

14. Belyaev A. M., Belyakov V. V., Makarov V. S. Study of efficiency of a 6x6 all-terrain vehicle in coastal zone. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 709 (4).

15. Belyaev A. M., Makarov V. S. Method of assessment of special wheel chassis mobility in cases of sand-gravel bases crossing. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. 194 (2).

#### Информация об авторах

**Мясников Алексей Сергеевич**, преподаватель, ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград им. И. А. Матлашова» (Российская Федерация, 400011, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 71), e-mail: Alexey1987M@yandex.ru

**Фомин Сергей Денисович**, доктор технических наук, профессор кафедры "Механика", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, Волгоград, проспект Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd\_58@mail.ru

#### Author's Information

**Myasnikov Aleksey Sergeevich**, lecturer at Volgograd Gazprom College named after I. A. Matlashov (Russian Federation, 400011, Volgograd, Universitetskiy prospekt, 71), e-mail: Alexey1987M@yandex.ru

**Fomin Sergey Denisovich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Mechanics, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy prospekt, 26), e-mail: fsd\_58@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-60

## OPTIMIZATION OF THE PARAMETERS OF A CABBAGE HARVESTING MACHINE WITH AN INERTIAL ROTARY CUTTING MACHINE

A. V. Tseplyaev

*Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: [ceplyaev\\_aleksey@mail.ru](mailto:ceplyaev_aleksey@mail.ru)

Received 15.09.2023

Sub mitted 07.11.2023

#### Abstract

**Introduction.** White cabbage is of great importance in the national economy. It is used as one of the important products in human nutrition, as a feed component in animal husbandry, and is also of interest to medicine. As a product included in the human diet, it is used both fresh and in various versions after processing. Cabbage, a one-of-a-kind culture that ferments well, is stored for a long time and can serve as the main ingredient for preparing various salads. When cultivating white cabbage, the main part of the costs from the entire technological process (up to 30%) falls on cleaning. In farms, on small areas (20-25 hectares), cabbage harvesting is carried out manually. It usually consists of several operations: cutting cabbage forks and loading into a vehicle for shipment to a sorting point; cutting cabbage forks and loading into a vehicle and transporting to the edge of the harvested field. Further, for both technologies, the leaf part of the fork is manually cut off and packed into grids or containers. For larger farms where the area is much higher, various combines are used. According to their device, their picking part is equipped with lifters or rotating cones for pulling out cabbage and knives for pruning a poker with a rhizome. We offer an inertial rotary type cutting machine for pruning heads with a vertically rotating knife. To find its kinematic parameters, a multifactorial experiment was developed and implemented experimentally. According to its results, optimal values of the main factors are recommended. **Object.** The technological process of harvesting cabbage with the use of a combine harvester with an inertial rotary cutting machine equipped with a vertical rotary knife was considered as an object of research. **Materials and methods.** To conduct the research, the extremely rich plan of the Rechtshafner was used in the form of a 3-factor experiment. It was implemented using a program on a PC. The significance of the regression coefficients obtained as a result of the solution was evaluated according to the Student's criterion. **Results and conclusions.** To find the parameters of the inertial rotary cutting machine for harvesting white cabbage, an extremely rich plan of the Rechtshafner was

experimentally implemented. According to the obtained regression equations, after determining their coefficients for various fork sizes, sections of response surfaces with an assessment of damage to forks are constructed and the values of the studied parameters are recommended. In accordance with the solution of the equations, the optimal cut height varied from 14 to 14.5 cm, which fully corresponds to the parameters of the poker (16 cm), the angle of rotation of the knife at different fork diameters was in the range from 9 to 12 degrees, which is explained by the design features of the combine with an inertial rotary cutting machine, the ratio of speeds (circumferentially rotating the knife and translational-the movement of the machine) for small diameters of the head was – 1.8, and for large ones – 2.25. A large value ensures the overturning of the cabbage fork after pruning with a knife due to increased circumferential speed. For practical purposes, a large value is recommended, i.e. 2.25.

**Key words:** *white cabbage, cabbage harvesters, inertial rotary combines, cabbage harvesting, mechanized cabbage harvesting.*

**Citation.** Tseplyaev A. V. Optimization of the parameters of a cabbage harvesting machine with an inertial rotary cutting machine. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 4(72). 595-605 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-60.

**Author's contribution.** All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article approved the final version presented.

**Conflict of interest.** The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.635.34

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КАПУСТОУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ С ИНЕРЦИОННО-РОТОРНЫМ РЕЖУЩИМ АППАРАТОМ

**А. В. Цепляев, аспирант**

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ  
г. Волгоград, Российская Федерация

