

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный
университет»**

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

***Повышение производительности зерноуборочного
комбайна «ACROS-595Plus***

Выполнил: Наумов Николай Александрович

Руководитель: профессор Тронеv Сергей Викторович

Рецензент: доцент Харлашин Александр Владимирович

Волгоград – 2019

Цель исследования – повышение производительности зерноуборочного комбайна «ACROS-595Plus» за счет изменения конструктивных параметров рабочих органов циркуляции колосового вороха.

Задачи исследования:

1. Дать анализ методов и способов повышения производительности зерноуборочного комбайна.

2. Теоретически обосновать конструктивные параметры рабочих органов циркуляции колосового вороха.

3. Экспериментально определить производительность по намолоту при работе зерноуборочного комбайна с различными характеристиками убираемых культур.

4. Выполнить экономическую оценку новых рабочих органов циркуляции колосового вороха при работе зерноуборочного комбайна с различными характеристиками убираемых культур.

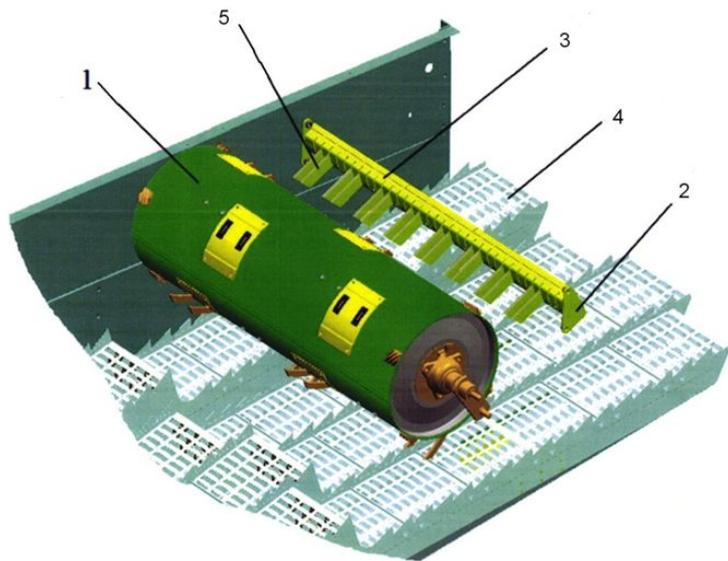


Рисунок – **Общий вид устройства для интенсификации сепарации зерна из грубого вороха по патенту РФ на п.м. № 151474**

