

# К ОБОСНОВАНИЮ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ПРОЦЕСС ПРЯМОГО КОМБАЙНИРОВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С ОБРАЗОВАНИЕМ ВЫСОКОСТЕРНЕВОЙ КУЛИСЫ В КОЛЕЕ КОМБАЙНА

## JUSTIFICATION OF THE REGULARITIES CHARACTERIZING THE PROCESS OF DIRECT HARVESTING OF CEREALS WITH THE FORMATION OF A HIGH-STEEP WEDGE IN THE HARVESTER TRACK

**А.П. ЛОВЧИКОВ**, д.т.н.  
**В.П. ЛОВЧИКОВ**, к.т.н.  
**Е.А. ПОЗДЕЕВ**

Южно-Уральский ГАУ, Челябинск, Россия,  
alovcikov@mail.ru

**A.P. LOVCHIKOV**, DSc in Engineering  
**V.P. LOVCHIKOV**, PhD in Engineering  
**E.A. POZDEEV**

South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russia,  
alovcikov@mail.ru

В статье рассматривается процесс прямого комбайнирования зерновых культур с образованием высокостерневой кулисы в колее комбайна. Приведена схема дифференциации высоты стерни по ширине захвата комбайновой жатки при уборке зерновых культур прямым комбайнированием. Представлены закономерности, характеризующие изменение пропускной способности молотилки и рабочей скорости движения комбайна в зависимости от технологических свойств зерновых культур. Раскрывается зависимость между высотой стерни, потерями зерна за комбайном и соломистостью хлебной массы. Графическая интерпретация данных зависимостей свидетельствует о том, потери зерна за комбайном можно уменьшить посредством изменения соломистости хлебной массы за счет увеличения высоты среза продуктивных растений во время комбайнирования зерновых культур. Обоснована максимально допустимая высота стерни в колее комбайна, предельная величина которой определяется высотой стеблестоя зерновых культур при уборке прямым комбайнированием. Кроме того, выявлена взаимосвязь между максимально допустимой высотой стерни в колее комбайна и параметрами, характеризующими кинематический режим работы жатки: высотой установки ножа и стеблестоя зерновых культур. При прямом комбайнировании рабочая скорость движения комбайна определяется не только рациональной нагрузкой молотилки, но и обеспечением требуемого качества скашивания зерновых, от которого зависит потери зерна за жаткой. Исходя из этого положения в ходе теоретических изысканий получены закономерности, которые характеризуют изменения максимально допустимой высоты стерни при уборке зерновых культур прямым комбайнированием с образованием высокостерневой кулисы в колее комбайна. Определена взаимосвязь между соломистостью хлебной массы, технико-эксплуатационными параметрами, режимами работы комбайна и жатки и технологическими свойствами зерновых культур. На основе аналитических зависимостей, характеризующих изменение потерь зерна за комбайном от параметров соломистости хлебной массы и высоты стерни зерновых культур, получена система уравнений, посредством которой определена взаимосвязь между высотой стерни зерновых культур и соломистостью хлебной массы. Теоретические исследования обосновывают взаимосвязь между технологическими параметрами стерни зерновых культур и эксплуатационными параметрами комбайна и жатки. Полученные закономерности свидетельствуют о сложном характере протекания процесса уборки зерновых культур с образованием высокостерневой кулисы в колее комбайна.

**Ключевые слова:** комбайн, стерня, высокостерневая кулиса, потери зерна, рабочая скорость, соломистость хлебной массы, высота стерни, жатка, уборка, прямое комбайнирование.

