

УДК 631.354.2.076

UDC 631.354.2.076

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ МЕТОДИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ КОНСТРУКТИВНОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ**TO THE QUESTION OF CREATING A METHODOLOGICAL BASIS FOR DESIGN IMPROVEMENT OF GRAIN HARVESTERS**

Самурганов Евгений Ерманекосович
доцент, к.т.н.
samurganov@mail.ru

Samurganov Evgeny Ermanekosovich
Associate Professor, Candidate of Technical Sciences
samurganov@mail.ru

Жигайлов Федор Юрьевич
студент
3fedor_zhigaylov_sr_3@mail.ru
ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ им. И.Т.Трубилина»,
Краснодар, Россия

Zhigailov Fyodor Yurievich
student
3fedor_zhigaylov_sr_3@mail.ru
FGBOU VO "Kuban State Agrarian University named
after IT Trubilin", Krasnodar, Russia

Конструктивное совершенствование зерноуборочных комбайнов идет по двум принципиально различным направлениям. Первое – повышение производительности, второе – борьба с потерями. Уровень потерь по агротехническим требованиям не должен превышать 1,5 %. Однако на практике по ряду причин это требование не всегда соблюдается. Данная работа посвящена созданию методической основы второго направления конструктивного совершенствования зернокомбайнов, а именно: максимальной герметизации комбайнов и проведению на этой основе контрольных обмолотов

The constructive improvement of grain harvesters goes in two fundamentally different directions. The first is to increase productivity, the second is to combat losses. The level of losses according to agrotechnical requirements should not exceed 1.5%. However, in practice, for a number of reasons, this requirement is not always met. This work is devoted to the creation of a methodological basis for the second direction of constructive improvement of grain combines, namely: maximum sealing of combines and carrying out control threshing on this basis

Ключевые слова: ВАЛОК, ПОЛЯ, УРОЖАЙ, УБОРКА, КОМБАЙН

Keywords: SWATH, FIELDS, HARVEST, CLEANING, HARVESTER

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-178-020>

Рассмотрим произвольное непрямоугольное поле (рис. 1). Система координат ХОУ прямоугольная и выбирается следующим образом: ось координат параллельна направлениям валков, начало координат выбирается так, чтобы прямоугольник, изображающий поле, находился в правой полуплоскости и чтобы начало координат принадлежало границе многоугольника (рис. 1).

Пусть поле состоит из N валков, расстояние между валками l , считаем, что функции $f(x)$ и $g(x)$ заданы на интервале $[0, Nl]$. Допустим, что $f(x), g(x) \in [0, Nl]$, если $\exists \tilde{x} \in (0, Nl); f(\tilde{x}) = 0$ и $\forall x > \tilde{x} f(x)$ не

определена, для этих же x $g(x)$ определена, то полагаем, что $\forall x \in [\tilde{x}, Nl]; f(x) = 0$. Это замечание автоматически снимается, если

$$\begin{aligned} &\exists a, b \quad a \geq 0, \quad b \geq 0: \\ &f(Nl) = a, \quad g(Nl) = b. \end{aligned}$$

