственен традиционной поточной технологии уборки капусты, которая считалась в недавнем прошлом основной как в нашей стране, так и в странах ближнего зарубежья.

В настоящее время овощеводы предпочитают машинную контейнерную технологию уборки капусты с последующей закладкой ее на хранение в этих же контейнерах. Это позволяет избежать перевалок кочанов, минимизировать количество механических воздействий на них. Тем самым существенно снижается их повреждаемость. Однако данная технология пока не находит широкого применения на практике, требует дальнейшего совершенствования в направлении повышения эффективности использования.

В этой связи необходимо изыскать новую, наиболее эффективную для современных условий технологическую схему машинной контейнерной уборки капусты. В рамках обозначенной задачи, на наш взгляд, представляет практический интерес машинная уборка капусты с помощью ручной бережной укладки кочанов в контейнеры 1 (рис. 1), установленные в кузове сопровождающего транспортного средства 2, при использовании ленточного транспортирующего устройства 3 с приемным лотком 4, выполненным из гибкого полотна, закрепленного краями на жесткой рамке, расположенной под углом к горизонту.

Транспортирующее устройство приводится в движение от гидромотора 5, подключенного к гидросистеме трактора.

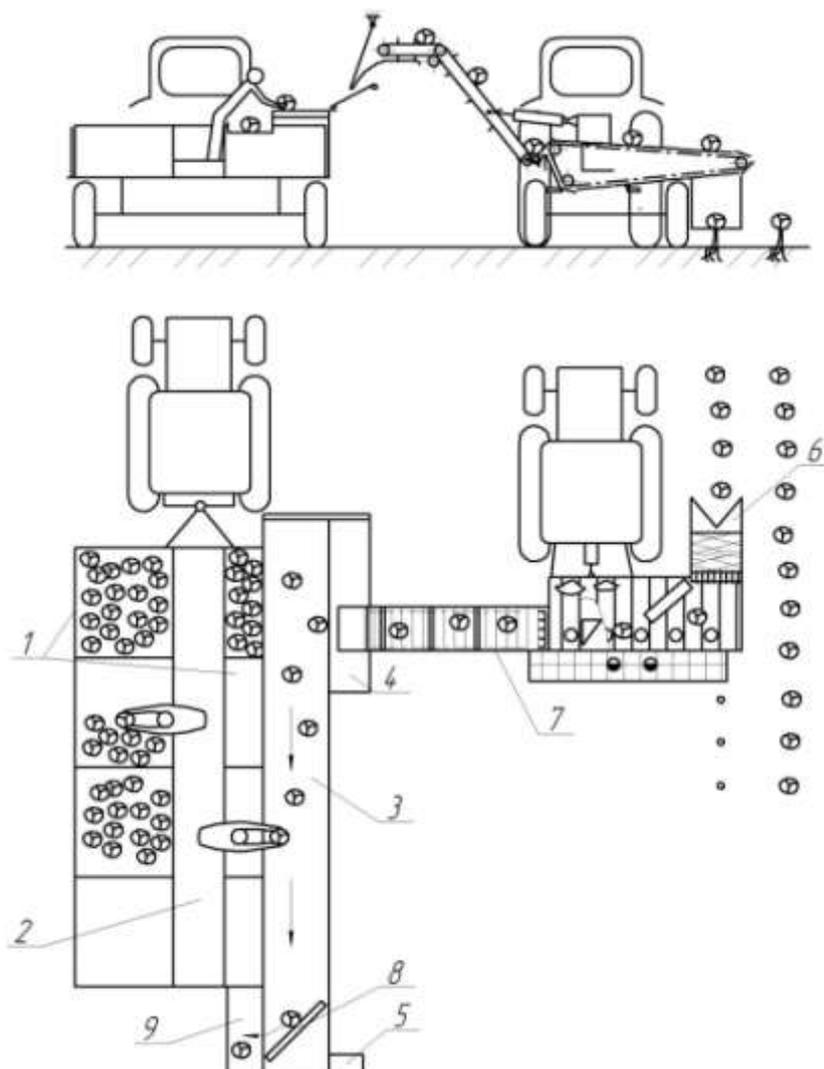


Рис. 1. Технологическая схема машинной уборки капусты укладкой кочанов в контейнеры вручную

