

УДК 631.354.2

UDC 631.354.2

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

Processes and machines of Agroengineering systems

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ И КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШНЕКОВОГО РЕЖУЩЕГО АППАРАТА

OPTIMIZATION OF THE GEOMETRICAL SIZES AND KINEMATIC CHARACTERISTICS OF A SCREW CUTTING DEVICE

Труфляк Евгений Владимирович
Д.т.н., профессор
SPIN-код=2502-0340

Truflyak Evgeny Vladimirovich
Dr.Sci.Tech, professor
SPIN-code=2502-0340

Труфляк Ирина Сергеевна
Старший преподаватель
SPIN-код=2653-4930

Truflyak Irina Sergeevna
Senior teacher
SPIN-code=2653-4930

Разгонов Григорий Витальевич
Магистрант
Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Razgonov Grigory Vitalyevich
Undergraduate student
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В статье представлены результаты оптимизации угла наклона и шага установки режущего сегмента, частоты вращения шнека при срезе стеблей сельскохозяйственных культур различных биометрических характеристик предложенным шнековым режущим аппаратом

The article presents the results of optimization of the angle of inclination and pitch of the cutting segment, the frequency of rotation of the screw when cutting stems of crops of different biometric characteristics of the proposed screw cutting device

Ключевые слова: РЕЖУЩИЙ АППАРАТ, ОПТИМИЗАЦИЯ, СТЕБЛИ, ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

Keywords: CUTTING DEVICE, OPTIMIZATION, STALKS, GRAIN CROPS

Doi: 10.21515/1990-4665-136-004

Актуальность темы. Парк сельскохозяйственной техники в России характеризуется высокой степенью износа – количество тракторов и самоходных уборочных машин сократилось более чем в 6 раз за последние 25 лет, что приводит к низкой производительности и увеличению потерь продукции при уборке.

Выходом из создавшейся ситуации может быть использование принципов ресурсосбережения, универсальности и многофункциональности.

Эффективность скашивания сельскохозяйственных растений зависит от физико-механических свойств и биометрических характеристик стеблей; типа и конструкции режущего аппарата; требований к измельчению или удалению скошенной растительности и других. Существующие режу-

щие аппараты не обеспечивают одновременный срез, сбор, измельчение и удаление скошенной массы.

Поэтому повышение эффективности скашивания растений за счет разработки многофункционального универсального режущего аппарата является актуальной задачей.

Проблема состоит в отсутствии обоснования параметров и режимов работы многофункционального универсального режущего аппарата, обеспечивающего одновременный срез, сбор, измельчение и удаление скошенной массы.

Рабочая гипотеза – оптимизация геометрических параметров и кинематических режимов работы режущего аппарата позволит расширить функциональные возможности и обеспечить уборку тонкостебельных и толстостебельных культур.

Цель работы – повышение эффективности скашивания растений путем определения параметров и режимов работы многофункционального универсального режущего аппарата.

Объект исследования – технологический процесс уборки растений, зерновых культур и трав.

Предмет исследования – зависимости между биометрическими показателями, физико-механическими свойствами культур и параметрами режущего аппарата, а также качественными показателями его работы.

Задачи исследования

1. Разработка конструкции многофункционального универсального режущего аппарата.

2. Изучение резания стеблей растений, зерновых культур и трав в лабораторных условиях.

3. Оптимизация геометрических размеров и кинематических характеристик режущего аппарата для стеблей подсолнечника, кукурузы и пшеницы.

Описание лабораторной установки

Для определения параметров и режимов работы разработанного режущего аппарата [1] была изготовлена лабораторная установка (рисунок 1).



Рисунок 1 – Лабораторная установка для изучения резания стеблей:

1 – транспортер; 2 – держатель стеблей; 3 – противорежущая пластина; 4 – шнек; 5 – электропривод шнека; 6 – устройство для изменения высоты подъема шнека; 7 – устройство для регулирования частоты вращения шнека; 8 – электропривод транспор-

тера; 9 – устройство для регулирования скорости перемещения транспортера; 10 – натяжное устройство

Установка содержит раму, на которой закреплен транспортер 1 с регулируемым приводом 8. Для резания стеблей предусмотрен шнек 4 и противорежущая пластина 3. Привод осуществляется устройством 5 с возможностью регулирования частоты вращения регулятором 7.

Предусмотрена возможность изменения высоты (устройство 6) расположения шнека 4 по отношению к стеблям, закрепляемым в держателях 2.

Техническая характеристика установки представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика лабораторной установки

Показатель	Значение показателя
Ширина захвата шнека, см	65
Диаметр шнека, см	18
Частота вращения шнека, мин ⁻¹	0...850
Максимальная скорость ленты транспортера, км/ч (м/с)	9 (2,5)
Шаг витков шнека, мм	120
Толщина режущей кромки шнека, мм	15
Диаметр валов транспортера, мм	90
Длина транспортерной ленты, мм	2820
Количество держателей стеблей, шт.	150
Количество сегментов, шт.	16
Диапазон регулировок высоты расположения нижней кромки шнека над транспортером (с учетом высоты держателей стеблей), мм	0...130 (0...80)

Исследования проводились в соответствии с ОСТ 70.8.2-82 «Испытания сельскохозяйственной техники. Косилки, косилки-плющилки и косилки с порционным сбросом. Программа и методы испытаний» [2].

Для изучения резания стебли 1 сельскохозяйственных культур размещают в держатели 2, которые жестко устанавливаются на транспортере 3 в виде бесконечной ленты (рисунок 2). Держатели 2 располагают параллельными рядами с расстоянием, соответствующим ширине междурядий h_m сельскохозяйственных культур.

Затем, осуществляют перемещение транспортера 3 с держателями 2 со стеблями 1 к режущему элементу 4 со скоростью, соответствующей скорости движения машины, предназначенной для уборки данной сельскохозяйственной культуры.