1 – бiter; 2 – противорез; 3 – брус; 4 – соломотряс 5 - нож

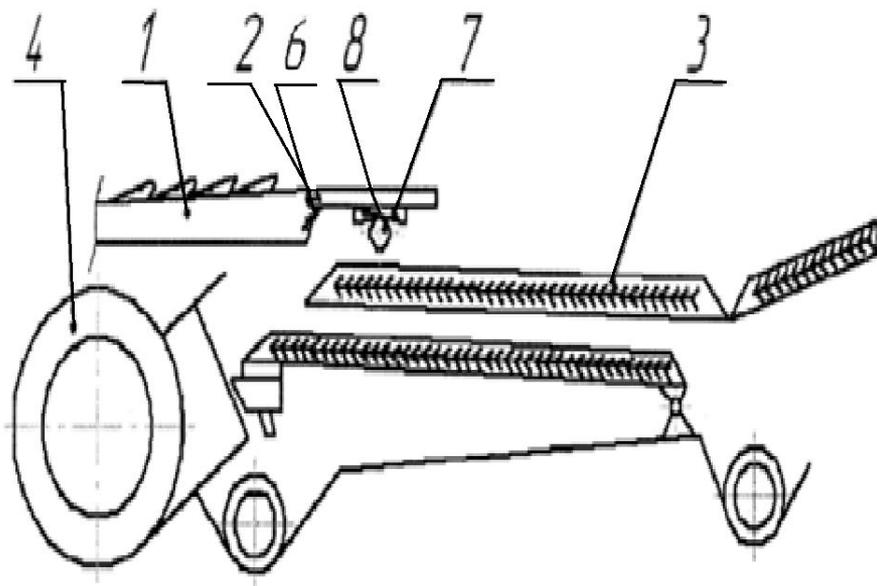
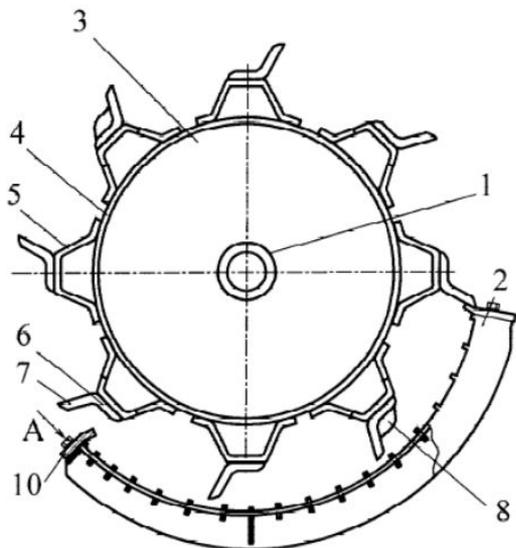
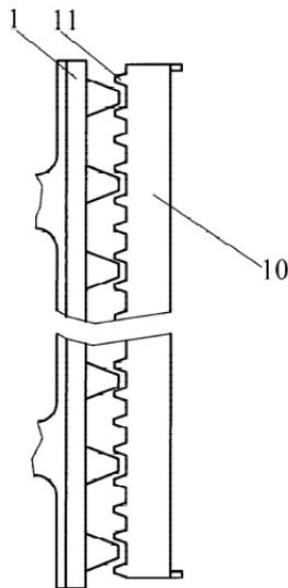


Рисунок – **Общий вид системы очистки зерноуборочного комбайна патента на изобретение РФ № Пат. 2478277**

1 - стрясная доска; 2 - пальцевая гребенка; 3 - решетный стан; 4 – вентилятор; 5 – палец; 6 – пружина; 7 – косынка; 8 – поперечина



а)



б)

Рисунок – Молотильное устройство по патенту на изобретение РФ № 2479194

а – вид молотильного устройства сбоку; б – схема прохождения следов зубьев барабана; 1 – вал барабана; 2 – решетчатая дека; 3 – корпус; 4 – диск; 5 – подбичник; 6 – рабочий элемент; 7 – зуб; 8 – планка; 10 – поперечная планка; 11 – трапециевидные выступы

