

УДК 631.631.22

UDC 631.631.22

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА**

PERFECTION OF GRAIN COMBINE

Тарасенко Борис Фёдорович
к.т.н., доцент

Tarasenko Boris Fedorovich
Cand.Tech.Sci., associate professor

Цыбулевский Валерий Викторович
к.т.н., доцент
*ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный
аграрный университет», Краснодар, Россия*

Tsybyulevskiy Valeriy Viktorovich
Cand.Tech.Sci., associate professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Представлены: анализ зерноуборочных комбайнов, усовершенствованный комбайн, содержащий новый режущий аппарат в жатке и новый роторный молотильно-сепарирующий механизм с щадящим принципом обмолота, а также эксперименты по оптимизации молотильно-сепарационного аппарата

In the article, we present: the analysis of grain combines, a perfect grain combine with new cutter bar of header and new rotation separator with a gentle principle of threshing, the experiments for definition of the optimal parameters of the new separator

Ключевые слова: ЗЕРНОУБОРОЧНЫЕ КОМБАЙНЫ, РЕЖУЩИЙ АППАРАТ, РОТОРНЫЙ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩИЙ МЕХАНИЗМ, ЩАДЯЩИЙ ПРИНЦИП, ЭКСПЕРИМЕНТЫ, ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Keywords: GRAIN COMBINES, CUTTERBARROTATION SEPARATOR, GENTLE PRINCIPLE OF THRESHING, EXPERIMENTS, OPTIMAL PARAMETERS

В настоящий момент актуально ресурсосбережение, так как ни для кого не является секретом, что ресурсосберегающая стратегия для сельского хозяйства имеет жизненное значение как основа обеспечения конкурентоспособности аграрной отрасли экономики [1]. Актуальна также экологическая безопасность разрабатываемой технологии. В ней учтены давление на почву ходовых аппаратов машин, отсутствие потерь ГСМ и рабочих жидкостей, выброс вредных газов энергетическим модулем, уровень шума, запыленность и вредные выбросы от машин, вибрация на рабочем месте оператора.

Науке и практике известны зерноуборочные комбайны типа Дон, Енисей, Claas, Джон Дир и др. применяемые в России. Комбайны включают: [2] жатку с сегментным режущим аппаратом, характеризующимся возвратно поступательным движением, наклонный транспортер, молотильный барабан, установленный поперечно, и клавишные сепараторы соломы.

Недостатками данных устройств являются низкая эксплуатационная надежность из-за сложной кинематики привода и высокой вибрации, а также высокая энергоемкость процесса уборки (установленная мощность 300–500 л.с.).

В ходе проводимых исследований и, согласно патентным исследованиям, предлагается новая разработка комбайна, у которого усовершенствованы режущий аппарат жатки и молотильно-сепарационный аппарат.

Классическая жатка [2] зерноуборочного комбайна включает корпус, состоящий из каркаса с вертикальными боковинами и днищем, на котором расположен режущий аппарат, содержащий приводной механизм и устройство для срезания стеблей, выполненное в виде режущих и противорежущих элементов.

Недостатками известной жатки являются высокие вибрации, большие затраты энергии и высокая металлоемкость конструкции.

Известен также кукурузный комбайн [4]. Он включает: русла жатки с наклонно установленными пачаткоотделяющими вальцами и транспортирующими устройствами для початков, режущий аппарат и систему для транспортирования стеблей к измельчителю с силосопроводом, а также устройство для удаления верхней части стеблей, выполненное в виде срезающего аппарата, расположенного в корпусе, отличающегося тем, что срезающий верхнюю часть растений аппарат выполнен в виде шнека, помещенного в незамкнутый сверху корпус, имеющий в нижней части вырезы с противорежущими пластинами для хода стеблей, а шнек соединен корпусом с измельчителем стеблей, который устраняет вышеуказанные недостатки.

Однако, известное устройство не предназначено для уборки зерновых колосовых.