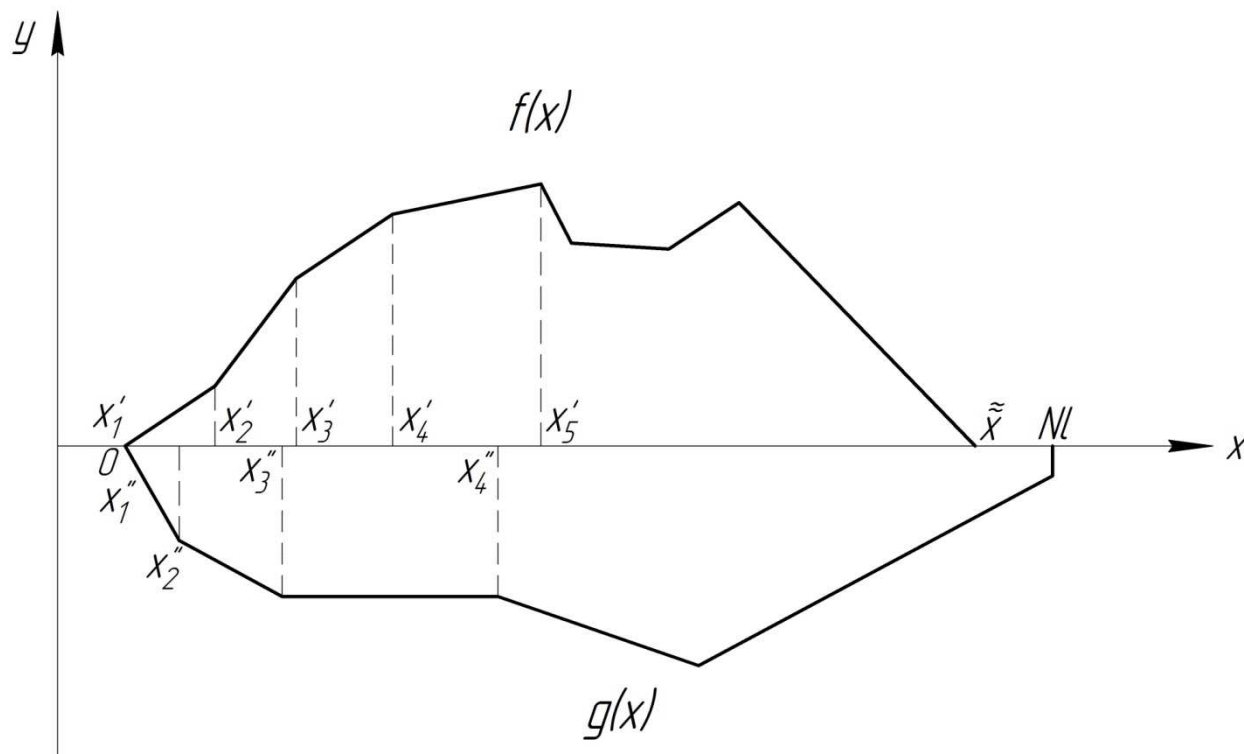


Рисунок 1 – Схема непрямоугольного поля

Пусть 1 – й валок имеет абсциссу 0, k – тый валок абсциссу и длину $S_k = f[(k - 1)l] + g(k - 1)l$. Тогда время прохождения этого валка агрегатом со средней скоростью V_{cp} есть

$$T_k = \frac{f((k - 1)l) + g(k - 1)l}{V_{cp}} \tag{1}$$

Урожай с k – ого валка вычисляется по формуле

$$Q_k = \int_0^{T_k} g(t)dt - m_{ck} \tag{2}$$

где $g(t)$ – распределение хлебной массы;

m_{ck} - масса соломы в k – ом валке, причем меняется при изменении k .

Обмолотив L валков, мы получим урожай:

$$Q_L = \sum_{k=1}^L Q'_k \quad (3)$$

При уборке всего поля должен быть собран урожай:

$$Q_N = \sum_{k=1}^N Q_k \quad (4)$$

По условиям считаем, что урожай прямо пропорционален площади, с которой он собран, т.е.

$$\exists \alpha; Q_L = \alpha \int_0^{Ll} (f(x) - g(x)) dx ;$$

$$Q_N = \alpha \int_0^{Nl} (f(x) - g(x)) dx, \text{ т.к. } g(x) \leq 0 \quad \forall x \in [0, Nl] .$$

Тогда коэффициент ν , показывающий, какую часть от всего урожая мы собрали, обмолив L валков, равен

$$\nu = \frac{Q_L}{Q_N} = \frac{\int_0^{Ll} (f(x) - g(x)) dx}{\int_0^{Nl} (f(x) - g(x)) dx} = \frac{\int_0^{Ll} (f(x) - g(x)) dx}{S} \quad (5)$$

где $S = \int_0^{Nl} (f(x) - g(x)) dx$ – площадь поля.

Очевидно, $\int_0^{Ll} (f(x) - g(x)) dx$ имеет значение площади, убранной для определения контрольной урожайности.