The article deals with the process of direct combining of grain crops with the formation of a high-steep wedge in the track of the combine. The scheme of differentiation of the stubble height along the width of harvester of combine threshing during harvesting of grain crops by direct combining is given. Regularities characterizing the change in the threshing capacity and working speed of the combine harvester, depending on the technological properties of grain crops, are presented. A relationship is revealed between the height of the stubble, the loss of grain behind the combine and the straw content of the bread mass. Graphical interpretation of these dependencies shows that the loss of grain behind the combine can be reduced by changing the straw content of the bread mass by increasing the cutting height of productive plants during the harvesting of cereals. The maximum allowable height of stubble in the track of the combine is substantiated, the limiting value of which is determined by the height of the stalk of cereals during harvesting by direct combining. In addition, the relationship between the maximum permissible height of stubble in the harvester track and the parameters characterizing the kinematic regime of the header, the height of the knife setting and the stalk of grain crops was revealed. With direct combining, the working speed of the combine is de-

terminated not only by the rational loading of the thresher, but also by ensuring the required quality of grain mowing, on which the loss of grain due to the header is dependent. Proceeding from this situation in the course of theoretical research, regularities that characterize changes in the maximum permissible stubble height during harvesting of grain crops by direct combining with the formation of a high-steep wedge in the track of the combine are obtained. The correlation between the straw capacity of grain, the technical and operational parameters, the operating conditions of the combine and header, and the technological properties of cereals is determined. On the basis of the analytical dependencies characterizing the change in grain losses behind the combine from the parameters of the straw content of the bread mass and the height of the stubble of cereal crops, a system of equations was obtained by means of which the relationship between the height of the stubble of cereals and the straw capacity of the bread mass was determined. Theoretical studies substantiate the relationship between the technological parameters of stubble crops and the operational parameters of the combine and header. The obtained regularities testify to the complex character of the course of the harvesting process of grain crops with the formation of a high-steep wedge in the track of the combine.

**Keywords:** harvester, stubble, high-steep wedge, grain loss, working speed, straw bread mass, stubble height, header, harvesting, direct combining.

## Введение

В последнее время как практика, так и наука [1–5] обращают внимание на ресурсосбережение в технологиях возделывания зерновых культур за счет биологизации земледелия, направленного на сохранение плодородия и водных ресурсов почвы, повышение урожайности и сокращение ресурсных затрат. Одним из способов в данном направлении является применение в период уборки зерновых культур прямого комбайнирования с образованием высокостерневой кулисы в колее комбайна.

## Цель исследования

Установление закономерностей, характеризующих взаимосвязь между конструктивными, эксплуатационными и технологическими параметрами зерновых культур и комбайна и жатки.

## Материалы и методы исследования

Исследования базируются на общепринятых методических положениях общелогического метода и математического анализа.

В процессе исследования решали следующие задачи: выявление закономерностей, характеризующих изменение эксплуатационных параметров комбайна в зависимости от конструктивных параметров жатки и технологических свойств зерновых культур; выявление закономерностей, характеризующих изменение параметров стерни при прямом комбайнировании зерновых культур.

## Результаты исследования и их обсуждение

При уборке зерновых прямым комбайнированием часовая производительность (га/ч) машины составит [2–6]:

$$W_{\text{ч}} = 0,36 B_{\text{ж}} V_{\text{к}} \tau_{\text{см}}, \quad (1)$$

где  $B_{\text{ж}}$  – ширина захвата жатки, м;  $V_{\text{к}}$  – рабочая скорость комбайна, м/с;  $\tau_{\text{см}}$  – коэффициент, учитывающий потери времени по технологическим причинам.

Составляющая  $B_{\text{ж}}$ , приведенная в выражении (1), может быть определена из уравнения [5–6]:

$$B_{\text{ж}} = \frac{q}{V_{\text{к}} Y_3 \left(1 + \frac{1}{\delta_c}\right)}, \quad (2)$$

где  $q$  – пропускная способность молотилки, кг/с;  $Y_3$  – урожайность зерновых культур, кг/м<sup>2</sup>;  $\delta_c$  – коэффициент, характеризующий соломистость хлебной массы.

Пропускная способность молотилки  $q$  комбайна зависит от наличия в хлебной массе продуктивных и непродуктивных растений и изменяется с учетом этого по выражению [5–6]:

$$q = 0,6 q_{\text{п}} \left(1 + \frac{1-\varepsilon}{\delta_c + \varepsilon}\right) \chi, \quad (3)$$

где  $q_{\text{п}}$  – паспортная пропускная способность молотилки, кг/с;  $\varepsilon$  – коэффициент, характеризующий засоренность хлебной массы;  $\chi$  – коэффициент, учитывающий влияние колебаний подачи хлебной массы на пропускную способность молотилки.