Известен также прямоточный зерноуборочный комбайн [4], включающий жатку, наклонную камеру и молотильно-сепарационный аппарат, содержащий цилиндрический кожух со спиральными направляющими ребрами на внутренней поверхности, нижняя часть которого снабжена подбарабаньем в молотильной зоне и установленным внутри кожуха ротором с прямолинейными, параллельными продольной оси ротора рифлеными бичами, снабженным крыльчаткой. Ротор выполнен в виде полого цилиндра, на поверхности которого в молотильной зоне закреплены спиральные рифленые бичи, соединенные с прямолинейными рифлеными бичами, закрепленные в сепарационной зоне, при этом прямолинейные рифленые бичи передней частью входят молотильную зону, а прямолинейные и спиральные рифленые бичи размещены на поверхности ротора на расстоянии 120° по дуге. Каждый из спиральных рифленых бичей охватывает поверхность ротора по дуге 120° , и передняя часть ротора выполнена в виде усеченного конуса, обращенного большим основанием к его выходному концу.

Недостатками этого комбайна являются ограниченные технологические возможности из-за забивания молотильного и сепарационного аппарата стебельчатой массой сельскохозяйственной культуры, сложность изготовления и эксплуатации.

Инновационная составляющая проекта, новизна заявленного предложения заключаются в том, что за счет особых конструктивных особенностей устройства срезание стеблей осуществляется в результате вращательного движения шнека и увеличения длины резания. За счет конструктивных особенностей барабанов обеспечивается высокое качество не только обмолота, но многократное отделение зерна от стебельчатой массы, от половы, от крупного и мелкого сора за счет увеличения частоты и снижения энергоемкости взаимодействия стебельчатой массы, колосков не только между собой, но и со стенками винтовых барабанов. Что

повышает интенсивность смешивания, повышает производительность и расширяет технологические возможности комбайна.

Новизна предложения заключается также в расширении эксплуатационных возможностей за счет использования трех коаксиально смонтированных барабанов и увеличения за счет этого площадей просеивания зерна при сохранении общих габаритов комбайна. Актуальным является совмещение молотильной зоны и сепарационных зон в одном молотильно-сепарационном аппарате.

Новизна предложения заключается также в том, что внутри наружного винтового барабана со сложной внутренней поверхностью в виде сочетания двух криволинейных поверхностей в каждой точке возникают разнонаправленные составляющие движения, что повышает интенсивность движения зерен и мелкого сора в зоне между средним барабаном и наружным винтовым барабаном, обеспечивает качественное и интенсивное отделение мелкого сора от зерна и вывод мелкого сора движущимся от воздуходувки потоком воздуха.