Во время уборочного процесса в соответствии с данной технологией уборочный агрегат 6 отгружает элеватором 7 кочаны капусты сначала на полотно приемного лотка 4. Далее поток кочанов и капустной листвы будет поступать на полотно ленточного транспортирующего устройства и плавно перемещаться на нем над контейнерами 2 вдоль кузова транспортного средства. Одновременно рабочие, находящиеся между рядами контейнеров 2, будут бережно перекидывать кочаны с полотна транспортирующего устройства 3 в контейнеры. При этом капустная листва будет отгружаться в конце транспортирующего устройства на землю. В то же время, если по какой-то причине кочан окажется в конце транспортирующего устройства необслуженным, то отражатель 8 направит его в накопитель 9. В последующем рабочий доставит его в один из контейнеров 2. После наполнения всех контейнеров капустой транспортное средство 1 отправится в овощехранилище. Там контейнеры с капустой разгрузят с помощью вилочного погрузчика и установят в штабелях на хранение. На их место установят в кузове транспортного средства пустые контейнеры. Далее рабочий цикл повторится.

Цель исследования. Стабильность выполнения рабочего процесса при использовании описываемой технологии зависит от конструктивных параметров приемного лотка транспортирующего устройства. Конструкция приемного лотка должна быть такой, чтобы капустная масса (кочаны и листва капусты), поступающая от капустоуборочного комбайна, непрерывно (поточно) сходила на полотно транспортирующего устройства для того, чтобы на нем не образовался затор.

В этой связи целью дальнейшего исследования является обоснование оптимальных конструктивных параметров приемного лотка названного устройства.

Материалы и методы исследования. Приемный лоток транспортирующего устройства может быть представлен в виде абсолютно гибкого полотна, подвешенного на двух шарнирных опорах, находящихся на разных уровнях по высоте (рис. 2) с разницей h .

Полотно первоначально нагружается только собственным весом. Оно имеет постоянное сечение, следовательно, вес распределяется равномерно по ширине S полотна. Однако в целях упрощения расчетов допустим, что интенсивности нагрузки q распределяется равномерно по ширине проекции полотна на горизонтальную плоскость, то есть по пролету l .

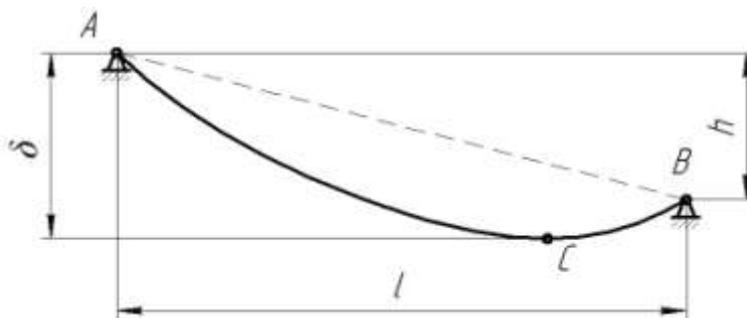


Рис. 2. Гибкое полотно на двух шарнирных опорах, заменяющее приемный лоток транспортирующего устройства

Такое полотно провисает по некоторой кривой АВ с максимальным провисом δ . Здесь можно выделить три характерных возможных случая провисания полотна в зависимости от параметров устройства (см. рис. 3).

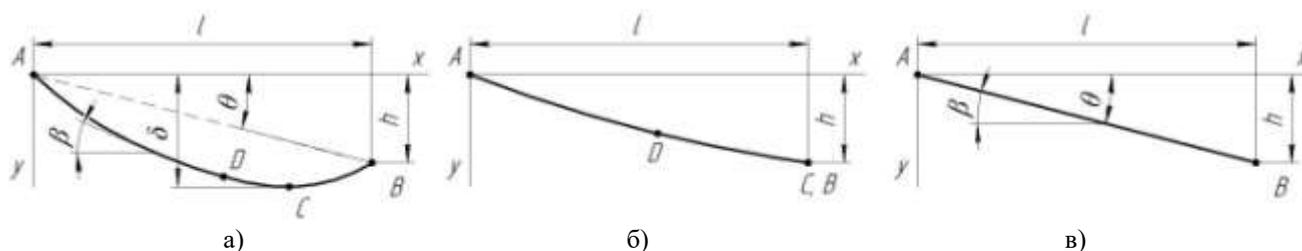


Рис. 3. Характерные случаи провисания полотна лотка

При первой форме кривой провисания полотна (рис. 3, а) максимальный провис δ находится между опорами A и B , перед опорой B образуется ложбинка.