Далее происходит срез стеблей 1 режущим элементом 4 в виде шнека 5, имитирующим рабочий орган уборочной машины. Частота вращения шнека 5 соответствует необходимой частоте для среза изучаемой сельскохозяйственной культуры.

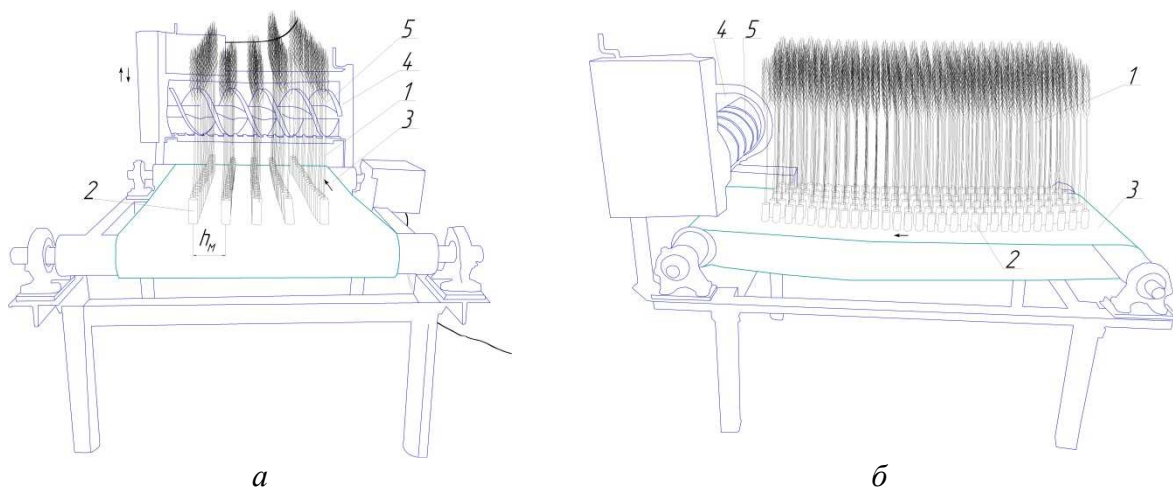


Рисунок 2 – Схема размещения стеблей сельскохозяйственных культур на транспортере: *а* – вид спереди; *б* – вид сбоку

После транспортер 3 с остатками стеблей в держателях 2 возвращается в исходное положение (рисунок 2).

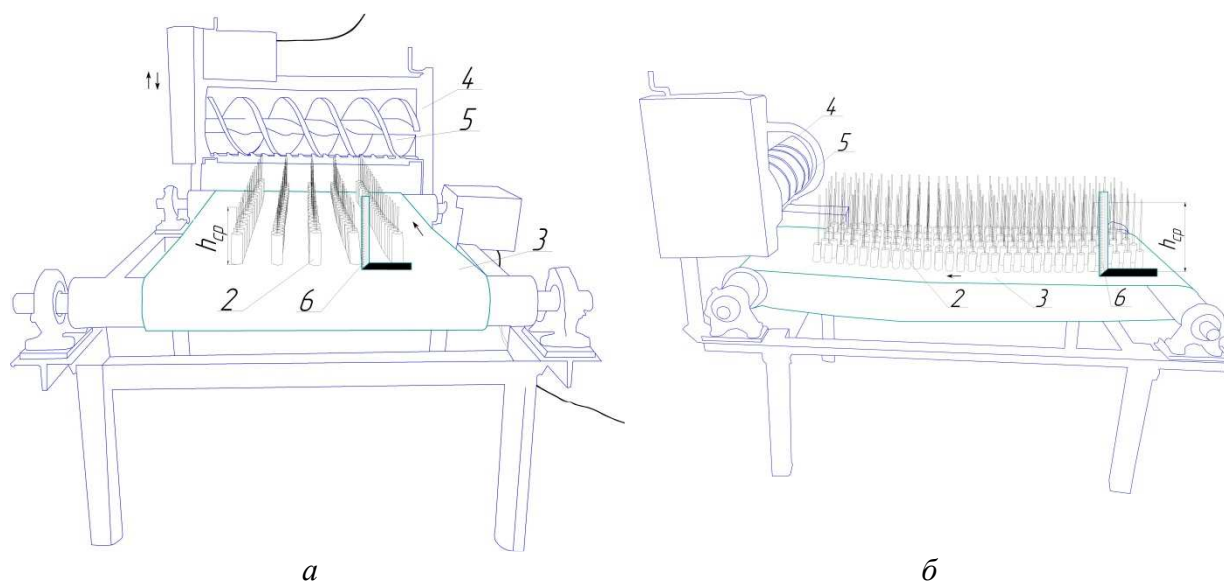


Рисунок 3 – Схема состояния стеблей после среза режущим элементом: *а* – вид спереди; *б* – вид сбоку

Затем происходит измерение высоты среза h_{cp} стеблей измерительным инструментом 6. Проводят визуальную оценку качества среза и принимают решение об эффективности работы режущего элемента на изучаемой сельскохозяйственной культуре.

Методика планирования эксперимента

Задачей исследования являлось изучение влияния конструктивных и режимных параметров режущего аппарата на качественные показатели процесса резания стеблей подсолнечника, кукурузы, пшеницы (средняя высота среза стеблей, длина измельченных стеблей, количество несрезанных стеблей).

При составлении плана эксперимента выбрали независимые факторы, исходя из априорной (доопытной) информации.