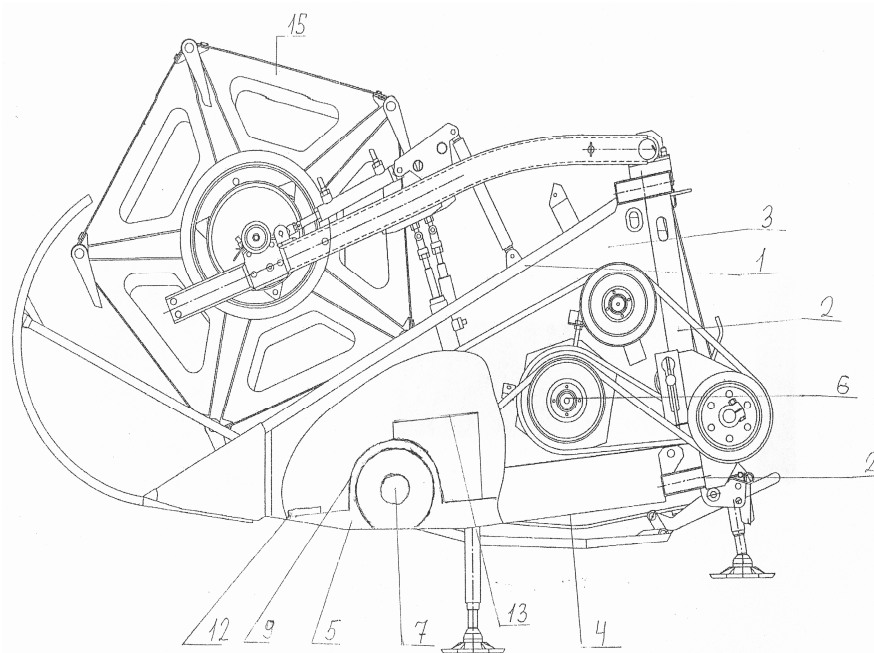
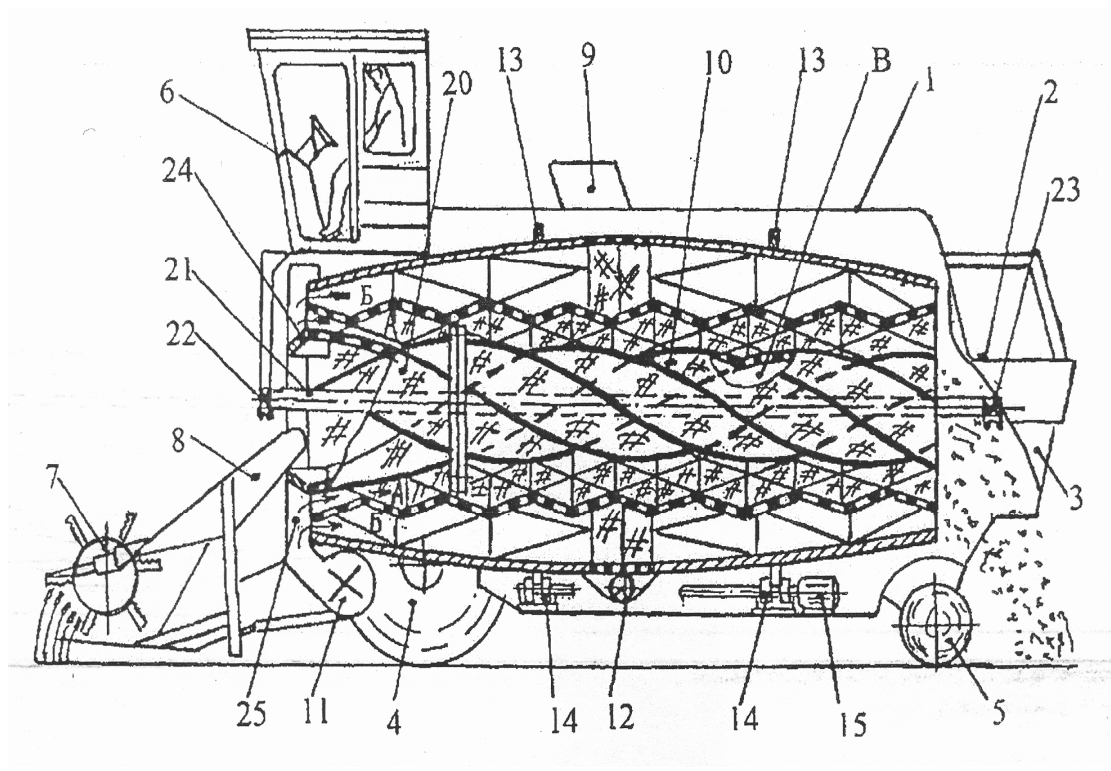
Цель предложения – это совмещение в одном молотильно-сепарационном аппарате разделение стебельчатой массы, колосков зерен, мелкого и крупного сора не только по размерам, но и по весу, в том числе разработка жатки зерноуборочного комбайна, включающей корпус из каркаса с вертикальными боковинами и днищем, на котором расположен режущий аппарат, содержащий приводной механизм и устройство для срезания стеблей, выполненное в виде режущих и противорежущих элементов. В качестве режущего элемента использован шнек, ребра которого имеют заточку, а в качестве противорежущего элемента – жестко установленный на днище корпуса и над всем шнеком кожух, выполненный в виде дугообразной плоскости, имеющий, с одной стороны прорези в виде сегментов, расположенных по винтовой линии. Одна из сторон прорези направлена встречно движению шнека и имеет заточку, при этом длина

прорези равна $\frac{3}{4}$ длины поперечного сечения кожуха, имеющего делители и ребра жесткости.