**Аннотация.** Белокочанная капуста имеет большое значение в народном хозяйстве. Она используется как один из важных продуктов в питании человека, как кормовая составляющая в животноводстве, а также представляет интерес для медицины. Как продукт, входящий в рацион человека, она используется как в свежем виде, так и в различных вариантах после обработки. Капуста, единственная в своем роде культура, которая хорошо заквашивается, достаточно долго хранится и может служить основным ингредиентом для приготовления различных салатов. При возделывании белокочанной капусты основная часть затрат от всего технологического процесса (до 30%) приходится на уборку. В фермерских хозяйствах, на небольших площадях (20-25 га), уборку капусты проводят вручную. Она обычно состоит из нескольких операций: срезание вилок капусты и погрузка в транспортное средство для отправки на сортировочный пункт; срезание вилок капусты и погрузка в транспортное средство и транспортировка на край убираемого поля. Далее для обеих технологий вручную обрезают листовую часть вилка и затаривают в сетки или контейнеры. Для более крупных хозяйств, где площади значительно выше, используются различные комбайны. По своему устройству их подбирающая часть оснащена лифтерами или вращающимися конусами для выдергивания капусты и ножами для обрезки кочерыги с корневищем. Нами предлагается режущий аппарат инерционно-роторного типа для подрезания кочанов вертикально вращающимся ножом. Для нахождения его кинематических параметров экспериментальным способом разработан и реализован многофакторный эксперимент. По его результатам рекомендованы оптимальные значения основных факторов. **Объект.** В качестве объекта исследования рассматривался технологический процесс уборки капусты с применением комбайна с инерционно-роторным режущим аппаратом, оснащенным вертикальным поворотным ножом. **Материалы и методы.** Для проведения исследований использован предельно насыщенный план «Рехтшафнера» в виде 3-х факторного эксперимента. Он был реализован с помощью программы на ПЭВМ. Значимость коэффициентов регрессии, полученных в результате решения, оценивалась по критерию Стьюдента. **Результаты и выводы.**

Для нахождения параметров работы инерционно-роторного режущего аппарата для уборки белокочанной капусты опытным путем реализован предельно насыщенный план «Рехт-шафнера». По полученным уравнениям регрессии после определения их коэффициентов для различных размеров вилка построены сечения поверхностей отклика с оценкой по повреждению вилок и рекомендованы значения изучаемых параметров. В соответствии с решением уравнений оптимальная высота среза изменялась от 14 до 14,5 см, что вполне соответствует параметрам кочерыжки (16см), угол поворота ножа при различных диаметрах вилка находился в пределах от 9 до 12 градусов, что объясняется особенностями конструкции комбайна с инерционно-роторным режущим аппаратом, соотношение скоростей (окружной вращения ножа и поступательной-движения машины) для малых диаметров кочана составляло – 1,8 , а для крупных – 2,25. Большая величина обеспечивает опрокидывание вилка капусты после подрезания ножом за счёт повышенной окружной скорости. Для практических целей рекомендована большая величина, т.е. 2,25.

**Ключевые слова:** белокочанная капуста, капустоуборочные машины, инерционно-роторные комбайны, уборка капусты, механизированная уборка капусты.

**Цитирование.** Цепляев А. В. Оптимизация параметров капустоуборочной машины с инерционно-роторным режущим аппаратом. *Известия НВ АУК*. 2023. 4(72). 595-605. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-60.

**Авторский вклад.** Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Автор настоящей статьи одобрил представленный окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Капуста – растение приморского климата. Ее родина – страны атлантического и средиземноморского побережья Европы и Азии, Англия, Франция, Италия, Греция, Турция, Сирия, где она и поныне встречается в диком виде. Дикая капуста не образует кочана. В первый год у нее образуется небольшая розетка прикорневых листьев, а во второй – цветонос, на котором созревают семена [2, 13].

Широкому распространению капусты в России способствуют такие важные ее качества, как высокая урожайность, наличие сортов с различной длительностью вегетационного периода, хорошая сохраняемость при транспортировке и устойчивость к низким температурам. Кроме того, белокочанная капуста идет на переработку: квашение, маринование, приготовление консервов [6, 12].

Учитывая постепенное сокращение производства белокочанной капусты в индивидуальном секторе, для гарантированного снабжения населения этой продукцией необходимо ориентироваться на освоение новых высокоэффективных технологий ее производства.

В условиях рыночных отношений, когда ежегодно меняются площади, отводимые под капусту, сорта и технология уборки, возникла необходимость в новой капустоуборочной технике. Традиционно на уборку капусты хозяйства привлекали тысячи работников [4, 7].

После развала СССР и начала перестройки в России производство комбайнов и линий по уборке капусты было прекращено и машинная уборка белокочанной капусты резко снизилась. В настоящее время уборка белокочанной капусты в фермерских хозяйствах в основном осуществляется вручную.

По валовому сбору продукции капуста среди овощных культур занимает первое место. Ее выращивают всюду – от южных до северных границ России. Наиболее распространена белокочанная капуста. В северной и средней частях нечерноземной зоны она занимает до 50% площади всех овощных культур и до 98% всей площади под капустными культурами. Здесь получают высокие урожаи – до 100 т/га. Все виды и разновидности капусты содержат витамины и обладают целебными свойствами [9].

Капуста – одна из наиболее распространенных овощных культур. Она богата азотистыми веществами, золой, сухими веществами, сахарами, витаминами. В этом смысле капуста является основным источником витаминов для человека. Кроме того, необходимо учесть, что капуста является важной составляющей в рационе питания как людей, так и животных. Она также весьма полезна при лечении органов пищеварения.