С учетом проведенного обзора патентной и другой научно-технической литературы были выбраны факторы и уровни их варьирования, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Факторы и уровни их варьирования

Уровни факторов	Факторы		
	частота вращения шнека (x_1), мин ⁻¹	угол наклона режущего сегмента (x_2), град	шаг сегментов (x_3), мм
Верхний уровень $x_i = +1$	800	90	180
Основной уровень $x_{io} = 0$	500	60	120
Нижний уровень $x_i = -1$	200	30	60

Основной уровень частоты вращения шнека ($n = 500$ мин⁻¹) выбран с учетом предварительно проведенных исследований по резанию стеблей толстостебельных культур. Нижний ($n = 200$ мин⁻¹) и верхний ($n = 800$ мин⁻¹) уровни варьирования соответствует допустимому диапазону резания стеблей (рисунок 4).



Рисунок 4 – Измерение частоты вращения шнека

Угол наклона режущего сегмента принят на основании изучения априорной информации по резанию стеблей подсолнечника, кукурузы и пшеницы (рисунок 5).

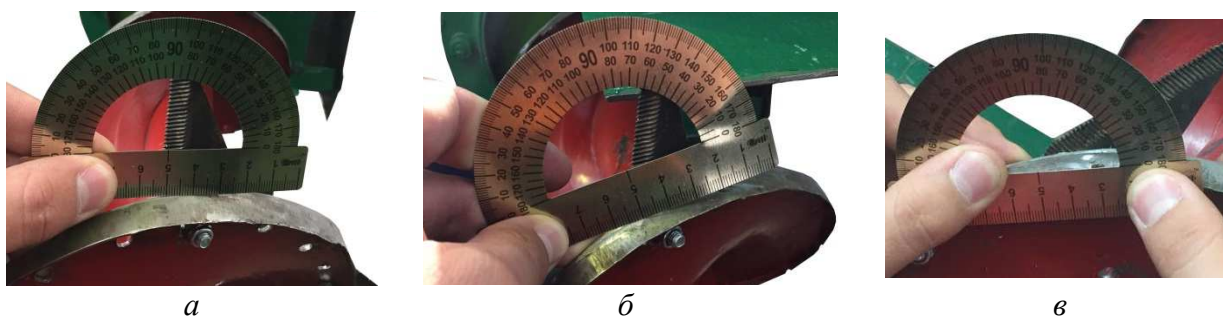


Рисунок 5 – Измерение угла наклона режущего сегмента:
a – 90 град; *б* – 60 град; *в* – 30 град

Шаг сегментов подбирался на основании визуального исследования качества среза и измельчения стеблей (рисунок 6). Причем шаг сегментов 60 мм соответствует сплошному расположению сегментов, 120 мм – пропуск одного сегмента, 180 мм – двух сегментов.

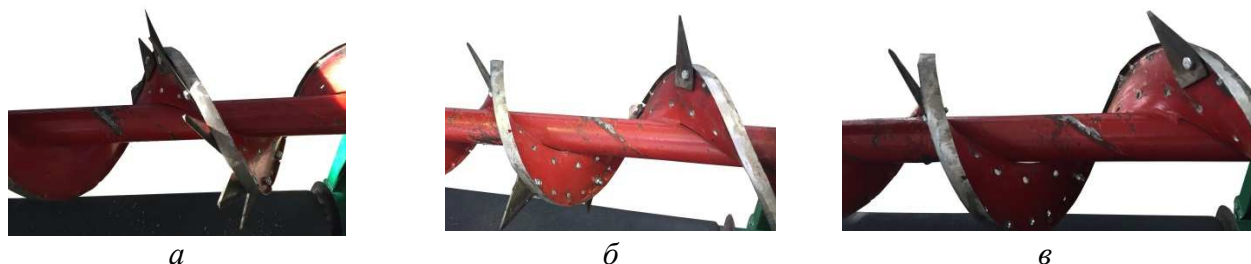


Рисунок 6 – Режущий аппарат с различными значениями шага сегментов:
a – 60 мм; *б* – 120 мм; *в* – 180 мм

Выбранные факторы оказывают непосредственное влияние на агротехнические показатели работы и не являются функциями других факторов. Так же они отвечают требованиям совместимости и независимости.

Для трехфакторного эксперимента принят план Бокса В3.

Обработка результатов экспериментальных исследований проводилась методами общей теории статистики и теории планирования эксперимента в соответствии с ГОСТ 8.207-76 [3].

Условия проведения эксперимента

<i>Культуры.....</i>	<i>подсолнечник, кукуруза, пшеница</i>
<i>Влажность зерна, %:</i>	
– <i>подсолнечник.....</i>	<i>19</i>
– <i>кукуруза.....</i>	<i>20</i>
– <i>пшеница.....</i>	<i>16</i>
<i>Количество стеблей в рядке, шт.:</i>	
– <i>подсолнечник.....</i>	<i>5</i>
– <i>кукуруза.....</i>	<i>5</i>
– <i>пшеница.....</i>	<i>15</i>
<i>Расстояние между стеблями, см.....</i>	<i>25</i>
<i>Длина рядка, м.....</i>	<i>1</i>
<i>Высота стеблей, см:</i>	
– <i>подсолнечник.....</i>	<i>40</i>
– <i>кукуруза.....</i>	<i>30</i>
– <i>пшеница.....</i>	<i>40</i>
<i>Высота среза, мм.....</i>	<i>100</i>
<i>Диаметр стебля, мм:</i>	
– <i>подсолнечник.....</i>	<i>14</i>
– <i>кукуруза.....</i>	<i>19</i>
– <i>пшеница.....</i>	<i>4</i>
<i>Скорость ленты транспортера.....</i>	<i>5 км/ч</i>
<i>Тип сегмента.....</i>	<i>треугольный с одной ре- жущей кромкой</i>
<i>Направление вращения шнека:</i>	
– <i>подсолнечник, пшеница.....</i>	<i>прямое против направления движения ленты</i>
– <i>кукуруза.....</i>	<i>обратное в направлении движения ленты</i>