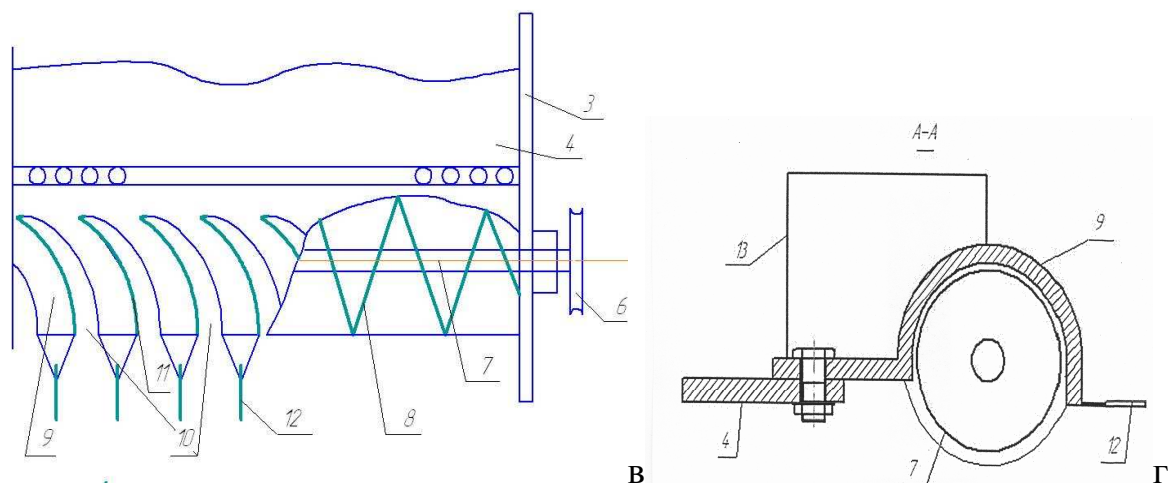
На рисунке 1 представлена схема нового устройства.

Устройство работает следующим образом. При уборке зерновых сельскохозяйственных культур комбайн, перемещаясь по полю посредством делителей 12, распределяет стебли с колосьями на части, и направляет в прорези 10 кожуха 9. Далее стебли с колосьями с помощью шнека 7, используемого в качестве режущего элемента, подводятся к противорежущим элементам 8, а именно – к одной из сторон прорези 10, и их срезают. Мотовило 15, вращаясь, сталкивает срезанную массу стеблей на днище 4 и далее – в комбайн 14 по известному принципу.