Белокочанная капуста – непревзойденный продукт для первых блюд, основной компонент для приготовления русских щей и украинских борщей. Все сорта белокочанной капусты являются хорошими очистителями почвы от сорняков. Своей крупной листвой капуста угнетает сорные растения. Это положительная сторона белокочанной капусты как предшественника, но она хорошо использует питательные вещества почвы и обычно оставляет после себя истощенное поле. Возвращение капусты на прежнее место возможно только через пять лет. Белокочанная капуста – растение холодостойкое, выдерживает заморозки до 3-5°C [5, 11].

Культивируемые в России сорта белокочанной капусты имеют различное хозяйственное назначение: ранние сорта используют для текущей реализации населению через торговую сеть, среднеспелые и среднепоздние – для квашения и кратковременного хранения, позднеспелые – для длительного зимнего хранения [1].

**Материалы и методы.** В результате проведенных исследований было выявлено, что на процесс уборки кочанной капусты наибольшее влияние оказывает высота установки режущего аппарата над поверхностью почвы (высота среза), соотношение скоростей (режущего аппарата и движения капустоуборочной машины) и угол установки ножа (угол установки ножа режущего аппарата в горизонтальной плоскости).

Следующие исследования были направлены на определение оптимальных значений конструктивных параметров капустоуборочной машины с режущим аппаратом наш аппарат типа. При этом они оценивались минимальным повреждением кочанов капусты.

Для решения этой задачи разработана капустоуборочная машина с инерционно-роторным режущим аппаратом, в конструкции которого предусмотрен режущий барабан 1, состоящий из диска 2, установленного на шлицевом валу 14 свободно, к торцу диска жестко закреплена ступица 5 с замком 6, смонтированным на шлицах вала 14. Вилкой 16 замок 6 перемещается в осевом направлении. Замок пружиной 7 отводится от зубьев ступицы, а его включение обеспечивает силовой рычаг 9. Вся конструкция режущего аппарата опирается на копирующую ложку 17.

С внутренней стороны диска шарнирно к нему закреплены ножи 3 в виде заостренных с пружинами 13 пластин, ножи установлены на осях 4, снабженных контактами, закрепленными, на упорах. Подобные контакты установлены на упорах ножей. Ступица замка по наружному контуру снабжена полукруглыми вырезами, в которые входит цилиндрический ролик, установленный на конце подпружиненного двуплечего рычага, что исключает поворот режущего барабана в обратную сторону и удерживает нож в исходном положении при встрече с кочаном капусты.

При подходе ножа к кочану нож начинает поворачиваться на оси, сжимая пружину и одновременно замыкая контакты, через замкнутые контакты подается электрический сигнал и перемещается сердечник катушки, который воздействует на силовой рычаг, смещая по шлицевому валу замок, чему способствует пружина замка, зубья ступицы и замок взаимодействуют между собой, заставляя вращаться режущий барабан от гидромотора 15.

Настройка капустоуборочной машины на необходимые для экспериментов режимы работы осуществлялась в соответствии с принятой методикой.

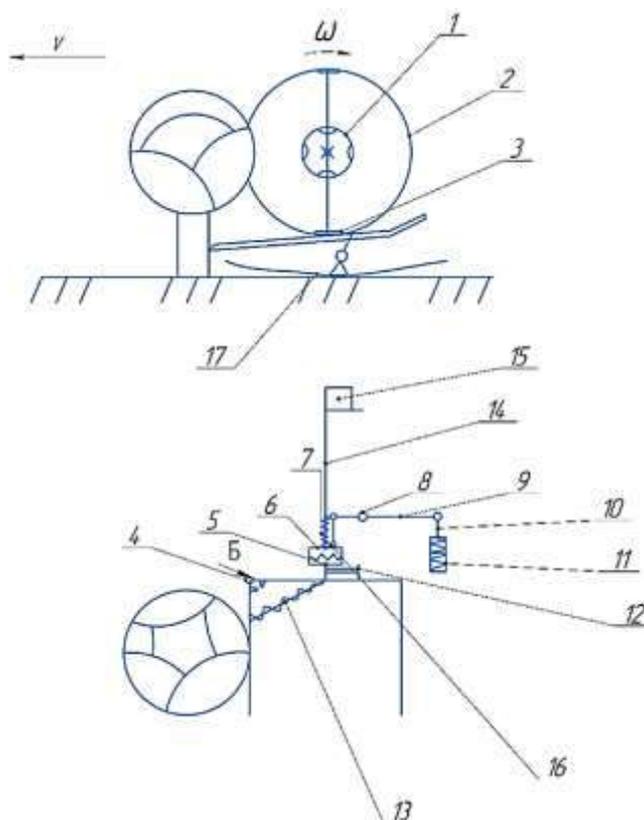


Рисунок 1 – Схема синхронного режущего аппарата капустоуборочной машины  
1 – барабан режущий; 2 – диск; 3 – нож; 4 – ось с датчиком; 5 – ступица; 6 – замок; 7 – пружина замка; 8 – ось рычага; 9 – рычаг силовой; 10 – щиток; 11 – катушка; 12 – рычаг-фиксатор; 13 – пружина ножа; 14 – вал шлицевой; 15 – гидромотор; 16 – вилка; 17 – лыжа