Во втором случае (рис. 3, б) точка максимального провиса C совпадает с опорой B , между точками A и B ложбинка отсутствует.

В третьем случае (рис. 3, в) полотно натянуто по прямой вдоль хорды AB , но такой случай возможен только теоретически. На практике сечение полотна будет отклонено от хорды AB из-за его частичного растяжения.

Из представленных на рисунке 3 форм кривых провисания, на наш взгляд, наиболее подходящими для лотка являются формы на рис. 3, б и 3, в, а также их возможные промежуточные формы. Форма провисания полотна лотка, изображенная на рис. 3, а, является нежелательной для использования потому, что на месте максимального провиса δ (в точке C) могут накапливаться капустная листва и кочаны, что нарушит поточность транспортирования капустной массы между элеватором и транспортирующим устройством в кузове транспортного средства.

Следует также отметить, что процессы перекачивания кочанов и скольжения листьев по лотку будут зависеть от угла наклона β касательной к поверхности полотна в зоне отгрузки капусты AD . При $\beta \geq \arctg f$ (здесь f - коэффициент трения скольжения капустной листвы по поверхности полотна лотка) кочаны будут откатываться, а капустная листва – скользить на полотне [1] лотка.

В третьем случае (рис. 3, в), когда полотно натянуто по прямой вдоль хорды AB , во всех точках сечения угол $\beta = \theta = \arctg f$. Тогда можно выразить условие скольжения капустной листвы по поверхности полотна

в виде следующей формулы:

$$\arctg h/l \geq \arctg f.$$

Отсюда определим необходимую разницу уровней расположения опор приемного лотка по формуле:

$$h \geq fl, \quad (1)$$

так как в остальных случаях в зоне отгрузки кочанов AD на полотне лотка $\beta > \theta$.

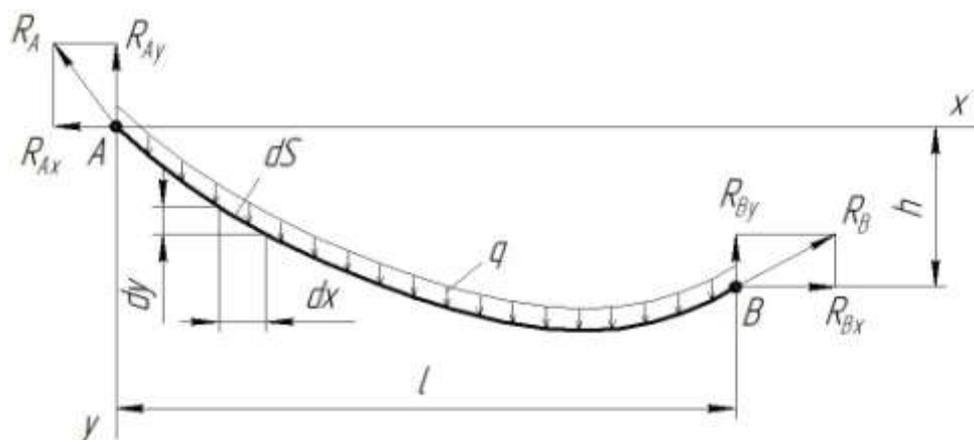


Рис. 4. Схема равновесия полотна лотка

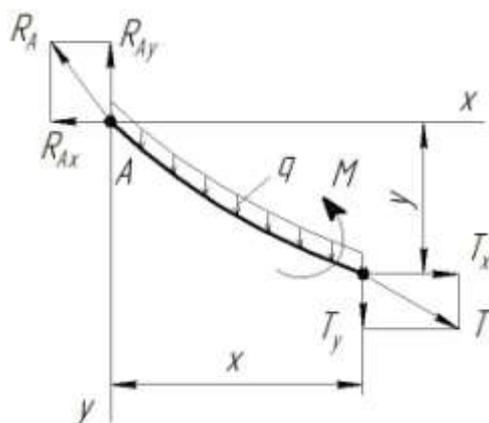


Рис. 5. Схема равновесия отсеченной части лотка

Форма кривой провисания полотна лотка также зависит от соотношения между шириной полотна S и длиной хорды AB . Далее выясним эту зависимость. Для этого рассмотрим равновесие полотна лотка (рис. 4). Так как оно является совершенно гибким, то растягивающие усилия в каждой точке сечения должны быть направлены по касательной к кривой провисания полотна лотка. В точках, совпадающих опорами, эти усилия равны реакциям опор, соответственно, R_A и R_B . Заменим названные реакции опор их горизонтальными и вертикальными составляющими, соответственно, R_{Ax} , R_{Bx} , R_{Ay} и R_{By} . Далее напишем уравнения равновесия полотна лотка:

$$\sum F_{kx} = -R_{Ax} + R_{Bx} = 0; \quad (2)$$

$$\sum F_{ky} = -R_{Ay} - R_{By} + ql = 0; \quad (3)$$

$$\sum m_B(F_k) = R_{Ax} h - R_{Ay} \cdot l + \frac{ql^2}{2} = 0. \quad (4)$$

Отсюда следует, что

$$R_{Ax} = R_{Bx}; \quad (5)$$

$$R_{Ay} = \frac{ql}{2} + R_{Ax} \cdot \frac{h}{l}; \quad (6)$$

$$R_{By} = \frac{ql}{2} - R_{Ax} \cdot \frac{h}{l}. \quad (7)$$

Рассмотренная система уравнений является статически неопределимой. Поэтому условно отсечем полотно лотка и рассмотрим далее равновесие отсеченной части (рис. 5). При этом уравнениями равновесия отсеченной части будут:

$$\sum F_{kx} = -R_{Ax} + T_x = 0; \quad (8)$$

$$\sum F_{ky} = -R_{Ay} + qx + T_y = 0; \quad (9)$$

$$\sum m_c(F_k) = M - R_{Ay}x + R_{Ax}y + \frac{qx^2}{2} = 0, \quad (10)$$

Где M – внутренний изгибающий момент ($M=0$, поскольку полотно лотка совершенно гибкое); T_x, T_y – проекции растягивающего усилия T в точке отсечения.

Горизонтальная составляющая растягивающего усилия в любой точке сечения полотна постоянна и равна T_x (выражения (5) и (8)). Тогда выражения (6), (7) и (10), соответственно, можно представить в следующем виде:

$$R_{Ay} = \frac{ql}{2} + T_x \cdot \frac{h}{2}; \quad (11)$$

$$R_{By} = \frac{ql}{2} - T_x \cdot \frac{h}{l}; \quad (12)$$

$$-R_{Ay}x + T_x y + \frac{qx^2}{2} = 0. \quad (13)$$

Далее, решая совместно выражения (11) и (13), получим

$$y = \left(\frac{ql}{2T_x} + \frac{h}{l} \right) x - \frac{qx^2}{2T_x}. \quad (14)$$

Результаты исследований и их обсуждение. Кривая провисания полотна лотка представляет собой параболу. Далее выразим значение абсциссы, соответствующее экстремальному значению y . Для этого возьмем производную от выражения (14) и, приравняв 0, получим:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{ql}{2T_x} + \frac{h}{l} - \frac{qx}{T_x} = 0. \quad (15)$$

Отсюда найдем значение абсциссы, определяющее положение наибольшего провиса δ :

$$x = \frac{l}{2} + \frac{T_x h}{ql}. \quad (16)$$

Заметим, что если в выражении (16) примем $T_x = \frac{ql^2}{2h}$, то $x = l$, т.е. положение наибольшего провиса

будет совпадать с опорой B .

Таким образом, условие $T_x = \frac{ql^2}{2h}$ соответствует рассмотренному выше случаю на рис 3, б.

Теперь исходя из того, что $T_x = \frac{ql^2}{2h}$, определим необходимую ширину полотна лотка. Для этого рассмотрим элементарный участок кривой провисания (см. рис. 4):

$$dS = \sqrt{dx^2 + dy^2} = \left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} dx. \quad (17)$$

Далее, раскладывая выражение (17) в ряд по формуле Ньютона и ограничиваясь первыми двумя членами разложения, получим

$$dS \approx \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right] dx. \quad (18)$$

Отсюда, интегрируя по всей длине пролета l с учетом выражения (15), находим, что

$$S = \int_0^l \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{ql}{2T_x} + \frac{h}{l} - \frac{qx}{T_x} \right)^2 \right] dx. \quad (19)$$