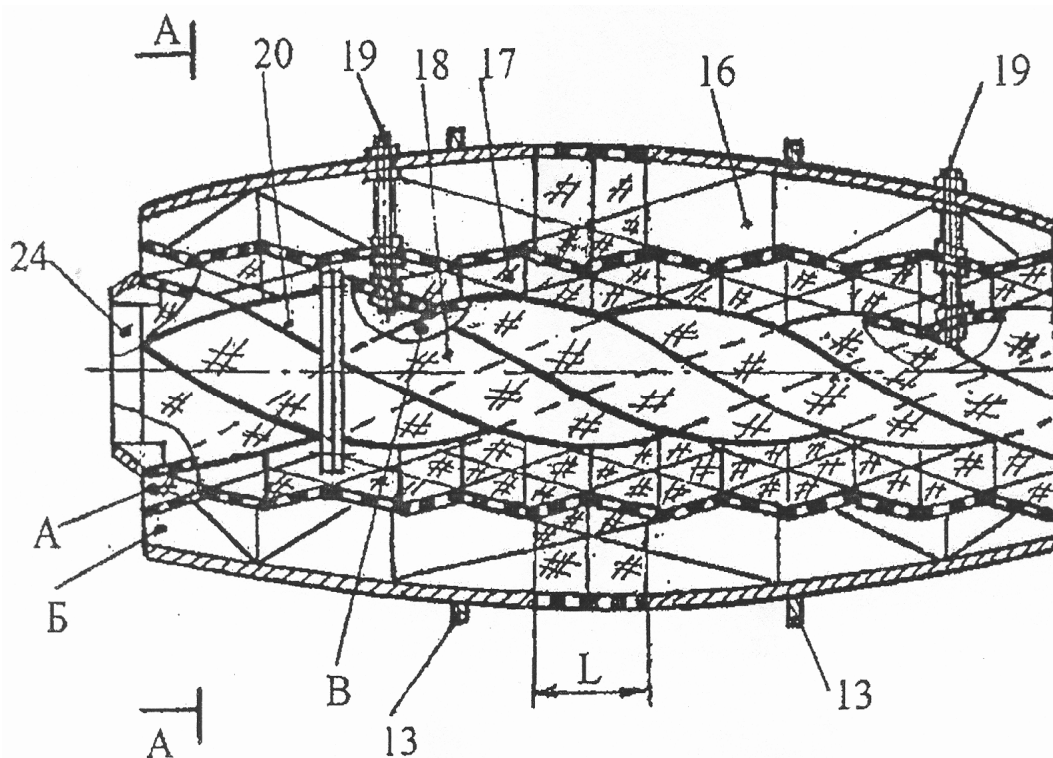
Прямоточный зерноуборочный комбайн работает следующим образом. Скошенная жаткой 7 зерносоломистая масса транспортером наклонной камеры 8 подается известными устройствами (на чертежах не показаны) внутрь вращающегося молотильно-сепарационного аппарата 10, а именно – через приемное винтовое приспособление 20, которое своими пятью винтовыми канавками и пятью вставками 102, образующими крыльчатку, передает стебельчатую массу во внутреннюю полость внутреннего винтового перфорированного барабана 18.



6



Г



Д

Рисунок 1. Схема усовершенствованного комбайна:
 а – схема комбайна; б – схема жатки с новым режущим аппаратом;
 в – схема режущего аппарата (вид сверху); г – схема режущего аппарата
 (сечение А-А); д – схема молотильно-сепарационного аппарата

При вращении винтового приемного устройства 20 и внутреннего винтового перфорированного барабана 18 стебельчатая масса совершает

сложное пространственное движение по винтовым траекториям и с помощью винтовых линий, винтовых поверхностей движется вдоль горизонтальной оси вращения внутреннего винтового барабана 18. Благодаря боковым стенкам двойкой кривизны барабана приемного приспособления 20 и внутреннего барабана 18, снабженного пятью винтовыми канавками, векторы скорости перемещений стебельчатой массы и колосков изменяются, что способствует не только интенсивности отделения зерна из колосков, но и расширению технологических возможностей. Солома и другие отходы удаляются за пределы молотильно-сепарационного аппарата 10 через выходное отверстие внутреннего винтового барабана 18 со стороны разгрузки. При этом зерно и колоски выводятся за пределы внутреннего винтового барабана 18 и попадают во внутреннюю полость среднего многосекционного перфорированного барабана 17. Интенсивность зерна и колосков повышается разнонаклонными ситами среднего барабана 17, которые интенсифицируют процесс смешивания зерна и колосков друг с другом и отделение из колосков зерна. Зерно и мелкие примеси отделяются от половы и выводятся во внутреннюю полость наружного бочкообразного барабана 16, где они за счет естественного уклона стенок бочкообразного барабана 16 перемещаются в центральную часть бочкообразного барабана 16, где расположены по длине «В» перфорированные отверстия, через которые чистое зерно поступает на шнек 12 и далее транспортером 9 подается в бункер (на чертежах не показан). Воздуходувка 11 подает поток воздуха внутрь торцевых отверстий со стороны загрузки в полость «Б» между средним барабаном 17 и наружным барабаном 16 и в полость «А» между внутренним барабаном 18 и средним барабаном 17 для отделения мякины и сора от зерна и удаления их за пределы винтового молотильно-сепарационного аппарата 10 посредством торцевых отверстий со стороны

выгрузки. Солома и другие отходы удаляются через торцевое отверстие со стороны выгрузки винтового перфорированного барабана 18.