На основе уравнений (2) и (3) после всех преобразований получим, что [7, 8]:

$$V_{\text{к}} = \frac{0,6 q_{\text{п}} \left(1 + \frac{1-\varepsilon}{\delta_c + \varepsilon}\right) \chi}{B_{\text{ж}} Y_3 \left(1 + \frac{1}{\delta_c}\right)}. \quad (4)$$

Из выражения (4) видно, что при  $B_{\text{ж}} = \text{const}$  и пропускной способности молотилки комбайна  $q_{\text{п}}$  рабочая скорость машины  $V_{\text{к}}$  зависит от технологических свойств зерновых культур ( $Y_3, \delta_c, \varepsilon$ ).

В работах Ш.С. Иксанова [8, 9] отмечается, что уменьшение коэффициента соломистости хлебной массы  $\delta_c$  за счет высокого среза стеблей продуктивных растений положительно сказывается на рабочей скорости движения комбайна. Так, снижение коэффициента  $\delta_c$  с 0,724 до 0,56 приводит к повышению рабочей скорости комбайна  $V_k$  до 23,0 %. Кроме того, оставление на поле более влажной части стебля – нижней (21,0–48,0 % [9]) – положительно сказывается на пропускной способности молотилки комбайна.

На основании данных Ш.С. Иксанова [8, 9] получена аналитическая зависимость вида:

$$h_{ст} = a\delta_c^2 - b\delta_c + c, \quad (5)$$

где  $h_{ст}$  – высота стерни зерновых культур, м;  $\delta_c$  – коэффициент, характеризующий соломистость хлебной массы,  $\delta_c \in (0,724-0,560)$ . Величина  $\delta_c = 0,724$  соответствует нормальному срезу растений по высоте, то есть  $h_{ст}^H = 0,10$  м;  $a, b, c$  – коэффициенты пропорциональности, определяемые на основе опытных данных,  $a = 19,749$ ;  $b = 26,856$ ;  $c = 9,092$ .

При этом потери зерна  $P_3$  за комбайном в зависимости от коэффициента соломистости хлебной массы  $\delta_c$  изменяются:

$$P_{ст} = a_1\delta_c^2 - b_1\delta_c + c_1, \quad (6)$$

где  $P_3$  – потери зерна за комбайном, %;  $a_1, b_1, c_1$  – коэффициенты пропорциональности, определяемые на основе опытных данных,  $a_1 = -32,718$ ;  $b_1 = 48,672$ ;  $c_1 = 15,687$ .

В зависимости от рабочей скорости движения машины  $V_k$  потери зерна ( $P_3$ , %) за комбайном равны [10]:

$$P_3 = 0,2 \left[ Y_{хл} V_k / (V_k^n - Y_{хл}^0 \delta_c) \right]^2 Y_{хл}, \quad (7)$$

где  $Y_{хл}$  – урожайность поля, т/га;  $V_k$  – рабочая скорость движения комбайна, м/с;  $V_k^n$  – агро-технически допустимая скорость движения комбайна, м/с, в расчетах принята  $V_k^n = 2,1$  м/с [6];  $Y_{хл}^0$  – урожайность арбитражная (биологическая) поля, т/га.

Графическая интерпретация уравнений (5), (6), (7) представлена на рис. 1. Из графических зависимостей видно, что с увеличением рабочей скорости движения комбайна  $V_k$  потери зерна  $P_3$  возрастают. Данные потери можно уменьшить за счет снижения соломистости хлебной массы  $P_3 = f(\delta_c)$ , посредством увеличения высоты среза стеблей продуктивных растений, а это повышение высоты стерни  $h_{ст}$ , которая описывается уравнением (5).