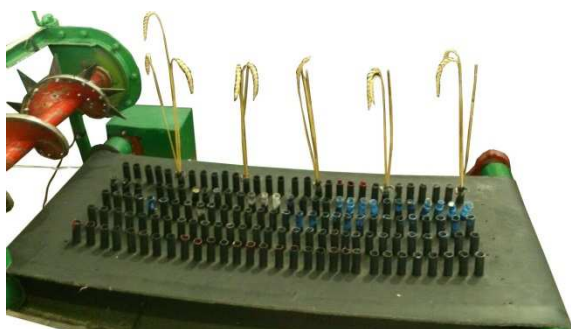
На рисунках 7–8 представлены закрепленные в экспериментальной установке стебли подсолнечника, кукурузы, пшеницы до и после проведения эксперимента по срезу стеблей.



a



б



в

Рисунок 7 – Стебли до и после среза:
a – подсолнечник; *б* – кукурузы; *в* – пшеница

Результаты оптимизации

Результаты обработки эксперимента программой Mathcad позволили установить корреляционно-регрессионную зависимость между изучаемыми факторами.

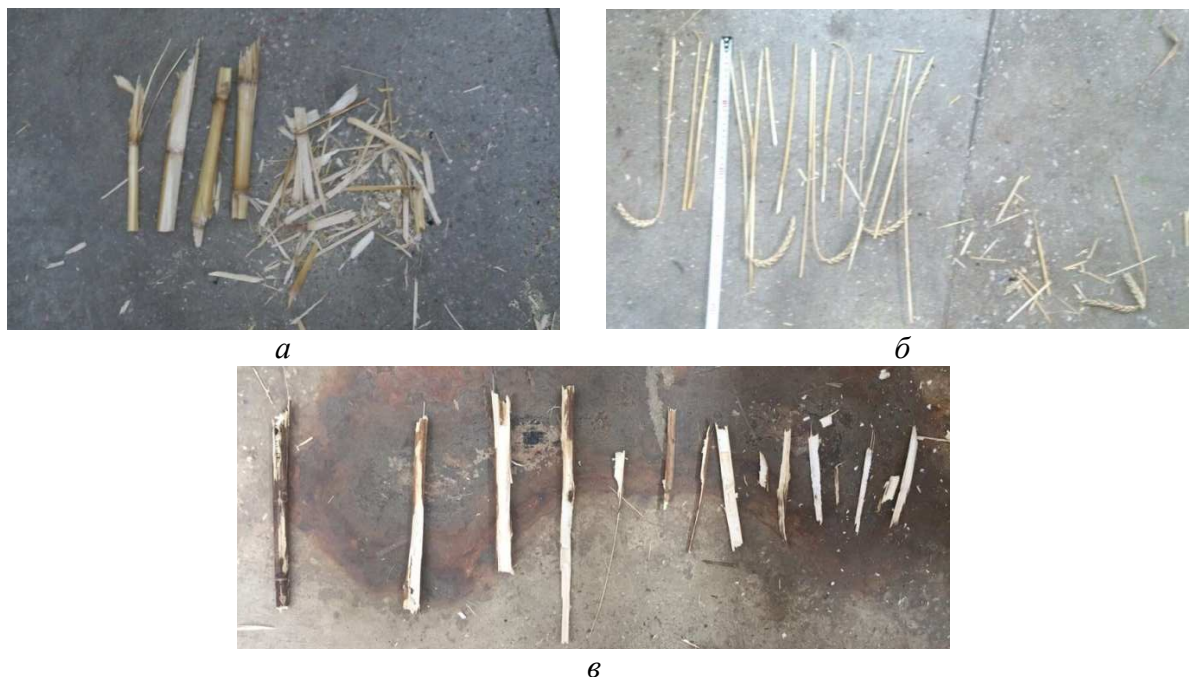


Рисунок 8 – Стебли после среза:
a – кукурузы; *б* – пшеницы; *в* – подсолнечника

После математической обработки экспериментальных данных получили следующее уравнение регрессии для высоты среза стеблей подсолнечника (мнимые коэффициенты):

$$Y_{cp} = 111,45 + 0,13 \cdot x_1 + 5,91 \cdot x_2 + 20,57 \cdot x_3 - 1,1 \cdot x_1 \cdot x_2 + 2,475 \cdot x_1 \cdot x_3 + 1,125 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,7 \cdot x_1^2 + 3,3 \cdot x_2^2 + 9,5 \cdot x_3^2, \quad (1)$$

где Y_{cp} – высота среза стеблей, мм

Рассмотрим поверхность отклика в системе трех координат, приняв постоянным один из факторов варьирования. Проанализируем зависимость высоты среза стеблей (Y_{cp}) от частоты вращения шнека ($n_{ш}$) и угла наклона режущего сегмента (α_c) при постоянном значении шага сегментов (l_c).

Анализируя данные зависимости, можно заключить, что при шаге сегментов $l_c = 180$ мм происходит увеличение высоты среза стеблей от 133

до 150 мм за счет повышения частоты вращения валцов с 200 до 800 мин⁻¹ (рисунок 9, а).

При шаге сегментов $l_c = 60$ мм высота среза стеблей изменяется от 96 до 111 мм с увеличением угла наклона режущего сегмента от 30 до 90 град (рисунок 9, б).