Figure 1 – Diagram of the synchronous cutting apparatus of the cabbage harvester  
1 – cutting drum; 2 – disk; 3 – knife; 4 – axis with sensor; 5 – hub; 6 – lock; 7 – lock spring; 8 – lever axle; 9 – power lever; 10 – panel; 11 – coil; 12 – retainer lever; 13 – knife spring; 14 – splined shaft; 15 – hydraulic motor; 16 – fork; 17 – ski

Исследованием для определения оптимальных параметров предшествовали однофакторные эксперименты. Поскольку в соответствии с методикой область оптимизации имеет весьма незначительные границы и предназначена для согласования взаимодействия одновременно нескольких факторов на показатель оценки, в данной работе повреждения вилок капусты. Поэтому ниже представляем график зависимости повреждения от соотношения скоростей ( поступательной и вращения ножа), угла поворота ножа при срезе, а также высоты установки ножа над копирующей лыжей.

Рассмотрим изменения повреждения в зависимости от соотношения скоростей  $\lambda \frac{U_H}{V_M}$  [3].

Зависимости представлены на графике и носят полиномиальный характер, что указывает на наличие области минимальных значений по критерию повреждения. При соотношении скоростей  $\lambda=1,0$  срезанные вилки за счёт малой окружной скорости опрокидываются вперед, что вызывает их существенное повреждение (до 12%). По мере увеличения соотношения от  $\lambda=1,75 \dots 2,25$  повреждения достигают минимальных значений в пределах от 3,7 до 4,8%, следовательно, указанные параметры « $\lambda$ » представляют собой некоторый оптимум. Последующий незначительный рост повреждений при  $\lambda \geq 2,5$  связан с повторным воздействием ножа на вилку после его среза ножом (рисунок 2).

Величина повреждения кочанов зависит и от их диаметра. При  $D_k=10...17$  см минимальное повреждение соответствует соотношению  $\lambda$  в пределах 1,75...2,0; а для средних  $D_k=17...25$  см – 1,75...2,25 и для крупных  $D_k \geq 25$  см  $\lambda$  в пределах 2,25...2,5. Это изменение  $\lambda$  связано с минимальными значениями соотношения, обеспечивающими выполнение технологических требований.

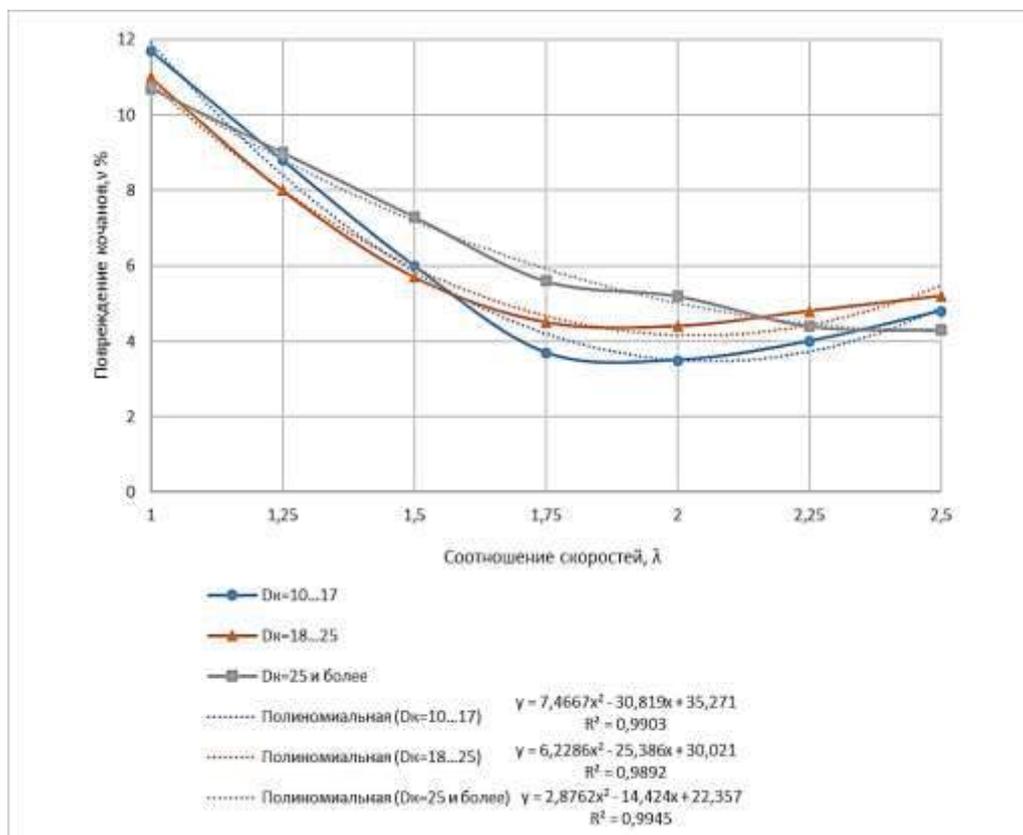


Рисунок 2 – Зависимость повреждения кочанов капусты от соотношения скоростей и их диаметра  
Figure 2 – Dependence of damage to cabbage heads on the ratio of speeds and their diameter