Зависимости рис. 1 свидетельствуют о том, что потери зерна за комбайном  $P_3$  при рабочих скоростях более 2,0 м/с можно уменьшить за счет снижения соломистости хлебной массы  $\delta_c$ . Из рис. 1 видно, что при коэффициенте соломистости хлебной массы  $\delta_c$ , равном 0,560, что соответствует высоте стерни зерновых (0,20–0,25 м), потери зерна за комбайном снижаются незначительно. В связи с чем высоту стерни, равную 0,20–0,25 м, можно рассматривать как  $H_{дст}$  при формировании высоко-

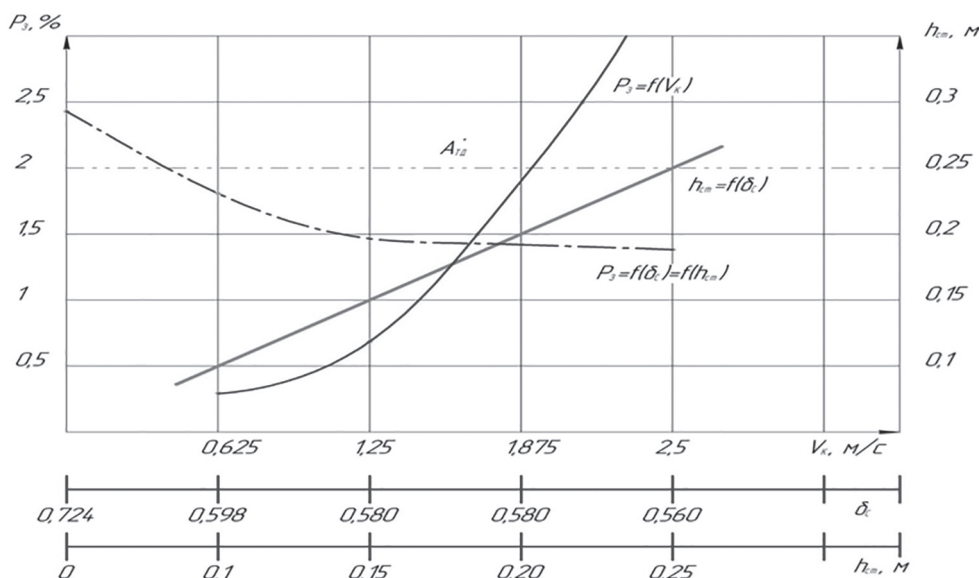


Рис. 1. Изменение потерь зерна  $P_3$  за комбайном в зависимости от рабочей скорости движения комбайна  $V_k$  и коэффициента соломистости хлебной массы  $\delta_c$  ( $A_{та}^*$  – агро-технически допустимые потери зерна за комбайном)

стерневой кулисы в колесе комбайна во время уборки зерновых культур прямым комбайнированием.

При прямом комбайнировании зерновых культур рабочую скорость движения  $V_k$  машины определяют не только из условия обеспечения рациональной загрузки молотилки, но и исходя из обеспечения требуемого качества скашивания зерновых, от которого зависят потери зерна за жаткой.

Исходя из данного условия, А.П. Тарасенко [11] определил, что допустимая рабочая скорость движения комбайна равна:

$$V_k = \frac{n \cdot S}{45 \cdot t_c} \left( h' + \sqrt{H_{дст}^2 + H_0^2} \pm H_0 \operatorname{tg} v \right), \quad (8)$$

где  $n$  – частота вращения вала привода ножа,  $c^{-1}$ ;  $S$  – ход ножа, м;  $t_c$  – шаг расстановки сегментов, м;  $h'$  – высота сегмента, м;  $H_{дст}$  – максимально допустимая высота среза, м; зависит от высоты стеблестоя зерновых, потерь зерна за жаткой, обеспечения снегозадержания стерней;  $H_0$  – высота установки ножа, м;  $v$  – угол наклона стеблей до среза, град.

Примем допущение в исследованиях, что  $v = 0$ , тогда  $H_0 \operatorname{tg} v = 0$ .