Пусть Q'_k и M_l имеют вышеозначенный смысл. Используя оценку

$$\sum_{k=1}^L Q'_k \leq M_l \int_0^{Ll} (f(x) - g(x)) dx$$

Оценим разность

$$\sum_{k=1}^L Q'_k - \nu \sum_{k=1}^N Q_k \leq \pm \varepsilon \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^L Q'_k - \nu \sum_{k=1}^L Q'_k - \nu \sum_{k=L+1}^N Q'_k \leq \pm \varepsilon \quad (7)$$

Так как $L \ll N$,

$$vM_1 \int_0^{Ll} \frac{[f(x) - g(x)]}{F(x)} dx \geq \varepsilon \tag{8}$$

$$M_1 \frac{\int_0^{Ll} F(x) dx}{S} \cdot \int_0^{Ll} F(x) dx \geq \varepsilon \tag{9}$$

$\int_0^{Ll} F(x) dx = F(\zeta)Ll$ – по теореме о среднем $\exists \zeta (\zeta \in [0, Ll])$, так как $\int_a^b f(x) dx = f(\zeta)(b - a)$ имеем

$$\frac{M_1}{F} F^2(\zeta)(L^2 - l^2) \geq \varepsilon \tag{10}$$

В формуле (10) остается неизвестной разность $f(\zeta) - g(\zeta)$ и к тому же $\zeta = \zeta(L)$.

По предположению

$$\left. \begin{aligned} f(x) &= \sum_{i=1}^m (a_i x + b_i) \\ g(x) &= \sum_{j=1}^n (c_j x + d_j) \end{aligned} \right\} \tag{11}$$

где $a_i, b_i (i = \overline{1, m}), c_j, d_j (j = \overline{1, n})$ подчиняются условиям

$$\begin{cases} a_i x'_{i+1} + b_i = a_{i+1} x'_{i+1} + b_{i+1}, & i = \overline{1, m-1} \\ c_j x''_{j+1} + d_j = c_{j+1} x''_{j+1} + d_{j+1}, & j = \overline{1, n-1} \end{cases} \tag{12}$$

Здесь $x'_i, i = 1, \overline{m-1}$ – проекции точек «излома» кривой $y = f(x)$ на ось абсцисс.

Очевидно, из этой системы $(n+m-2)$ уравнений нельзя найти численные значения $m+n$ переменных, удовлетворяющих нашей конкретной задаче.

Тогда

$$f(x) - g(x) = \sum_{i=1}^m (a_i x + b_i) - \sum_{j=1}^n (c_j x + d_j)$$

$$f(\zeta) - g(\zeta) = \frac{1}{Ll} \left[\sum_{i=1}^m \int_0^{Ll} (a_i x + b_i) dx - \sum_{j=1}^n \int_0^{Ll} (c_j x + d_j) dx \right] \quad (13)$$

Соотношение (13) запишется в уравнение (14)

$$\begin{aligned} f(\zeta) - g(\zeta) &= \frac{1}{Ll} \left[\sum_{i=1}^m \left(\frac{a_i}{2} x_i^2 \Big|_0^{Ll} + Ll b_i \right) - \sum_{j=1}^n \left(\frac{c_j}{2} x_j^2 \Big|_0^{Ll} + Ll d_j \right) \right] \\ &= \frac{1}{Ll} \left(\sum_{i=1}^m \left(\frac{L^2 l^2 a_i}{2} + Ll b_i \right) - \sum_{j=1}^n \left(\frac{L^2 l^2 c_j}{2} + Ll d_j \right) \right) \\ &= \frac{Ll}{2} \left(\sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n c_j \right) \\ &+ \frac{Ll}{2} \left(\sum_{i=1}^m b_i - \sum_{j=1}^n d_j \right) \end{aligned} \quad (14)$$