Влияние угла поворота ножа на повреждаемость вилок капусты оценивалось для обоснования конструкции, а точнее, нахождения места установки контакта для подачи электрического сигнала к электромагниту включения диска с ножом. При проведении опытов угол изменялся с 0 до 20 градусов. Исходя из конструкторских соображений. Повреждение кочанов наблюдалось от возврата ножа из крайнего положения при срезе в начальное. Более всего повреждались крупные вилки, особенно при больших углах поворота ножа (до 20 градусов). Процент повреждения изменялся от 1% для мелких кочанов до 1,7% для крупных. Кроме этого учитывалась высота установки ножа режущего аппарата, которая регулировалась за счет установки копирующей лыжи. Размеры кочерыги капусты (от поверхности почвы до основания вилка) изучаемых сортов колеблются от 11 до 16 см. На их размер влияет не только биологическая особенность сорта, но и фазы развития вилок. Поэтому учёт указанного параметра весьма важен для создания самой конструкции и последующих регулировок. График влияния установки ножа на повреждение вилок представлен на рисунке 3.

Общий характер изменения повреждения кочанов от высоты установки ножа представлен полиномиальной функцией в виде полинома второй степени. Если учитывать предельные допустимые значения повреждения в соответствии с агротребованиями

до 5%, то для крупных вилок это расстояние составило 12 см, средних до 15 см, мелких до 18 см. Эта зависимость обеспечивается особенностями конструкции, поскольку увеличение расстояния изменяет положение ножа, поднимая его ближе к кочану. Таким образом, чем больше указанный зазор, тем выше повреждения кочанов капусты.

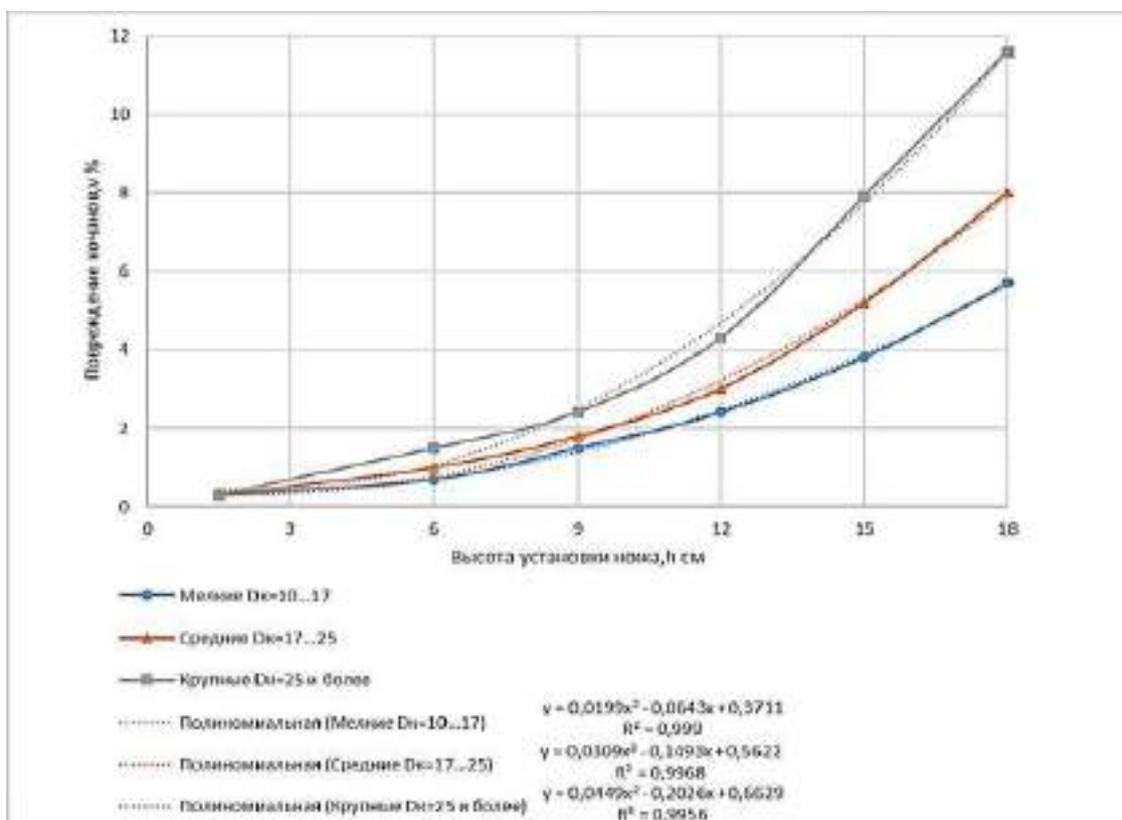


Рисунок 3 – Зависимость повреждения кочанов капусты от высоты установки ножа  
Figure 3 – Dependence of cabbage head damage on knife installation height

Для исследования области оптимума был реализован предельно насыщенный план Рехтшафнера для 3-х факторного эксперимента. По результатам экспериментальных данных с помощью специальной программы на ПЭВМ были определены коэффициента регрессии. Их значимость оценивалась по критерию Стьюдента. В результате расчетов были получены уравнения регрессии в кодированном виде для сортов кочанной капусты «Форсаж» и «Булат» по повреждению кочанов.