В результате выражение (8) примет вид:

$$V_k = \frac{nS}{45t_c} \left( h' + \sqrt{H_{дст}^2 + H_0^2} \right). \quad (9)$$

На основании выражения (9) после всех преобразований получим, что:

$$H_{дст} = \sqrt{\left( \frac{45t_c V_k}{nS} - 1 \right)^2 - H_0^2}. \quad (10)$$

Из выражения (10) следует, что посредством изменения параметров ( $n, S, t_c$ ) режущего аппарата жатки и рабочей скорости движения комбайна  $V_k$  можно изменить максимально допустимую высоту среза, а следовательно, и высоту стерни. С учетом зависимости (4) выражение (10) примет вид:

$$H_{дст} = \sqrt{\left[ \left( \frac{45t_c}{nS} \right) \cdot \frac{0,6q_n \left( 1 + \frac{1-\varepsilon}{\delta_c + \varepsilon} \right) \chi}{B_{ж} y_3 \left( 1 + \frac{1}{\delta_c} \right)} \right] - H_0^2}. \quad (11)$$

Из выражения (11) следует, что максимально допустимая высота среза стеблепродуктивных растений  $H_{дст}$  может быть уменьшена за счет ( $n, S, t_c$ ) и  $H_0$  – высоты установки режущего аппарата либо посредством применения дополнительного технического устройства для срезания стеблей стерни.

При уборке зерновых культур прямым комбайнированием с образованием высокостерневой кулисы в колесе комбайна на участках  $B_{нс}$  (рис. 2) жатки комбайна, где образуется стерня нормальной высоты среза стеблей,  $H_{дст}$  можно рассматривать как сумму двух составляющих:  $h_{ст}^н$  – высота стерни нормального среза стеблей ( $h_{ст}^н = 0,10 \dots 0,12$ ) и  $h$  – часть высоты стерни удаляемой дополнительным техническим устройством жатки во время скашивания зерновых культур.

Тогда исходя из данного условия величину  $H_{дст}$  для участков  $B_{нс}$  ширины захвата жатки можно записать так:

$$h_{ст}^н + h = \sqrt{\left[ \left( \frac{45t_c}{nS} \right) \cdot \frac{0,6q_n \left( 1 + \frac{1-\varepsilon}{\delta_c + \varepsilon} \right) \chi}{B_{ж} y_3 \left( 1 + \frac{1}{\delta_c} \right)} \right] - H_0^2}$$

или

$$h = \sqrt{\left[ \left( \frac{45t_c}{nS} \right) \cdot \frac{0,6q_n \left( 1 + \frac{1-\varepsilon}{\delta_c + \varepsilon} \right) \chi}{B_{ж} y_3 \left( 1 + \frac{1}{\delta_c} \right)} \right] - H_0^2 - h_{ст}^н}. \quad (12)$$

Из выражения (12) следует, что при  $H_0 = \text{const}$  и  $h_{ст}^н = \text{const}$  удаляемая часть высоты

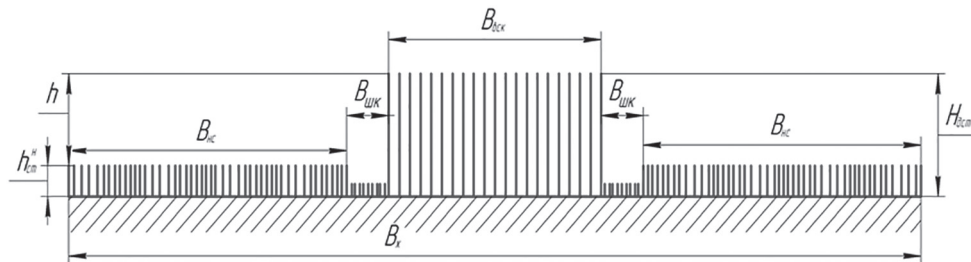


Рис. 2. Схема дифференциации высоты стерни при прямом комбайнировании зерновых культур с образованием высокостерневой кулисы в колесе комбайна



$h$  стерни дополнительным режущим аппаратом на участках  $B_{nc}$  ширины захвата жатки (рис. 2) зависит как от параметров режущего аппарата, так и от комбайна.