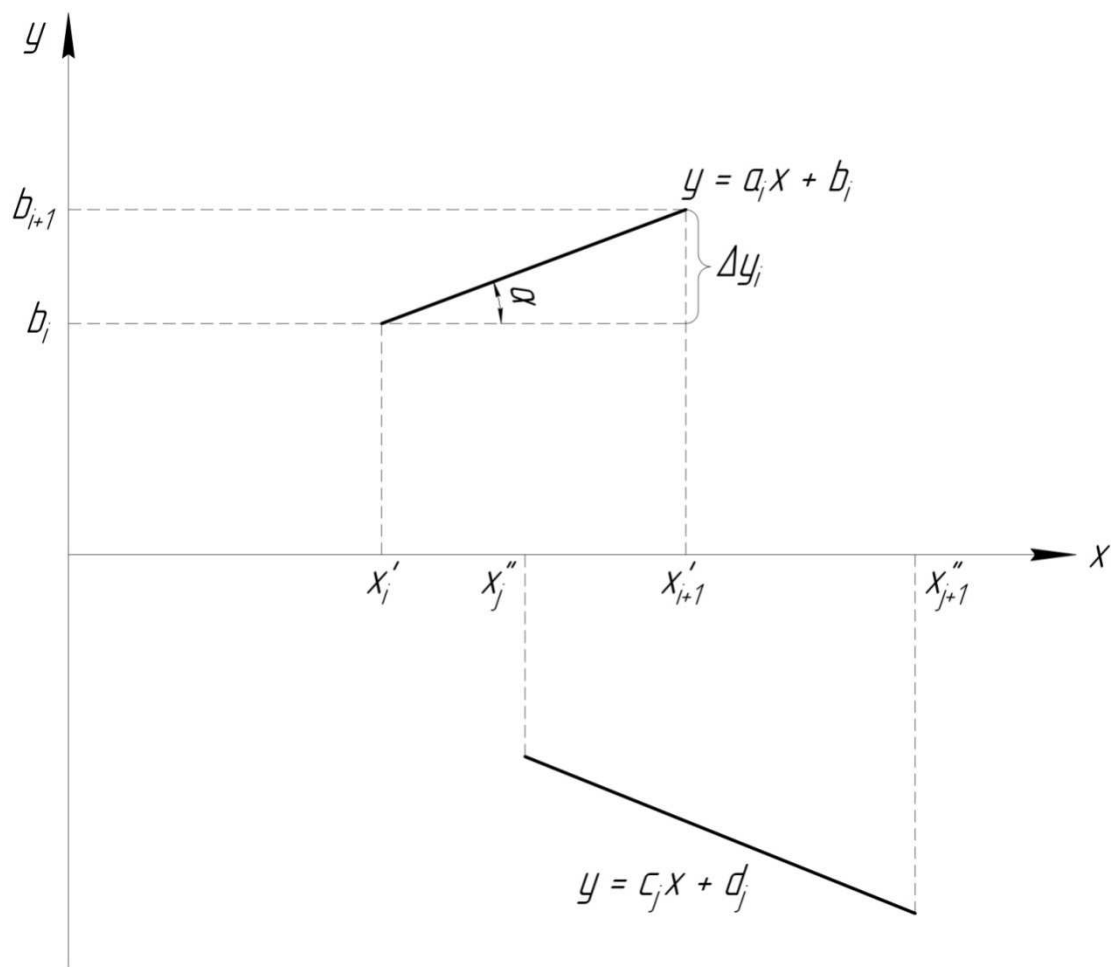


Рисунок 2 – Условия нахождения коэффициентов

Из рис. 2 видно, что

$$a_i = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y_i}{x'_{i+1} - x'_i} = \frac{b_{i+1} - b_i}{x'_{i+1} - x'_i}, \quad i = \overline{1, m} \quad (15)$$

Аналогично для $y = c_j x + d_j$ получим

$$c_j = \frac{d_{j+1} - d_j}{x''_{j+1} - x''_j}, \quad j = \overline{1, n} \quad (16)$$

Соотношения (15), (16), будучи подставлены в выражение (14), позволяют вычислить разность $f(\zeta) - g(\zeta)$ как функцию от L .

Соотношения (15), (16) удобны для практического использования, так как при этом достаточно знать координаты точек «излома» $y = f(x)$ и $y = g(x)$ и длины сегментов, на которых составляющие их отрезки прямых линий заданы.

Соотношение (14) перепишем в виде $f(\zeta) - g(\zeta) = AL + B$, где

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{l}{2} \left(\sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n c_j \right); \\ B &= \sum_{i=1}^m b_i - \sum_{j=1}^n d_j. \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Подставляя $F(\zeta) = AL + B$ в выражение (10), имеем

$$\frac{M_1}{F} (AL + B)^2 L^2 l^2 \geq \varepsilon \quad (18)$$

Иначе

$$L^4 + \frac{2B}{A} L^3 + \left(\frac{B}{A}\right)^2 L^2 - \frac{\varepsilon F}{M_1 l^2 A^2} = 0 \quad (19)$$

Обозначим

$$\left. \begin{aligned} \bar{A} &= \frac{2B}{A} \\ \bar{B} &= \left(\frac{B}{A}\right)^2 \\ \bar{C} &= -\frac{\varepsilon F}{M_1 l^2 A^2} \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

Тогда выражение (19) запишется в виде

$$L^4 + \bar{A}L^3 + \bar{B}L^2 + \bar{C} = 0 \quad (21)$$

Уравнение (21) решается методами Феррари или Декарта – Эйлера.