Предлагаемое устройство исключает вибрацию от возвратно поступательных движений, в результате упрощается привод, снижается металлоемкость.

Технико-экономические преимущества заключаются также в расширении эксплуатационных возможностей за счет использования трех коаксиально смонтированных барабанов и увеличения за счет этого площадей просеивания зерна при сохранении общих габаритов комбайна.

Технико-экономические преимущества заключаются в совмещении молотильной и сепарационных зон в одном молотильно-сепарационном аппарате.

Технико-экономические преимущества возникают за счет образования в наружном винтовом барабане сложной внутренней поверхности в виде сочетания двух криволинейных поверхностей, в каждой точке которых возникают разнонаправленные составляющие движения, что повышает интенсивность движения зерен и мелкого сора в зоне между средним барабаном 17 и наружным бочкообразным барабаном 16. Это позволяет потоком воздуха от воздуходувки 11 повысить качество отделения от чистых зерен мелкого сора и увеличивает технологические возможности комбайна.

Технико-экономические преимущества заключаются в совмещении в одном молотильно-сепарационном аппарате разделения стебельчатой массы, колосков, зерен, мелкого и крупного сора не только по размерам, но и по весу.

Исследования по оптимизации. Для оптимизации параметров рабочего органа нами проведены полевые опыты для определения зависимости угла наклона от скорости перемещения сыпучих частиц в винтовом грохоте. Полевые опыты проводились с использованием методов

планирования экспериментов по симметричному композиционному плану типа V_k (звёздные точки равны ± 1) согласно разработанным нами программам для ЭВМ в системе Mathcad.

Уровни факторов (табл. 1) выбраны «стандартным образом», т.е. так, чтобы их оптимальные значения попадали в центр варьирования.

Таблица 1 – Факторы, интервалы и уровни варьирования

Переменные факторы	Кодированные обозначения X_i	Интервал варьирования Δ_i	Уровни факторов		
			+1	0	-1
Угол наклона винтового грохота α , град.	x_1	4	10	6	2
скорость перемещения сыпучих частиц V , мм/с	x_2	20	90	70	50

Примечание: x_1 – кодированные обозначения угла наклона α и оборотов винтового грохота, имеющих интервал варьирования от 10...6...2 град., а за середину интервала принят угол наклона $\alpha = -6$ град.; x_2 – кодированные обозначения скорости перемещения сыпучих частиц от $\omega_{\min} = 50$ об./мин до $\omega_{\max} = 90$ об./мин, а за середину интервала принято $\omega = 70$ об./мин.

Перевод действительных значений в кодированные значения осуществлён нами согласно формуле

$$x_i = \frac{X_i + X_{i0}}{\Delta_i}, \tag{1}$$

где X_i – значение действительного i -го фактора; X_{i0} – значение i -го фактора в середине интервала; Δ_i – интервал варьирования.

В таблице 2 представлена матрица планирования двухфакторного эксперимента по программе МНК типа V_k , который проведен рандомизировано во времени, то есть в случайной последовательности для исключения влияния систематических ошибок, вызванных внешними факторами (например, неточный контроль и т.д.).