а) для мелких кочанов (D = 10-17 см)

$$Y^1 = 3,64 - 0,52X_1 - 0,08X_2 - 0,05X_3 - 0,05X_1 X_2 - 0,03X_1 X_3 - 0,02X_2 X_3 + 0,78X_1^2 + 1,33X_2^2 + 1,1X_3^2 \quad (1)$$

б) для средних кочанов (D = 18-25 см)

$$Y^1 = 2,91 - 0,17X_1 - 0,15X_2 + 0,08X_3 - 0,1X_1 X_2 + 0,08X_1 X_3 - 0,05X_2 X_3 + 1,26X_1^2 + 0,74X_2^2 + 1,01X_3^2 \quad (2)$$

в) для крупных кочанов (D > 25 см)

$$Y^1 = 3,79 - 0,5X_1 - 0,01X_2 + 0,01X_3 - 0,02X_1 X_2 + 0,03X_1 X_3 - 0,02X_2 X_3 + 0,71X_1^2 + 1,31X_2^2 + 1,21X_3^2 \quad (3)$$

Адекватность полученных математических моделей проверялась по критерию Фишера. Получено, что во всех случаях исследования капустоуборочной машины  $F_p < F_{табл}$  ( $F_{табл} = 2,6$  – табличное значение критерия Фишера при уровне значимости 5%). Таким образом считаем, что математическая модель адекватна результатам эксперимента.

Чтобы определить оптимальные значения факторов необходимо продифференцировать полученные уравнения регрессии по каждой переменной и приравнять к нулю частные производные, решив полученные системы уравнений. После решения этих систем уравнений получаем значения факторов, оптимизирующих величину критерия оценки, которые представлены в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1 – Оптимизация значений факторов для мелких кочанов капусты (D = 10-17 см)

Table 1 – Optimization of factor values for small cabbage heads (D = 10-17 cm)

| Фактор                                     | Повреждение кочанов |
|--|---------------------|
| X <sub>1</sub> – высота установки ножа, см | $\frac{0,34}{14}$   |
| X <sub>2</sub> – соотношение скоростей     | $\frac{0,03}{1,8}$  |
| X <sub>3</sub> – угол поворота ножа, °     | $\frac{0,02}{12}$   |

Таблица 2 – Оптимизация значений факторов для средних кочанов капусты (D = 18-25 см)

Table 2 – Optimization of factor values for medium cabbage heads (D = 18-25 cm)

| Фактор                                     | Повреждение кочанов |
|--|---------------------|
| X <sub>1</sub> – высота установки ножа, см | $\frac{0,07}{14,5}$ |
| X <sub>2</sub> – соотношение скоростей     | $\frac{0,1}{2,05}$  |
| X <sub>3</sub> – угол поворота ножа,       | $\frac{-0,04}{10}$  |

Таблица 3 – Оптимизация значений факторов для крупных кочанов капусты (D > 25 см)

Table 3 – Optimization of factor values for large cabbage heads (D > 25 cm)

| Фактор                                     | Повреждение кочанов |
|--|---------------------|
| X <sub>1</sub> – высота установки ножа, см | $\frac{0,07}{14,5}$ |
| X <sub>2</sub> – соотношение скоростей     | $\frac{0,1}{2,25}$  |
| X <sub>3</sub> – угол поворота ножа,       | $\frac{-0,04}{9}$   |

Примечание: значения в числителе – в кодированном виде, в знаменателе в раскодированном виде.

Для анализа полученных результатов и изучения поверхности отклика провели каноническое преобразование математических моделей второго порядка.

В результате этого преобразования уравнения регрессии, представленные в канонической форме, имеют вид:

а) для мелких кочанов (D = 10-17 см)

$$Y^I - 3,6 = 0,78X_1^2 + 1,33X_2^2 + 1,1X_3^2 \quad (4)$$

б) для средних кочанов (D = 18-25 см)

$$Y^0 - 2,9 = 1,26X_1^2 + 0,74X_2^2 + 1,01X_3^2 \quad (5)$$

в) для крупных кочанов ( $D > 25$  см)

$$Y^{+1} - 3,8 = 0,71X_1^2 + 1,31X_2^2 + 1,21X_3^2 \quad (6)$$

Поскольку все коэффициенты при квадратных членах имеют одинаковые знаки, то поверхности откликов, описанные уравнениями (1,2,3), представляют семейство эллипсов с координатами центров поверхностей в оптимальных значениях факторов.

При рассмотрении двумерных сечений поверхности отклика по уравнению (1) для мелких кочанов капусты сортов «Форсаж» и «Булат» факторов высота среза ( $X_1$ ), соотношение скоростей ( $X_2$ ) и угол поворота ножа ( $X_3$ ) по основному критерию оптимизации, они были решены графически.

Координаты центров поверхностей находятся в следующих точках.  $X_1=0,34$ ;  $X_2 = 0,03$ ;  $X_3 = 0,02$ . При этом оптимальное значение повреждений кочанов находится в центре поверхности  $Y_{-1} = 3,6\%$ .