В результате расчетов (21) необходимо проверить исходное равенство. При решении задачи для конкретного поля следует установить, к какому типу относится данная задача (прямоугольное поле или нет). Все вычисления легко произвести на клавишах ЭВМ. Кроме того, данная методика реализована на алгоритмическом языке Фортран – 1У для ЭВМ ЕС – 1020. Для решения уравнения четвертой степени на ЭВМ нами реализован метод Феррари как более удобный для программирования.

Выводы: Для точного определения контрольной урожайности необходимо применить комбайн с наиболее полной герметизацией.

Оптимальное число валков зависит от урожайности, точности и от геометрических размеров поля. Алгоритм, реализованный на ЕС – 1020, позволяет решать данную задачу для больших массивов данных.

Список литературы

1. Матущенко, А. Е. Модернизация зерноуборочного комбайна для уборки семян амаранта / А. Е. Матущенко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сборник статей по материалам 71-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2015 год, Краснодар, 12 апреля 2016 года / Министерство сельского хозяйства РФ; ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 219-221.

2. Патент на полезную модель № 156894 U1 Российская Федерация, МПК A01D 45/30. Зерноуборочный комбайн для уборки амаранта : № 2015127555/13 : заявл. 08.07.2015 : опубл. 20.11.2015 / В. В. Куцеев, П. П. Космынин, А. Е. Матущенко ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный аграрный университет".

3. Патент на полезную модель № 155627 U1 Российская Федерация, МПК A01F 11/04. Молотильное устройство для бобов люцерны : № 2015117504/13 : заявл. 07.05.2015 : опубл. 10.10.2015 / В. В. Куцеев, В. В. Драгуленко, А. С. Голицын ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный аграрный университет".

4. Драгуленко, В. В. Домолачивающее устройство для люцерны / В. В. Драгуленко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса, Краснодар, 26–28 ноября 2012 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2012. – С. 340-341.

5. Драгуленко, В. В. Интенсификация обмолота бобов люцерны / В. В. Драгуленко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых, Краснодар, 24–26 ноября 2015 года / Ответственный за выпуск: А.Г. Кошаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 335-336.

6. Патент на полезную модель № 125814 U1 Российская Федерация, МПК A01F 11/04. Молотильное устройство для бобов люцерны : № 2012132926/13 : заявл. 01.08.2012 : опубл. 20.03.2013 / В. В. Куцеев, В. В. Драгуленко ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный аграрный университет".

7. Патент на полезную модель № 125019 U1 Российская Федерация, МПК A01F 11/04. Домолачивающее устройство зерноуборочного комбайна : № 2012132207/13 : заявл. 26.07.2012 : опубл. 27.02.2013 / В. В. Куцеев, В. В. Драгуленко ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный аграрный университет".

8. Патент на полезную модель № 128448 U1 Российская Федерация, МПК A01F 11/04. Молотильное устройство для бобов люцерны : № 2012122411/13 : заявл. 30.05.2012 : опубл. 27.05.2013 / В. В. Куцеев, В. В. Драгуленко ; заявитель Федеральное

государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный аграрный университет".

9. Патент на полезную модель № 128448 U1 Российская Федерация, МПК A01F 11/04. Молотильное устройство для бобов люцерны : № 2012122411/13 : заявл. 30.05.2012 : опубл. 27.05.2013 / В. В. Куцеев, В. В. Драгуленко ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный аграрный университет".

10. Драгуленко, В. В. Новые разработки в Отечественной уборочной технике / В. В. Драгуленко, Ю. Д. Киданова // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса горных и предгорных территорий : Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию Горского ГАУ, Владикавказ, 29–30 ноября 2018 года. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2018. – С. 288-289.

11. Патент на полезную модель № 189831 U1 Российская Федерация, МПК A01F 11/04. Молотильное устройство для бобов люцерны : № 2019105900 : заявл. 01.03.2019 : опубл. 05.06.2019 / В. В. Куцеев, Д. А. Артюхин, А. С. Голицын, В. В. Драгуленко ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина".

References

1. Matushhenko, A. E. Modernizaciya zernouborochnogo kombajna dlya uborki semyan amaranta / A. E. Matushhenko // Nauchnoe obespechenie agropromy`shlennogo kompleksa : sbornik statej po materialam 71-j nauchno-prakticheskoj konferencii studentov po itogam NIR za 2015 god, Krasnodar, 12 aprelya 2016 goda / Ministerstvo sel'skogo khozyajstva RF; FGBOU VO «Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet imeni I.T. Trubilina». – Krasnodar: Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet, 2016. – S. 219-221.