В результате получены:

- уравнение регрессии в каноническом виде

$$Y(x)=103,439+59,815x_1+21,111x_2+10,972x_1x_2+9,788x_1^2+42,222x_2^2, \quad (2)$$

- уравнение для анализа факторов после канонического преобразования

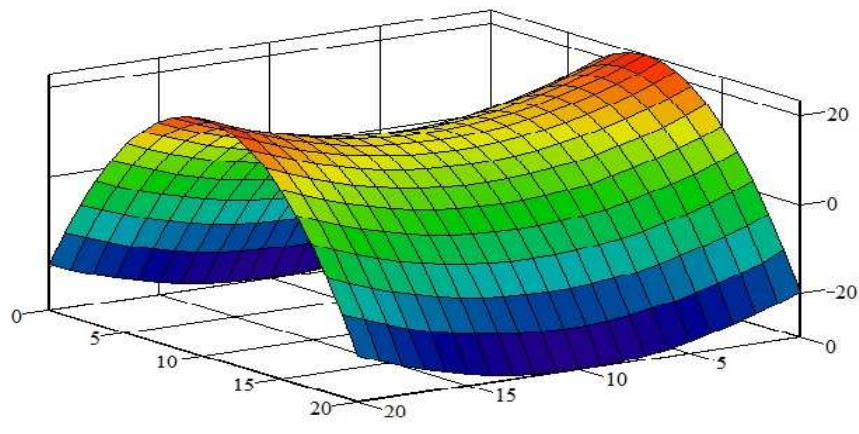
$$Y_s = 10,361x_1^2 + 42,795x_2^2, \quad (3)$$

где Y_s – оптимальная величина тягового сопротивления рабочего органа, Н.

Таблица 2 – Матрица планирования эксперимента по определению угла наклона и оборотов винтового грохота α , град, скорости перемещения сыпучих частиц V , мм/с

п/№	Натуральные значения факторов		Отклик, Н
	α , град	ω об./мин	V мм/с
1	2	3	4
1	2	50	24
1	4	50	39
2	6	50	59
3	8	50	80
4	10	50	112
5	2	70	26
6	4	70	45
7	6	70	73
8	8	70	104
9	10	70	142
10	2	90	6
11	4	90	14
12	6	90	38
13	8	90	44
14	10	90	60

На рисунке 2 показаны поверхности зависимости угла наклона от скорости перемещения сыпучих частиц в винтовом грохоте.