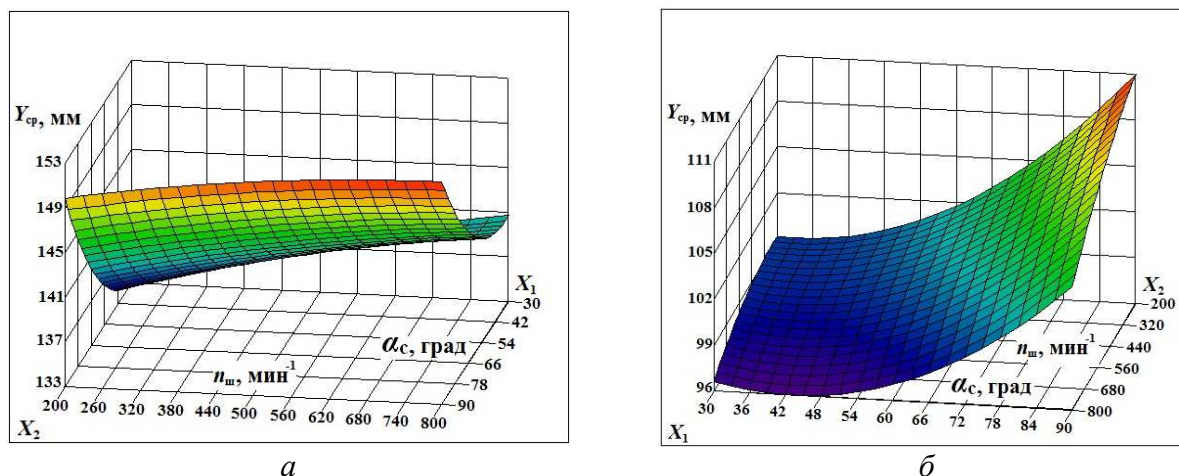


Рисунок 9 – Зависимость высоты среза стеблей (Y_{cp}) от частота вращения шнека ($n_{ш}$) и угла наклона режущего сегмента (α_c) при постоянном значении шага сегментов:
 $a - l_c = 180$ мм; $b - l_c = 60$ мм

Продифференцировав уравнение (1) по каждой из переменных, и приравняв производные нулю, получили систему линейных уравнений:

$$\frac{dy}{dx_1} = 0,13 - 1,1 \cdot x_2 + 2,475 \cdot x_3 - 1,4 \cdot x_1 = 0, \quad (2)$$

$$\frac{dy}{dx_2} = 5,91 - 1,1 \cdot x_1 + 1,125 \cdot x_3 + 6,6 \cdot x_2 = 0, \quad (3)$$

$$\frac{dy}{dx_3} = 20,57 + 2,475 \cdot x_1 + 1,125 \cdot x_2 + 19 \cdot x_3 = 0. \quad (4)$$

Решая систему линейных уравнений, находим координаты центра поверхности отклика: $x_1 = -0,844$; $x_2 = -0,879$; $x_3 = -0,921$.

Подставив в исходное уравнение (1) значения x_1, x_2, x_3 находим значения параметра оптимизации в центре поверхности отклика. То есть $Y_s = 99,328$ мм, где Y_s – значение отклика в новом начале координат (свободный член канонического уравнения).

Определим угол поворота осей координат поверхности отклика (старых осей) до совмещения с главными осями фигуры:

$$\sin\alpha = \sqrt{\frac{1}{2} \left[1 - \frac{1}{\sqrt{\frac{b_{23}^2}{(b_{22} - b_{33})} + 1}} \right]}. \quad (5)$$

То есть $\alpha = 0,09$ градусов.

Тогда коэффициенты в канонической форме:

$$B_1 = b_{11} = -0,7, \quad (6)$$

$$B_2 = b_{22}(\cos(\alpha))^2 + b_{33}(\sin(\alpha))^2 + b_{23} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha) = 3,45, \quad (7)$$

$$B_3 = b_{22} \cdot \sin(\alpha)^2 + b_{33} \cdot \cos(\alpha)^2 - b_{23} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha) = 9,35, \quad (8)$$

$$J_1 = b_{11} + b_{22} + b_{33}, \quad (9)$$

$$J_2 = B_1 + B_2 + B_3, \quad (10)$$

$$J_1 = 12,1, J_2 = 12,1,$$

$J_1 = J_2$, то есть преобразования верны.

Уравнение регрессии в канонической форме будет иметь вид:

$$Y - Y_s = B_1 \cdot X_1^2 + B_2 \cdot X_2^2 + B_3 \cdot X_3^2,$$

$$Y - 99,328 = -0,7 \cdot X_1^2 + 3,45 \cdot X_2^2 + 9,35 \cdot X_3^2, \quad (11)$$

или

$$\frac{(X_1)^2}{\frac{Y - Y_s}{B_1}} + \frac{(X_2)^2}{\frac{Y - Y_s}{B_2}} + \frac{(X_3)^2}{\frac{Y - Y_s}{B_3}} = 1,$$

$$\frac{(X_1)^2}{\frac{Y - 99,328}{-0,7}} + \frac{(X_2)^2}{\frac{Y - 99,328}{3,45}} + \frac{(X_3)^2}{\frac{Y - 99,328}{9,35}} = 1. \quad (12)$$

Для более детального представления поверхность отклика изучали с помощью двухмерных сечений.

Рассмотрим сечение X_1SX_2 . Для этого в исходное уравнение (1) подставим $x_3 = -0,921$.

$$Y_{12} = 101,06 - 2,149 \cdot x_1 + 4,874 \cdot x_2 - 1,1 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,7 \cdot x_1^2 + 3,3 \cdot x_2^2, \quad (13)$$

где Y_{12} – высота среза стеблей при взаимодействии 1^{го} и 2^{го} факторов, 3-й фактор в центре плана.

Выполняя каноническое преобразование, получим уравнение:

$$\frac{dy_{12}}{dx_1} = -2,149 - 1,1 \cdot x_2 - 1,4 \cdot x_1, \quad (14)$$

$$\frac{dy_{12}}{dx_2} = 4,874 - 1,1 \cdot x_1 + 6,6 \cdot x_2. \quad (15)$$

Решая систему линейных уравнений, находим координаты центра поверхности отклика: $x_1 = -0,844$; $x_2 = -0,879$.