Составляющая  $V_k$  выражения (10) при прямом комбайнировании зерновых культур ограничивается и требованиями по потерям зерна за жаткой, которые образуются от воздействия рабочих органов мотовила. По данным работы [11] скорость движения комбайна:

$$V_k = \frac{V_B}{\sqrt{2l_3 \left[ \frac{(\lambda-1)^2}{(l_{ct}-H_0-l_m)^2} (l_{ct}-H_0) + \frac{l_{ct} \left( \frac{\pi^2 \cdot \beta^2}{4} + 1 \right)}{H_0(l_{ct}-H_0)} \right]}}, \quad (13)$$

где  $V_B$  – скорость воздействия рабочих органов мотовила жатки, при которой начинается выделение зерна из колоса, м/с;  $l_3$  – длина зерновки, м;  $\lambda$  – кинематический режим работы мотовила, соотношение  $\lambda = V_m/V_k$ ;  $l_{ct}$  – высота стеблестоя зерновых культур, м;  $l_m$  – высота установки граблины мотовила, м;  $\beta$  – коэффициент, характеризует соотношение между скоростью ножа режущего аппарата  $V_n$  и рабочей скоростью движения комбайна  $V_k$ , то есть  $\beta = V_n/V_k$ . Величина  $\beta = 0,31-1,6$  [11].

Из уравнения (13) следует, что допустимая скорость движения комбайна  $V_k$  зависит от агробиологических характеристик зерновых культур  $l_{ct}$ , высоты установки ножа  $H_0$  и параметров  $\lambda$  и  $\beta$ .

Далее величину рабочей скорости движения комбайна  $V_k$  из выражения (13) подставим в уравнение (10) и определим взаимосвязь между максимально допустимой высотой среза  $H_{дст}$ , а следовательно, и высотой стерни, и параметрами  $(\lambda, l_{ct}, H_0)$ .

В общем виде уравнение примет вид:

$$H_{дст} = \sqrt{\left( \frac{45t_c}{nS} \right) \times \frac{V_B}{2l_3 \left[ \frac{(\lambda-1)^2}{(l_{ct}-H_0-l_m)^2} (l_{ct}-H_0) + \frac{l_{ct} \left( \frac{\pi^2 \beta^2}{4} + 1 \right)}{H_0(l_{ct}-H_0)} \right]} - H_0^2}.$$

Тогда исходя из вышеизложенного для прямого комбайнирования зерновых культур с образованием высокостерневой кулисы в колее комбайна должно выполняться неравенство:

– при длине стеблестоя  $l_{ct}$  до 0,8 м:

$$H_{дст} \leq (0,20...0,25);$$

– при длине стеблестоя  $l_{ct}$  более 0,8 м:

$$H_{дст} \leq (0,20...0,35).$$

При уборке зерновых культур прямым комбайнированием соломистость хлебной массы изменяется по выражению:

$$\delta_c = \frac{20,6 q_n \sqrt{2l_3 \left[ \frac{(\lambda-1)^2}{(l_{ct}-H_0-l_m)^2} \times \frac{l_{ct} \left( \frac{\pi^2 \beta^2}{4} + 1 \right)}{H_0(l_{ct}-H_0)} \right]}}{V_B B_{ж} U_3}. \quad (14)$$

Из выражения (14) видно, что соломистость хлебной массы при прямом комбайнировании зерновых культур с образованием высокостерневой кулисы в колее прямо пропорциональна пропускной способности молотилки комбайна, параметрам и режимам работы жатки и обратно пропорциональна скорости воздействия рабочих органов на колос, ширине захвата жатки и урожайности зерновых культур.