2. Patent na poleznuyu model` № 156894 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01D 45/30. Zernouborochny`j kombajn dlya uborki amaranta : № 2015127555/13 : zayavl. 08.07.2015 : opubl. 20.11.2015 / V. V. Kuceev, P. P. Kosmy`nin, A. E. Matushhenko ; zayavitel` Federal`noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel`noe uchrezhdenie vy`sshego professional`nogo obrazovaniya "Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet".

3. Patent na poleznuyu model` № 155627 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01F 11/04. Molotil`noe ustrojstvo dlya bobov lyucerny` : № 2015117504/13 : zayavl. 07.05.2015 : opubl. 10.10.2015 / V. V. Kuceev, V. V. Dragulenko, A. S. Golicyn ; zayavitel` Federal`noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel`noe uchrezhdenie vy`sshego professional`nogo obrazovaniya "Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet".

4. Dragulenko, V. V. Domolachivayushhee ustrojstvo dlya lyucerny` / V. V. Dragulenko // Nauchnoe obespechenie agropromy`shlennogo kompleksa, Krasnodar, 26–28 noyabrya 2012 goda. – Krasnodar: Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet, 2012. – S. 340-341.

5. Dragulenko, V. V. Intensifikaciya obmolota bobov lyucerny` / V. V. Dragulenko // Nauchnoe obespechenie agropromy`shlennogo kompleksa : Sbornik statej po materialam IX Vserossijskoj konferencii molody`x ucheny`x, Krasnodar, 24–26 noyabrya 2015 goda / Otvetstvenny`j za vy`pusk: A.G. Koshhaev. – Krasnodar: Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet, 2016. – S. 335-336.

6. Patent na poleznuyu model` № 125814 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01F 11/04. Molotil`noe ustrojstvo dlya bobov lyucerny` : № 2012132926/13 : zayavl. 01.08.2012 : opubl. 20.03.2013 / V. V. Kuceev, V. V. Dragulenko ; zayavitel` Federal`noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel`noe uchrezhdenie vy`sshego professional`nogo obrazovaniya "Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet".

7. Patent na poleznuyu model` № 125019 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01F 11/04. Domolachivayushhee ustrojstvo zernouborochnogo kombajna : № 2012132207/13 : zayavl. 26.07.2012 : opubl. 27.02.2013 / V. V. Kuceev, V. V. Dragulenko ; zayavitel` Federal`noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel`noe uchrezhdenie vy`sshego professional`nogo obrazovaniya "Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet".

8. Patent na poleznuyu model` № 128448 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01F 11/04. Molotil`noe ustrojstvo dlya bobov lyucerny` : № 2012122411/13 : zayavl. 30.05.2012 : opubl. 27.05.2013 / V. V. Kuceev, V. V. Dragulenko ; zayavitel` Federal`noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel`noe uchrezhdenie vy`sshego professional`nogo obrazovaniya "Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet".

9. Patent na poleznuyu model` № 128448 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01F 11/04. Molotil`noe ustrojstvo dlya bobov lyucerny` : № 2012122411/13 : zayavl. 30.05.2012 : opubl. 27.05.2013 / V. V. Kuceev, V. V. Dragulenko ; zayavitel` Federal`noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel`noe uchrezhdenie vy`sshego professional`nogo obrazovaniya "Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet".

10. Dragulenko, V. V. Novy`e razrabotki v Otechestvennoj uborochnoj texnike / V. V. Dragulenko, Yu. D. Kidanova // Nauchnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya agropromy`shlennogo kompleksa gorny`x i predgorny`x territorij : Materialy` Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashhyonnoj 100-letiyu Gorskogo GAU, Vladikavkaz, 29–30 noyabrya 2018 goda. – Vladikavkaz: Gorskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet, 2018. – S. 288-289.

11. Patent na poleznuyu model` № 189831 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01F 11/04. Molotil`noe ustrojstvo dlya bobov lyucerny` : № 2019105900 : zayavl. 01.03.2019 : opubl. 05.06.2019 / V. V. Kuceev, D. A. Artyuxin, A. S. Golicyn, V. V. Dragulenko ; zayavitel` Federal`noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel`noe uchrezhdenie vy`sshego obrazovaniya "Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet im. I.T. Trubilina".