Подставляя найденные значения x_1 и x_2 в уравнение (13), определяем значение параметра оптимизации в центре поверхности отклика, когда $x_3 = -0,921$. Получаем $Y_{s12} = 99,328$.

Угол поворота осей α равен 7,688 градусов, а коэффициенты регрессии в канонической форме равны:

$$B_{11} = -0,774; B_{22} = 3,374;$$

Инварианты:

$$J_1 = 2,6; J_2 = 2,6.$$

Уравнение регрессии в канонической форме:

$$Y_{12} - Y_S = B_{11} \cdot X_1^2 + B_{22} \cdot X_2^2, \\ Y_{12} - 99,328 = -0,774 \cdot X_1^2 + 3,374 \cdot X_2^2, \quad (16)$$

или

$$\frac{(X_1)^2}{\frac{Y_{12} - Y_S}{B_{11}}} + \frac{(X_2)^2}{\frac{Y_{12} - Y_S}{B_{22}}} = 1$$

$$\frac{(X_1)^2}{Y_{12} - 99,328 - 0,774} + \frac{(X_2)^2}{Y_{12} - 99,328 + 3,374} = 1. \quad (17)$$

Поверхности отклика представлены на рисунках 10–12.

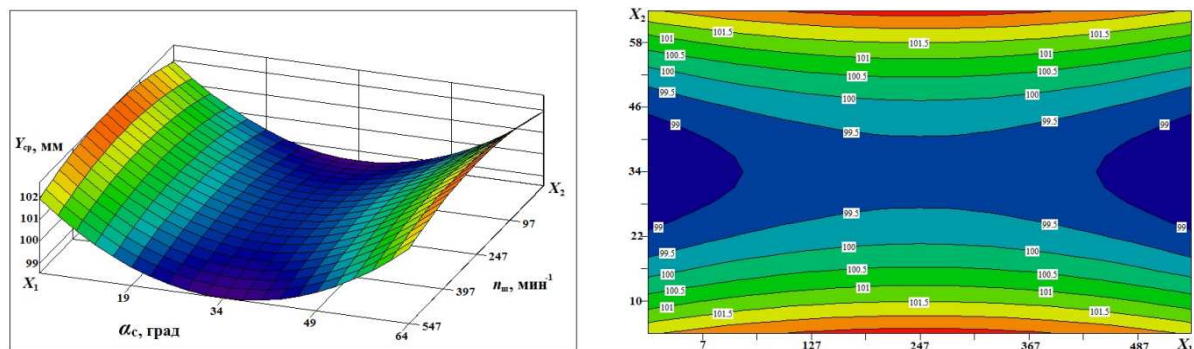


Рисунок 10 – Поверхность зависимости высоты среза (Y_{cp}) от частоты вращения шнека ($n_{ш}$) и угла наклона режущего сегмента (α_c) и ее двухмерное сечение

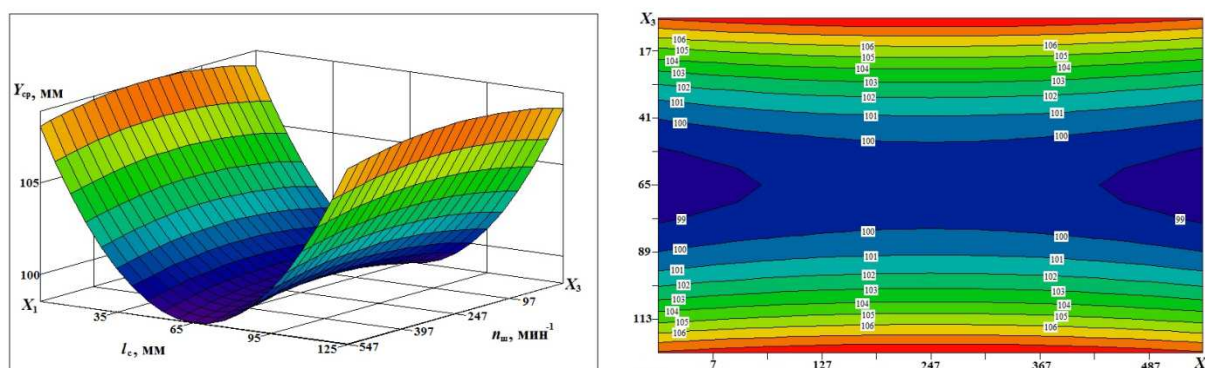


Рисунок 11 – Поверхность зависимости высоты среза (Y_{cp}) от частоты вращения шнека ($n_{ш}$) и шага сегментов (l_c) и ее двухмерное сечение

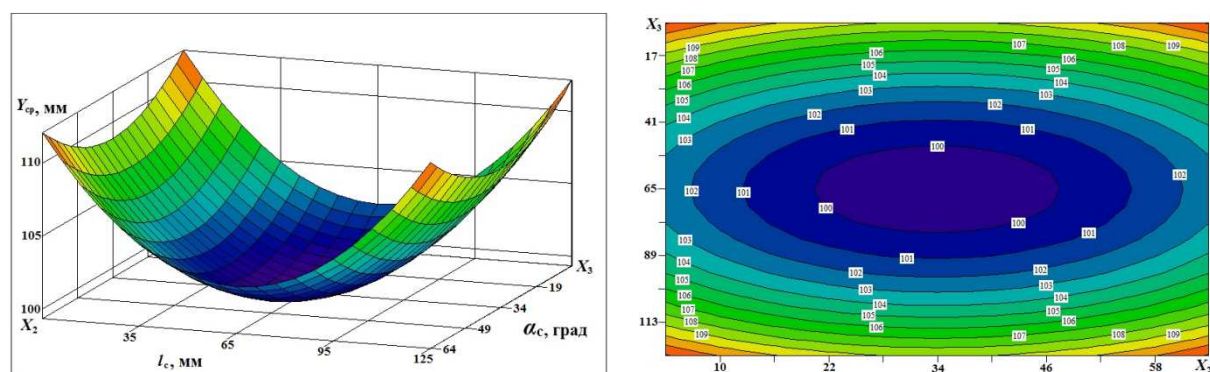


Рисунок 12 – Поверхность зависимости высоты среза (Y_{cp}) от угла наклона режущего сегмента (α_c) и шага сегментов (l_c) и ее двухмерное сечение