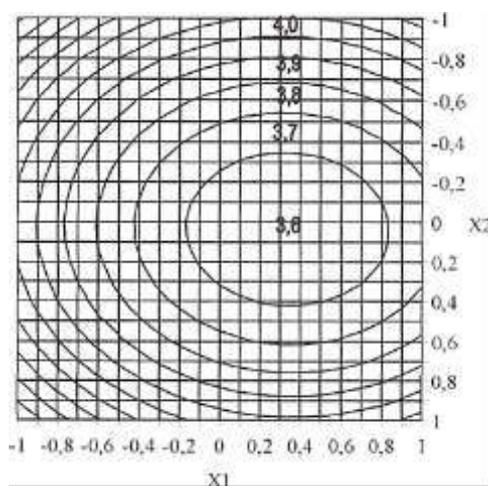


Рисунок 4 – Двумерное сечение для изучения влияния факторов  $x_1$   $x_2$  на повреждение мелких кочанов при  $x_3 = 0,02$

Figure 4 – Two-dimensional cross-section to study the effect of  $x_1$   $x_2$  factors on damage to small heads at  $x_3 = 0.02$

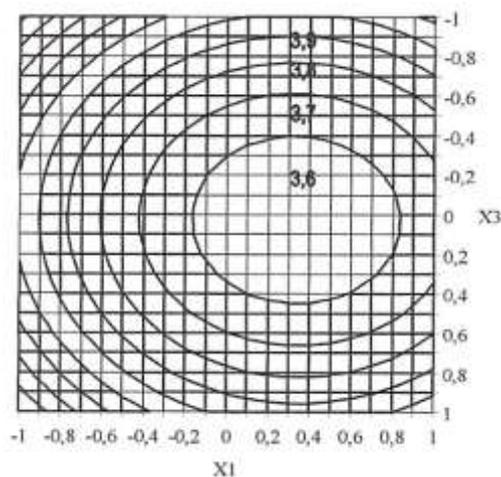


Рисунок 5 – Двумерное сечение для изучения влияния факторов  $x_1$   $x_3$  на повреждение мелких кочанов при  $x_2 = 0,03$

Figure 5 – Two-dimensional cross-section to study the effect of  $x_1$   $x_3$  factors on damage to small heads at  $x_2 = 0.03$

Подобный анализ проведен для определения параметров средних и крупных вилок.

**Заключение.** Определение параметров капустоуборочной машины напрямую связан с самим объектом, т.е. размерами капусты. В качестве исходного взят диаметр вилка. Исходя из этого вилки распределили по трем группам: мелкие диаметром 10-17 см; средние диаметром 18-25 см и крупные диаметром 25 и более см. Оценка проводилась по повреждению вилок, которое по агротребованиям не должно превышать 5%. По результатам однофакторных экспериментов и реализации в последующем предельно насыщенного плана Рехтшафнера определены оптимальные параметры режущего аппарата капустоуборочной машины. Оптимальные значения высота среза кочерыги (14-14,5 см); соотношения скоростей (1,8-2,25); угла поворота ножа в горизонтальной плоскости (8-12 градусов). Для практического применения в конструкции машины принято: угол поворота ножа – 10 градусов, соотношение скоростей – 2,3.

**Conclusions.** The determination of the parameters of the cabbage harvester is directly related to the object itself that is the size of the cabbage. Based on this fork, the diameter of the fork was taken as the initial one in three groups: small-diameter 10-17 cm; average diameters of 18-25 cm and large diameters of 25 or more cm. The assessment was carried out on damage to forks, which, according to agricultural demands, should not exceed 5%. Based on the results of one-factor experiments and the subsequent implementation of the extremely saturated Rechtschafner plan, the optimal parameters of the cutting apparatus of the cabbage harvester were determined. Optimal values of the cutoff height of the stingray (14-14.5 cm); velocity ratios (1.8-2.25); angle of knife rotation in horizontal plane (8-12 degrees). For practical use in the design of the machine, it is accepted: the angle of rotation of the knife is 10 degrees, the speed ratio is 2.3.