В ходе теоретических изысканий установлено, что потери зерна за комбайном ( $P_3$ , %) в зависимости от соломистости хлебной массы описываются уравнением:

$$P_3 = -a_2 \delta_c^2 + v_2 \delta_c - c_2, \quad (15)$$

где  $\delta_c$  – коэффициент, характеризующий соломистость хлебной массы,  $\delta_c \in (0,56...0,724)$ ;  $a_2, v_2, c_2$  – коэффициенты пропорциональности, определяемые на основе опытных данных,  $a_2 = 32,718$ ;  $v_2 = 48,672$ ;  $c_2 = 15,687$ .

При этом потери зерна за комбайном ( $P_3$ , %) в зависимости от высоты стерни при прямом комбайнировании зерновых культур равны:

$$P_3 = a_1 h_{ct} - v_1, \quad (16)$$

где  $h_{ct}$  – высота стерни зерновых культур,  $h_{ct} \in (0,10...0,40)$  м;  $a_1, v_1$  – коэффициенты пропорциональности, определяемые на основе опытных данных,  $a_1 = 2,311$ ;  $v_1 = 0,039$ .

На основе уравнений (15) и (16) можно записать систему вида:

$$\begin{cases} P_3 = -a_2 \delta_c^2 + b_2 \delta_c - c_2; \\ P_3 = a_1 h_{ct} - b_1. \end{cases} \quad (17)$$

Совместное решение уравнений системы (17) даст решение вида  $h_{ct} = f(\delta_c)$ , то есть:

$$h_{ct} = \frac{-a_2 \delta_c^2 + b_2 \delta_c - c_2}{a_1}.$$

Выражение показывает, что высота стерни  $h_{ct}$  зерновых культур при их прямом комбайнировании в зависимости от солоmistости хлебной массы, которая определяется, прежде всего, высотой скашивания, изменяется по уравнению 2-го порядка.

### Выводы

В результате теоретических изысканий получены аналитические зависимости, которые раскрывают взаимосвязь между параметрами и режимами работы жатки и комбайна при уборке зерновых культур прямым комбайнированием с образованием высокостерневой кулисы в колесе. Установлена закономерность, описывающая образование стерни зерновых культур с максимально допустимой высотой. При этом раскрыта взаимосвязь между потерями зерна за комбайном и высотой стерни зерновых культур и солоmistостью хлебной массы.

Выявленные закономерности свидетельствуют о сложном характере протекания процесса уборки зерновых культур с образованием высокостерневой кулисы в колесе комбайна.

### Литература

- Ловчиков А.П., Ловчиков В.П., Поздеев Е.А. Биологизация земледелия в ресурсосберегающих технологиях возделывания зерновых культур // Международный научно-исследовательский журнал (International Research Journal):1143. 4.2. Екатеринбург. 2016. С. 44–46.
- Ловчиков А.П. Технико-технологические основы совершенствования зерноуборочных комбайнов с большим молотильным аппаратом. Ульяновск: Зебра, 2016. 111 с.
- Ловчиков А.П., Ловчиков В.П., Иксанов С.Ш., Корытко А.В., Косов П.А. К обоснованию сроков уборки зерновых культур и технической оснащенности уборочного процесса в технологии производства кормового зерна // Вестник КрасГАУ. 2012. № 9. С. 177–182.
- Ловчиков А.П., Ловчиков В.П., Иксанов Ш.С. Методический подход к разработке процесса прямого комбайнирования зерновых культур с двойным срезом стеблей // Известия ОГАУ. 2015. № 1. С. 117–119.
- Жалнин Э.В. Презентация лекций по теоретическим и прикладным проблемам механизации сельскохозяйственного производства. М.: Алматы, 2011. 216 с.
- Орманджи В.С. Уборка колосовых культур в сложных условиях. М.: Россельхозиздат, 1985. 145 с.
- Ловчиков А.П., Ловчиков В.П., Иксанов Ш.С. Теоретический аспект технологического процесса прямого комбайнирования зерновых культур с двойным срезом стеблей // Известия ОГАУ. 2015. № 3 (53). С. 92–95.
- Иксанов Ш.С. Повышение эффективности прямого комбайнирования зерновых культур на примере комбайна РСМ–01 «Вектор 410» в условиях Челябинской области: автореф. ... канд. техн. наук. Оренбург, 2016. 22 с.
- Иксанов Ш.С. Повышение эффективности прямого комбайнирования зерновых культур на примере комбайна РСМ–101 «Вектор-410» в условиях Челябинской области: дис. ... канд. техн. наук. Оренбург, 2016. 42 с.
- Stokman W. And Hers und Nieren untersch DLG Mitteilungen. 1986. Jd. 101. № 17. P. 955 – 956.
- Тарасенко А.П. Повышение производительности зерноуборочных машин. Воронеж: ВСХИ, 1977. 85 с.