Далее рассмотрим сечение поверхности отклика X_1SX_3 . Для этого в исходное уравнение (1) подставим $x_2 = -0,879$. Уравнение принимает вид:

$$Y_{13} = 108,81 + 1,1 \cdot x_1 + 19,58 \cdot x_3 + 2,475 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,7 \cdot x_1^2 + 9,5 \cdot x_3^2. \quad (18)$$

Выполнив канонические преобразования и решая систему линейных уравнений, находим координаты центра поверхности отклика:

$$x_1 = -0,844, x_3 = -0,921.$$

Подставляя найденное значение x_1 и x_3 в уравнение (18), определяем значение параметра оптимизации в центре поверхности отклика, когда $x_2 = -0,879$.

$$Y_{13} = 99,328.$$

Коэффициенты регрессии в канонической форме равны: $B_{11} = -0,848$, $B_{33} = 9,648$.

Уравнение регрессии в канонической форме

$$Y_{13} - 99,328 = -0,848 \cdot X_1^2 + 9,648 \cdot X_3^2. \quad (19)$$

Рассмотрим сечение поверхности отклика X_2SX_3 . Для этого в исходное уравнение (1) подставим $x_1 = -0,844$, тогда уравнение примет вид:

$$Y_{23} = 110,84 + 6,84 \cdot x_2 + 18,48 \cdot x_3 + 1,125 \cdot x_2 \cdot x_3 + 3,3 \cdot x_2^2 + 9,5 \cdot x_3^2. \quad (20)$$

Выполнив канонические преобразования и решая систему линейных уравнений, находим координаты центра поверхности отклика: $x_2 = -0,879$; $x_3 = -0,921$.

Подставляя найденные значения в уравнение (20), определяем значение параметра оптимизации в центре поверхности отклика, когда $x_1 = -0,389$.

$$Y_{23} = 99,328.$$

Коэффициенты регрессии в канонической форме равны: $B_{22} = 3,249$, $B_{33} = 9,551$.

Уравнение регрессии в канонической форме

$$Y_{23} - 99,328 = 3,249 \cdot X_2^2 + 9,551 \cdot X_3^2. \quad (21)$$

Уравнение регрессии для длины измельченных стеблей (мнимые коэффициенты):

$$Y_{из} = 165,581 - 0,43 \cdot x_1 + 2,12 \cdot x_2 + 5,94 \cdot x_3 + 1,162 \cdot x_1 \cdot x_2 + 1,512 \cdot x_1 \cdot x_3 + 12,088 \cdot x_2 \cdot x_3 - 17,581 \cdot x_1^2 + 4,569 \cdot x_2^2 - 9,031 \cdot x_3^2, \quad (22)$$

где $Y_{из}$ – длина измельченных стеблей, мм

Уравнение регрессии для количества несрезанных стеблей (мнимые коэффициенты):

$$Y_{нс} = - 0,094 + 0,1 \cdot x_1 - 0,27 \cdot x_2 + 0,27 \cdot x_3 - 0,162 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,162 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,337 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,244 \cdot x_1^2 + 0,094 \cdot x_2^2 + 0,094 \cdot x_3^2, \quad (23)$$

где $Y_{нс}$ – количество несрезанных стеблей, шт

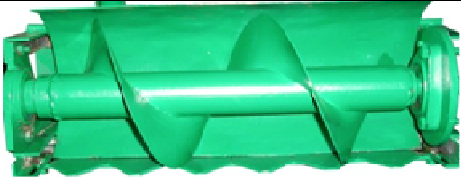


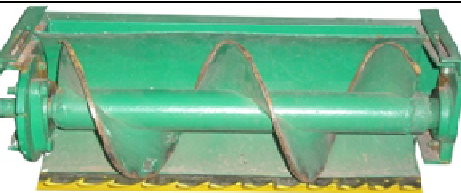
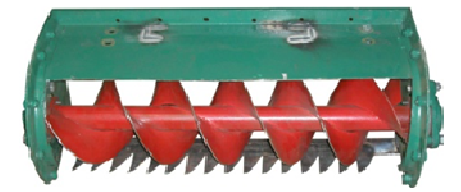
Обобщенные результаты оптимизации по изучаемым культурам сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты оптимизации

Культура	Оптимальные факторы			Параметр оптимизации	
	частота вращения шнека (x_1), мин ⁻¹	угол наклона режущего сегмента (x_2), град	шаг сегментов (x_3), мм	параметр	значение
подсолнечник	247	34	65	высота среза стеблей, мм	99
кукуруза	564	33	244		141
пшеница	653	49	123		140
подсолнечник	494	50	126	длина измельченных стеблей, мм	165
кукуруза	390	53	173		169
пшеница	388	51	140		246
подсолнечник	552	77	86	количество несрезанных стеблей, шт.	0,01
кукуруза	641	68	125		0,03
пшеница	829	69	118		0,3

В результате проведенных исследований по выбору конструкции режущего аппарата нами были экспериментально проверены в полевых и лабораторных условиях 7 вариантов разработанных и изготовленных экспериментальных вариантов (таблица 4).