#### Библиографический список

1. Алатырев С. С., Кручинкина И. С., Алатырев А. С., Юркин А. П. Аналитическое обоснование конструктивных параметров приспособления для бережной загрузки кочанов при машинной уборке капусты. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 8. С. 29-34.
2. Алатырев С. С., Мишин П. В., Кручинкина И. С., Алатырев А. С. Оптимизация процесса отгрузки и укладки кочанов в контейнеры при машинной уборке капусты в щадящем режиме. Вестник КрасГАУ. 2018. № 1 (136). С. 101-108.
3. Костюченков Н. В., Даирбекова А. К. Методика определения размерно-массовой характеристики растений капусты. Вестник Курганской ГСХА. 2013. № 4 (8). С. 58-59.
4. Тончева Н. Н., Белов В. В., Самсонов А. Н., Никитин А. И. Щадящая уборка белокочанной капусты как способ повышения ее лежкости. Вестник евразийской науки. 2014. № 2 (21). 106TVN214.
5. Тончева Н. Н., Лебедев В. Г., Егоров В. П. Технические средства для уборки овощей в малых формах хозяйствования. Известия ОГАУ. 2015. № 2 (52). С. 77-80.
6. Цепляев А. В. Теоретический анализ процесса работы капустоуборочной машины. Известия НВ АУК. 2023. 2(70).
7. Цепляев А. Н., Лазаренко Я. С. Результаты экспериментальных исследований по определению коэффициентов трения. Известия НВ АУК. 2012. № 4. С. 221-225.
8. Цепляев А. Н., Ульянов М. В., Климов С. В., Цепляев А. В. Теоретические исследования по истории перекачивания сферических и тороидальных тел на поверхность плодов бахчевых культур. Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 1 (29). С. 62-65.
9. Цепляев А. Н., Цепляев А. В., Цепляев В. А., Ульянов М. В., Климов С. А. Определение оптимального соотношения скоростей рабочих элементов машин при уборке арбузов и капусты. Аграрный научный журнал. 2019. № 5. С. 89-94.
10. Шапров М. Н., Цепляев А. В., Цепляев А. Н., Богданов С. И., Бердышев В. Е. Результаты определения технологических свойств белокочанной капусты. Известия НВ АУК. 2022. № 4 (68). С. 458-465.

11. Espinosa H. D., Prorok B. C., Fischer M. A methodology for determining mechanical properties of freestanding thin films and MEMS materials. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*. 2003. V. 51. I. 1. P. 47-67.
12. Gongpei Cui, Xinmeng Zheng, Jingzheng Wang, Chen Yang, Zhihao Liu, Yongjie Cui Physical and Mechanical Experiments for Designing Cabbage Precision Trimming Device. ASABE Annual International Meeting. 2019. 1901420.
13. Wang W., Wang S., Zhang J. Experiment and Research on Cutting Mechanical Properties of Little Cabbage. *Appl. Sci*. 2022. V. 12. № 2060. P. 1418-1423.

#### **References**

1. Alatyrev S. S., Kruchinkina I. S., Alatyrev A. S., Yurkin A. P. Analytical justification of the design parameters of the device for careful loading of heads during machine cabbage harvesting. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2017. № 8. Pp. 29-34.
2. Alatyrev S. S., Mishin P. V., Kruchinkina I. S., Alatyrev A. S. Optimization of the process of shipping and placing heads in containers during machine cabbage harvesting in a gentle mode. *Vestnik KrasGAU*. 2018. № 1 (136). Pp. 101-108.
3. Kostyuchenkov N. V., Dairbekova A. K. Methodology for determining the dimensional mass characteristic of cabbage plants. *Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*. 2013. № 4 (8). Pp. 58-59.
4. Toncheva N. N., Belov V. V., Samsonov A. N., Nikitin A. I. Gentle harvesting of white cabbage as a way to increase its lying quality. *Bulletin of Eurasian Science*. 2014. № 2 (21). 106TVN214.
5. Toncheva N. N., Lebedev V. G., Egorov V. P. Technical means for harvesting vegetables in small forms of management. *Izvestia OGAU*. 2015. № 2 (52). Pp. 77-80.
6. Tseplyaev A. V. Theoretical analysis of the process of operation of the cabbage harvester. *Izvestia NV AUK*. 2023. 2(70).
7. Tseplyaev A. N., Lazarenko Y. S. Results of experimental studies to determine friction coefficients. *Izvestia NV AUK*. 2012. № 4. Pp. 221-225.
8. Tseplyaev A. N., Ulyanov M. V., Klimov S. V., Tseplyaev A. V. Theoretical studies on the history of rolling spherical and toroidal bodies to the surface of the fruits of melons. *Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*. 2019. № 1 (29). Pp. 62-65.
9. Tseplyaev A. N., Tseplyaev A. V., Tseplyaev V. A., Ulyanov M.V., Klimov S. A. Determining the optimal speed ratio of machine working elements when harvesting watermelons and cabbage. *Agrarian Scientific Journal*. 2019. № 5. Pp. 89-94.
10. Shaprov M. N., Tseplyaev A. V., Tseplyaev A. N., Bogdanov S. I., Berdyshev V. E. Results of determination of technological properties of white cabbage. *Izvestia NV AUK*. 2022. № 4 (68). Pp. 458-465.
11. Espinosa H. D., Prorok B. C., Fischer M. A methodology for determining mechanical properties of freestanding thin films and MEMS materials. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*. 2003. V. 51. I. 1. P. 47-67.
12. Gongpei Cui, Xinmeng Zheng, Jingzheng Wang, Chen Yang, Zhihao Liu, Yongjie Cui Physical and Mechanical Experiments for Designing Cabbage Precision Trimming Device. ASABE Annual International Meeting. 2019. 1901420.
13. Wang W., Wang S., Zhang J. Experiment and Research on Cutting Mechanical Properties of Little Cabbage. *Appl. Sci*. 2022. V. 12. № 2060. P. 1418-1423.

#### **Информация об авторе**

**Цепляев Алексей Витальевич**, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: ceplyaev\_aleksey@mail.ru

#### **Author's Information**

**Tseplyaev Aleksey Vitalievich**, graduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, pr. Universitetskiy, 26), e-mail: ceplyaev\_aleksey@mail.ru