### References

- Lovchikov A.P., Lovchikov V.P., Pozdeev E.A. Biologization of agriculture in resource-saving technologies of cultivation of grain crops. Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal (International Research Journal):1143. 4.2. Ekaterinburg. 2016, pp. 44–46 (in Russ.).
- Lovchikov A.P. Tekhniko-tekhnologicheskie osnovy sovershenstvovaniya zernouborochnykh kombaynov s bol'shim molotil'nym apparatom [Technical and technological basis for improving grain harvesters with a large threshing machine]. Ul'yanovsk: Zebra Publ., 2016. 111 p.
- Lovchikov A.P., Lovchikov V.P., Iksanov S.Sh., Korytko A.V., Kosov P.A. Justification of the timing of harvesting of grain crops and the technical equipment of the harvesting process in the technology of production of feed grain. Vestnik KrasGAU. 2012. No 9, pp. 177–182 (in Russ.).
- Lovchikov A.P., Lovchikov V.P., Iksanov Sh.S. Methodical approach to the development of the pro-

- cess of direct combining of cereals with a double cut of stems. *Izvestiya OGAU*. 2015. No 1, pp. 117–119 (in Russ.).
5. Zhalnin E.V. *Prezentatsiya lektsiy po teoreticheskim i prikladnym problemam mekhanizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva* [Presentation of lectures on theoretical and applied problems of mechanization of agricultural production]. Moscow: Almaty Publ., 2011. 216 p.
  6. Ormandzhi V.S. *Uborka kolosovykh kul'tur v slozhnykh usloviyakh* [Harvesting of crops under difficult conditions]. Moscow: Rossel'khozizdat Publ., 1985. 145 p.
  7. Lovchikov A.P., Lovchikov V.P., Iksanov Sh.S. The theoretical aspect of the technological process of direct combining of cereals with a double cut of stalks. *Izvestiya OGAU*. 2015. No 3 (53), pp. 92–95 (in Russ.).
  8. Iksanov Sh.S. *Povyshenie effektivnosti pryamogo kombaynirovaniya zernovykh kul'tur na primere kombayna RSM-01 «Vektor 410» v usloviyakh Chelyabinskoy oblasti: avtoref. ... kand. tekhn. nauk* [Increase in the efficiency of direct harvesting of cereals by the example of the RSM-01 «Vector 410» combine in the Chelyabinsk Region: abstract for dissertation on scientific degree of Candidate for Technical Sciences]. Orenburg, 2016. 22 p.
  9. Iksanov Sh.S. *Povyshenie effektivnosti pryamogo kombaynirovaniya zernovykh kul'tur na primere kombayna RSM-101 «Vektor-410» v usloviyakh Chelyabinskoy oblasti: dis. ... kand. tekhn. Nauk* [Increase in the efficiency of direct harvesting of cereals by the example of the RSM-101 “Vector-410” combine in the Chelyabinsk region: abstract for dissertation on scientific degree of Candidate for Technical Sciences]. Orenburg, 2016. 42 p.
  10. Stokman W. *And Hers und Nieren untersich DLG Mitteilungen*. 1986. Jd. 101. № 17. P. 955 – 956.
  11. Tarasenko A.P. *Povyshenie proizvoditel'nosti zernouborochnykh mashin* [Increasing the productivity of grain harvesters]. Voronezh: VSKhI Publ., 1977. 85 p.