Таблица 4 – Анализ работы режущих аппаратов

№	Вариант режущего аппарата	Достоинства	Недостатки
1	 подпорный – открытого типа	Удовлетворительное резание единичных стеблей и группы стеблей зерновых колосовых.	В процессе среза наблюдается защемление и излом стеблей.
2	 подпорный – открытого типа с сегментами, копирующими витки шнека	Хорошее резание стеблей.	В процессе среза наблюдается защемление и излом стеблей.
3	 подпорный – закрытого типа с противорежущими элементами, выполненными в корпусе	Плохое резание всех стеблей, кроме газонной травы.	1. В процессе среза наблюдается защемление и излом стеблей. 2. Не все стебли попадают в режущую пару за счет сминания противорежущими элементами, выполненными в корпусе.
4	 подпорный – открытого типа с половинными сегментами, копирующими витки шнека и дополнительной режущей кромкой на витке шнека	Хорошее резание стеблей зерновых колосовых.	В процессе среза наблюдается излом стеблей.
5	 подпорный – открытого типа с	Удовлетворительное резание стеблей зерновых колосовых.	В процессе среза наблюдается излом стеблей. Сложность попадания стеблей в режущую пару из-за двухзаходного шнека, особенно при увеличении частоты вращения

№	Вариант режущего аппарата	Достоинства	Недостатки
	половинными сегментами, копирующими витки двухзаходного шнека		шнека.
6	 <p>подпорный – открытого типа с половинными сегментами, копирующими витки шнека и дополнительной режущей кромкой на витке двухзаходного шнека</p>	<p>Удовлетворительное резание группы стеблей зерновых колосовых. Хорошее резание единичных стеблей.</p>	<p>При резании группы стеблей создается сложность попадания их в режущую пару из-за двухзаходного шнека.</p>
7	 <p>бесподпорный открытого типа с однозаходным шнеком и дополнительными режущими сегментами</p>	<p>Хорошее резание стеблей зерновых, зерновых колосовых, камыша.</p>	<p>Отсутствие кожуха способствует разбрасыванию измельченных стеблей.</p>

Выводы

По результатам проведенных исследований рекомендуются следующие параметры и режимы работы:

- для бесподпорного среза стеблей подсолнечника: частота вращения шнека – 431 мин⁻¹; угол наклона режущего сегмента – 54 град; шаг сегментов – 92 мм;

- для бесподпорного среза стеблей кукурузы (обратное вращение шнека): частота вращения шнека – 532 мин⁻¹; угол наклона режущего сегмента – 51 град; шаг сегментов – 180 мм.

- для бесподпорного среза стеблей пшеницы: частота вращения шнека – 623 мин⁻¹; угол наклона режущего сегмента – 56 град; шаг сегментов – 127 мм.

Анализируя результаты теоретических и экспериментальных данных сходимость значения угла наклона лезвия составляет для подсолнечника – 20 %, кукурузы 6 %, пшеницы – 19 % (рисунок 13).

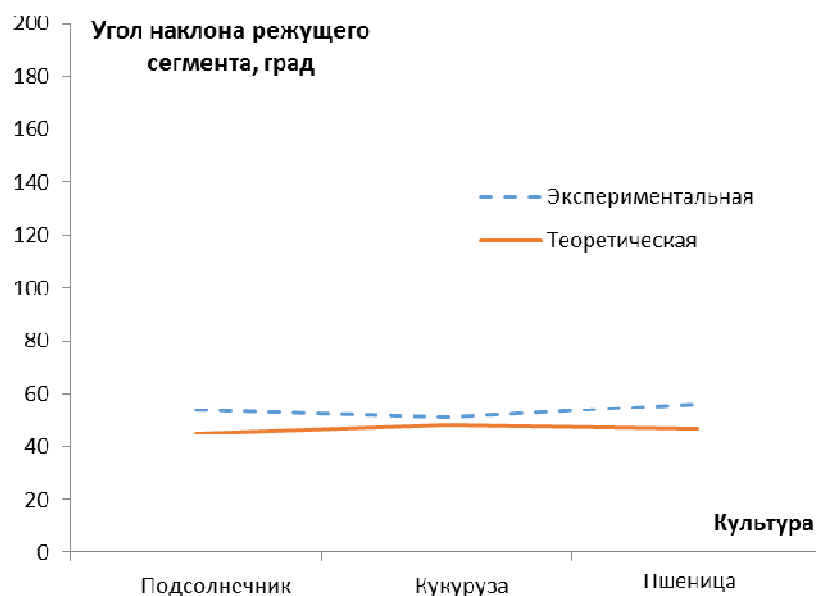


Рисунок 13 – Сходимость теоретических и экспериментальных значений угла наклона режущего сегмента

Библиографический список

1. Трубилин Е.И. Альтернативный режущий аппарат механических косилок/ Е.И. Трубилин, Е.В. Труфляк, И.С. Труфляк // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 2. – С. 10–12.
2. ОСТ 70.8.2-82. Испытания сельскохозяйственной техники. Косилки, косилки-плющилки и косилки с порционным сбросом. Программа и методы испытаний [Текст]. – Введ. 1983–06–01. – М.: Стандартинформ, 1983. – 54 с.
3. ГОСТ 8.207 – 76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений [Текст]. – Введ. 01.01.1977. – М.: Изд-во стандартов, 1976.

References

1. Trubilin E.I. Al'ternativnyj rezhushhij apparat mehanicheskix kosilok/ E.I. Trubilin, E.V. Truflyak, I.S. Truflyak // Tehnika i oborudovanie dlja sela. – 2013. – № 2. – S. 10–12.
2. OST 70.8.2-82. Ispytanija sel'skohozjajstvennoj tehniki. Kosilki, kosilki-pljushhilki i kosilki s porcionnym sbrosom. Programma i metody ispytanij [Tekst]. – Vved. 1983–06–01. – M.: Standartinform, 1983. – 54 s.
3. GOST 8.207 – 76. Prjamyje izmerenija s mnogokratnymi nabljudenijami. Metody obra-botki rezul'tatov nabljudenij [Tekst]. – Vved. 01.01.1977. – M.: Izd-vo standartov, 1976.