Приняв в этом выражении, что $T_x = \frac{ql^2}{2h}$, после интегрирования получим для формы провисания полотна, показанной на рис. 3, б, следующую зависимость:

$$S = l + \frac{2h^2}{3l}. \quad (20)$$

Тогда с учетом сказанного выше можно выразить условие для определения необходимой ширины полотна лотка в виде следующей формулы:

$$\sqrt{l^2 + h^2} < S < l + \frac{2h^2}{3l}. \quad (21)$$

Или с учетом выражения (1)

$$l\sqrt{1 + f^2} < S < l(1 + 2f^2/3). \quad (22)$$

Подставляя численные значения $l = 700 \text{ мм}$, $f = 0,6$ [1] в выражения (1) и (22), получим $h \geq 420 \text{ мм}$, $816 < S < 868 \text{ мм}$. При названных параметрах разработанное устройство будет функционировать безотказно.

Выводы.

1. Предложена технология машинной уборки капусты с помощью укладки кочанов в контейнеры: используется ленточное транспортирующее устройство, размещенное в кузове сопровождающего транспортного средства.

2. Получена зависимость (22), позволяющая спроектировать рациональную конструкцию приемного лотка транспортирующего устройства, обеспечивающую поточность перемещения капустной массы на переходе от уборочного агрегата к транспортному средству в шадающем режиме.

Литература

1. Алатырев, А. С. Технология машинной уборки капусты с укладкой кочанов в контейнеры / А. С. Алатырев, С. С. Алатырев, И. С. Кручинкина // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 4. – С. 81-87.
2. Алатырев, С. С. Производственная проверка нового способа механизированной уборки кочанной капусты / С. С. Алатырев, А. П. Юркин, И. С. Кручинкина, А. С. Алатырев // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – № 12. – С. 3-7.
3. Design and field test of a new compact self-propelled cabbage harvester / Du Dongdong, Wang Jun, Xie Luxin and Deng Fanfei // American Society of Agricultural and Biological Engineers. – 2019. – 62 (5). – 1243.
4. Design of cabbage pulling-out test bed and parameter optimization test / C. Zhou, F. Luan, X. Fang, H. Chen // Chemical Engineering. Transactions. – 2017. – 62 1267.
5. Development and utilization of a new mechanized cabbage harvesting system for large fields / M. Hachiya, T. Amano, M. Yamagata, M. Kojima // JARQ. – 2004. – 38(2). – 97.
6. Development of a Cabbage Harvester / R. Chagnon [et al.] // ASAE Annual Meeting. – 2004. – DOI: 10.13031/2013.17892.
7. Development of robotic cabbage harvester (Part 2) / N. Murakami, K. Otsuka, K. Inoue, M. Sugimoto // Journal Japanese Society Of Agricultural Machinery. – 1999. – 61(5).
8. Development of technology and means for machine harvesting of head cabbage in the non-damaging mode / S. Alatyrev, G. Yunusov, I. Kruchinkina, A. Alatyrev // IOP Conference. – 2020. – 604(1)012020.
9. Du, D. D. Optimization of cutting position and mode for cabbage harvesting / D. D. Du, J. Wang, S. S. Qiu // Transactions of the CSAE. – 2014. – 30(12). – 34.
10. Gao, T. H. Optimization experiment of influence factors on greenhouse vegetable harvest cutting / T. H. Gao, T. B. Wang, Z. Zhou // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. – 2015. – 31 (19). – 15.
11. Jagvir, Dixit Development and evaluation of self-propelled cabbage/cauliflower harvester / Dixit Jagvir // NASS Journal of Agricultural Science. – 2022. – 04. – 01. – URL: <https://dx.doi.org/10.36956/njas.v4i1.471>.
12. Kanamitsu, M. Development of Chinese cabbage harvester / M. Kanamitsu, K. Yamamoto // Japan Agricultural Research Quarterly (JARQ). – 1996. – 30 (1). – 35.
13. Patent No. 3497013 (February 24, 1970). U.S. / W. M. Baker, P. Road, J. Rte, N. Y. Clyde.
14. Patent No. 3827503 (August 6, 1974). U.S. / C. J. Hansen.
15. Song, K. S. Automatic cabbage feeding, piling, and unloading system for tractor implement Chinese cabbage harvester / K. S. Song, H. Hwang, J. T. Hong // IFAC Proceedings Volumes. – 2000. – 33(29). – 259. – URL: [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)36787-3](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)36787-3).
16. Wu, X. W. Discussion on structure of self-propelled hydraulic cabbage harvester / X. W. Wu, Y. Sun, X. K. Yuan // South Agricultural Machinery. – 2015. – 11 35.