а

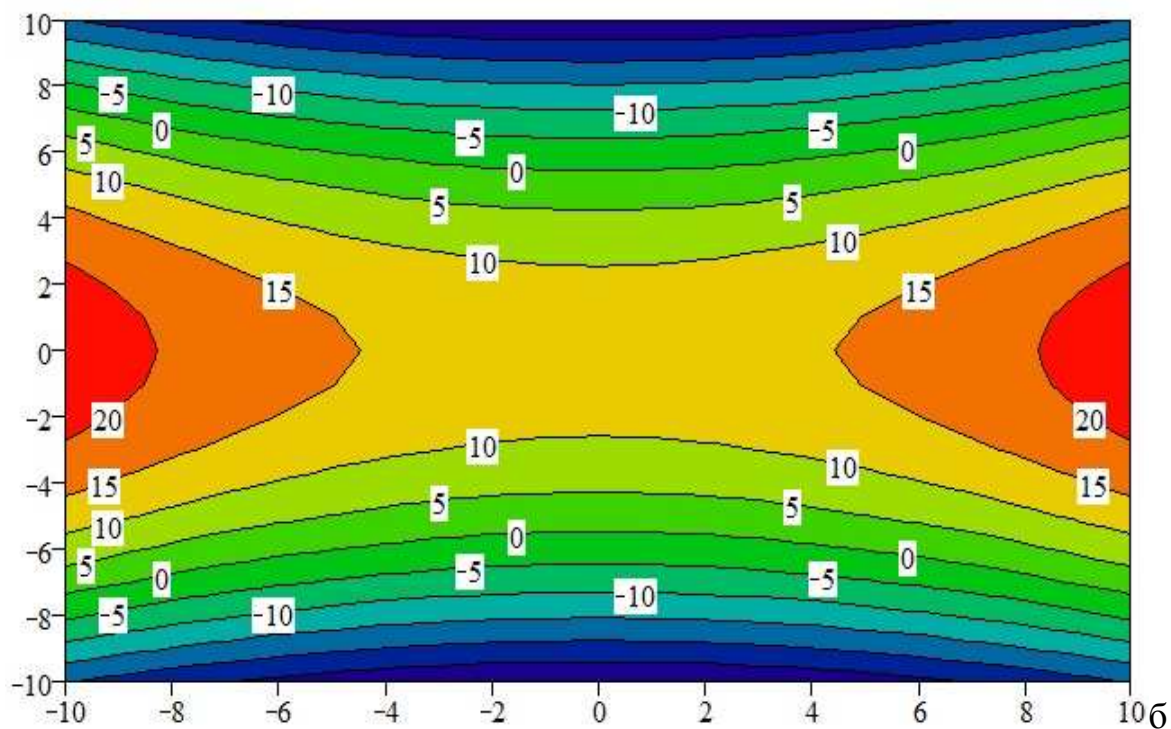


Рисунок 2. Поверхности зависимости угла наклона от скорости перемещения сыпучих частиц в винтовом грохоте: поверхность отклика (а) и двухмерное сечение (б)

Исследования по оптимизации показали, что $V_{оп} = 72,5$ об./мин, поэтому для конструирования принимаем $V_{оп} = 72-74$ об./мин; $\alpha_{оп} = 18^\circ$, $\alpha_{оп} = 16-20^\circ$.

Экономический эффект, в сравнении с комбайном Дон 1500 Б (рис. 3), следующий.



Рисунок 3. Комбайн Дон 1500 Б

1. Установленная мощность нового (усовершенствованного) комбайна снизится на 30 %.
2. Производительность увеличится в 1,32 раза.
3. Потери зерна от дробления снизятся на 80 %.
4. Металлоёмкость снизится на 20 %.
5. Условия работы комбайнера за счёт снижения высокочастотной вибрации, шума станут более комфортными.
6. Расход топлива уменьшится на 25–30 %.

Инновационная составляющая проекта заключается в новом техническом средстве для уборки зерновых колосовых, содержащем новый режущий аппарат в жатке и новый роторный молотильно-сепарирующий механизм с щадящим принципом обмолота.

Экономическая целесообразность (проектная эффективность) – упрощение конструкции и снижение капитальных затрат, а также снижение затрат энергии на 30–35 % и улучшение условий труда.

Способы привлечения инвестиций из негосударственной сферы для реализации проекта – это лицензионные договоры с

машиностроительными предприятиями и договоры с сельхозпроизводителями.

Маркетинг (положение на рынке). В настоящее время рынок достаточно насыщен средствами для уборки зерновых колосовых культур. Для увеличения доли предлагаемой продукции на рынке необходима реклама с показателями преимущества «Усовершенствованного зерноуборочного комбайна» при уборке.

Финансовый план на выполнение НИОКР и проектных работ, являющихся основным инвестиционным этапом, требует финансирования денежных средств в сумме 2,5 млн руб. Срок окупаемости составляет 0,1 года.

Выводы. Предлагаемый проект разработки «Усовершенствованного зерноуборочного комбайна» имеет высокую социальную значимость, так как

- металлоёмкость снизится на 20 %;
- установленная мощность нового (усовершенствованного) зерноуборочного комбайна снизится на 30 %;
- производительность увеличится в 1,32 раза;
- срок окупаемости составит 0,1 года;
- потери зерна от дробления снизятся на 80 %;
- расход топлива уменьшится на 25–30 %;
- условия работы комбайнера станут более комфортными.

Список литературы

1. Плешаков В.Н. Обоснование технического уровня и направлений развития сельскохозяйственной техники: Автореф. дисс. на соискание учёной степени доктора технических наук. – Краснодар: КубГАУ. 2001. 48 с.
2. Карпенко А.Н., Зеленов А.А., Халамский В.М. Сельскохозяйственные машины. – М.: Колос, 1976. – 512 с.
3. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы планирования эксперимента / Н. Джонсон, Ф. Лион; пер. с англ.; под ред. Э.К. Лецкого, Е.В. Марковой. – М.: Мир, 1981. – 371 с.
4. Патент РФ №2362293, МПК А01Д45/2, Бюл. №21. Кукурузоуборочный комбайн.