Сведения об авторах

1. **Алатырев Сергей Сергеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; тел. 89373911350;

2. **Алатырев Алексей Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; тел. 89050273957;

3. **Кручинкина Ирина Сергеевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры математики, физики и информационных технологий, Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, тел. 89176533438.

SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF THE RECEIVING TRAY OF THE DEVICE FOR CAREFUL PACKING OF CABBAGE HEADS INTO CONTAINERS DURING MACHINE HARVESTING OF CABBAGES

S. S. Alatyrev, A. S. Alatyrev, I. S. Kruchinkina

*Chuvash State Agrarian University
428003, Cheboksary, Russian Federation*

Brief abstract. *In recent years, in many countries of the world, in particular, in Denmark, Belgium, Canada, China, Japan, Belarus, Kazakhstan, as well as in our country, there has been an increased interest in mechanizing the process of harvesting cabbage. Harvesting with the use of machines reduces labor costs by more than 3 times. At the same time, in connection with the introduction of traditional mechanized technologies when harvesting cabbage, a problem arose related to maintaining the original quality of the product, since when cabbages are shipped in bulk into the body of a vehicle, as well as during storage, they are mechanically damaged. In this regard, it is proposed to carry out machine harvesting of cabbages with the help of manual careful stacking of cabbages in containers installed in the back of an accompanying vehicle using a conveyor belt. The process of mechanized cabbage harvesting according to the proposed technology will be stable while ensuring the flow of movement of the cabbage mass (heads and cabbage leaves) on the receiving tray of the named transporting device. In this regard, the optimal values for the parameters of the receiving tray were determined. As a result of the study, it was found that during the span of the receiving tray $l = 700$ mm, it is necessary that it has a difference in the location of the edges in height $h \geq 420$ mm, the web width is $816 < S < 868$ mm.*

Key words: *machine harvesting of cabbage; packing heads in containers; belt conveyor; design parameters of the receiving tray.*

References

17. Alatyrev, A. S. Tekhnologiya mashinnoj uborki kapusty s ukladkoj kochanov v kontejnery / A. S. Alatyrev, S. S. Alatyrev, I. S. Kruchinkina // Vestnik Chuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2021. – № 4. – S. 81-87.
18. Alatyrev, S. S. Proizvodstvennaya proverka novogo sposoba mekhanizirovannoj uborki kochannoj kapusty / S. S. Alatyrev, A. P. YUrkin, I. S. Kruchinkina, A. S. Alatyrev // Traktory i sel'hozmashiny. – 2017. – № 12. – S. 3-7.
19. Design and field test of a new compact self-propelled cabbage harvester / Du Dongdong, Wang Jun, Xie Luxin and Deng Fanfei // American Society of Agricultural and Biological Engineers. – 2019. – 62 (5). – 1243.
20. Design of cabbage pulling-out test bed and parameter optimization test / C. Zhou, F. Luan, X. Fang, H. Chen // Chemical Engineering. Transactions. – 2017. – 62 1267.
21. Development and utilization of a new mechanized cabbage harvesting system for large fields / M. Hachiya, T. Amano, M. Yamagata, M. Kojima // JARQ. – 2004. – 38(2). – 97.
22. Development of a Cabbage Harvester / R. Chagnon [et al.] // ASAE Annual Meeting. – 2004. – DOI: 10.13031/2013.17892.
23. Development of robotic cabbage harvester (Part 2) / N. Murakami, K. Otsuka, K. Inoue, M. Sugimoto // Journal Japanese Society Of Agricultural Machinery. – 1999. – 61(5).
24. Development of technology and means for machine harvesting of head cabbage in the non-damaging mode / S. Alatyrev, G. Yunusov, I. Kruchinkina, A. Alatyrev // IOP Conference. – 2020. – 604(1)012020.
25. Du, D. D. Optimization of cutting position and mode for cabbage harvesting / D. D. Du, J. Wang, S. S. Qiu // Transactions of the CSAE. – 2014. – 30(12). – 34.
26. Gao, T. H. Optimization experiment of influence factors on greenhouse vegetable harvest cutting / T. H. Gao, T. B. Wang, Z. Zhou // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. – 2015. – 31 (19). – 15.
27. Jagvir, Dixit Development and evaluation of self-propelled cabbage/cauliflower harvester / Dixit Jagvir // NASS Journal of Agricultural Science. – 2022. – 04. – 01. – URL: <https://dx.doi.org/10.36956/njas.v4il.471>.

29. Kanamitsu, M. Development of Chinese cabbage harvester / M. Kanamitsu, K. Yamamoto // Japan Agricultural Research Quarterly (JARQ). – 1996. – 30 (1). – 35.
30. Patent No. 3497013 (February 24, 1970). U.S. / W. M. Baker, P. Road, J. Rte, N. Y. Clyde.
31. Patent No. 3827503 (August 6, 1974). U.S. / C. J. Hansen.
32. Song, K. S. Automatic cabbage feeding, piling, and unloading system for tractor implement Chinese cabbage harvester / K. S. Song, H. Hwang, J. T. Hong // IFAC Proceedings Volumes. – 2000. – 33(29). – 259. – URL: [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)36787-3](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)36787-3).
33. Wu, X. W. Discussion on structure of self-propelled hydraulic cabbage harvester / X. W. Wu, Y. Sun, X. K. Yuan // South Agricultural Machinery. – 2015. – 11 35.

Information about authors

1. **Alatyrev Sergey Sergeevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, st. K. Marks, 29; tel. 89373911350;

2. **Alatyrev Alexey Sergeevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, st. K. Marks, 29; tel. 89050273957;

3. **Kruchinkina Irina Sergeevna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, Physics and Information Technology, Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, st. K. Marks, 29; tel. 89176533438.

УДК 633.791

DOI:

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ДИАМЕТРА ШПАГАТА ПРИ ПОДДЕРЖКЕ ХМЕЛЯ

Е. П. Алексеев, В. П. Егоров, А. В. Коротков

Чувашский государственный аграрный университет

428003, Чебоксары, Российская Федерация

Аннотация. В статье произведен расчет, направленный на определение оптимального диаметра шпагата, поддерживающего хмель. Хмель является растением, которое не имеет многолетней кроны, но при этом в вегетационный период превращается в достаточно мощный куст высотой до 6-7 м, представляющий собой вьющуюся лиану, для поддержания которой необходимо использовать специальные конструкции. С учетом особенностей его развития сооружаются шпалеры для поддержки, представляющие с собой опорные столбы с натянутой в верхней части проволокой и вертикальные поддержки из полипропиленового шпагата или стальной проволоки. На каждую поддержку заводится по 2-3 стебля для получения достаточно плотного куста. В процессе роста и развития хмеля происходит увеличение массы растения, а значит, увеличивается и интенсивность распределенной нагрузки q на предварительно натянутый шпагат. При этом необходимо учитывать интенсивность ветровой нагрузки, действующей на растение и повышающей общую распределенную нагрузку. Действие таких сил нагружает шпагат, а при определенных значениях даже вызывает его обрыв и падение стебля. Максимальное натяжение наблюдается тогда, когда растение проросло полностью по длине шпагата: это происходит в основном на третий году жизни растения. Для определения натяжения шпагата T , закрепленного в двух точках A и B под углом 10° к вертикальной плоскости, под действием распределенных сил было рассмотрено условие статического равновесия. При решении задачи необходимо разложить натяжение T на горизонтальную и вертикальную составляющие реакции опор.

Ключевые слова: хмель, шпалеры, поддержка, шпагат, распределенная нагрузка.

Введение. Хмель относится к растениям-лианам и имеет довольно высокую вертикальную скорость роста. За счет специальных волосков, имеющих на стебле, растение достаточно прочно закрепляется на поддержке. Учитывая особенность такого роста, при выращивании хмелеводы применяют специальные сооружения – шпалеры со столбами высотой до 8,5 метров, соединенные в верхней части металлической проволокой в виде клетки.

Для удержания побегов практически в вертикальном положении (под углом 10° к вертикальной плоскости), начиная с ранней стадии роста, применяют прочные поддержки [2], в качестве которых используют химические нити (шпагат полипропиленовый) или стальную проволоку диаметром в 1 мм. На каждую поддержку заводится по 2-3 стебля для получения достаточно плотного куста массой до 6 кг.

Материалы и методы исследований. Исследованию гибких нитей посвящено множество работ, включая и те, которые направлены на решение задач по теоретической механике.