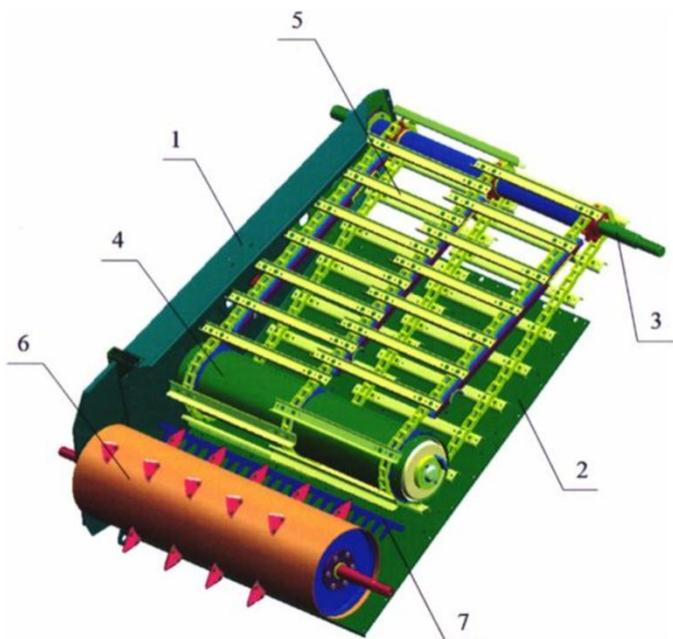
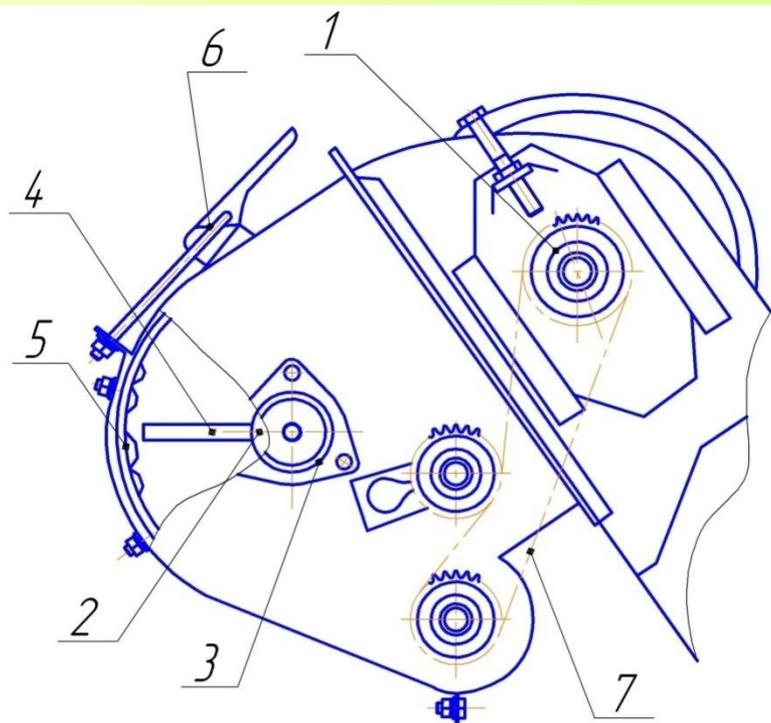
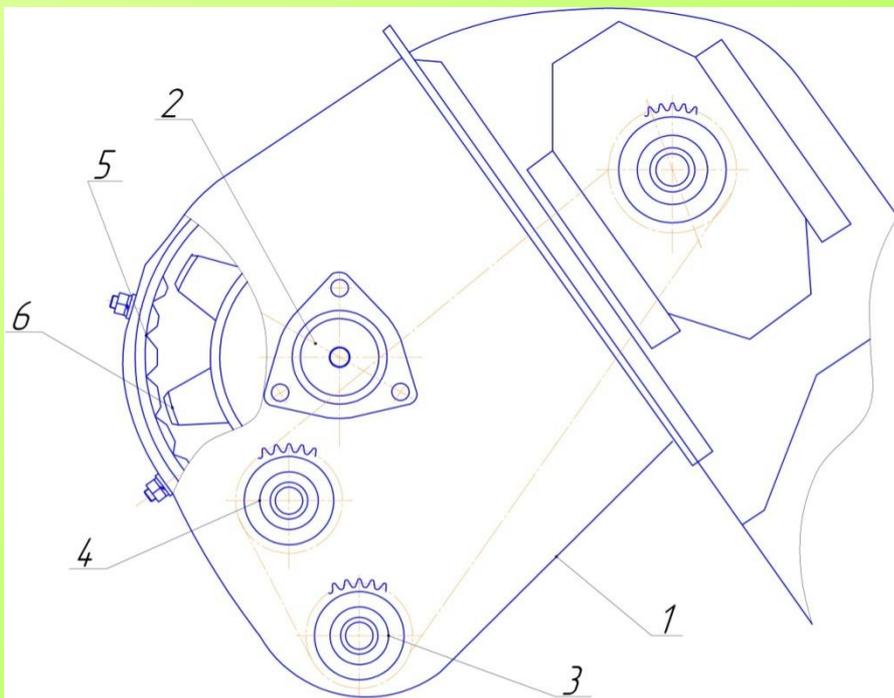


Рисунок – Общий вид наклонной камеры

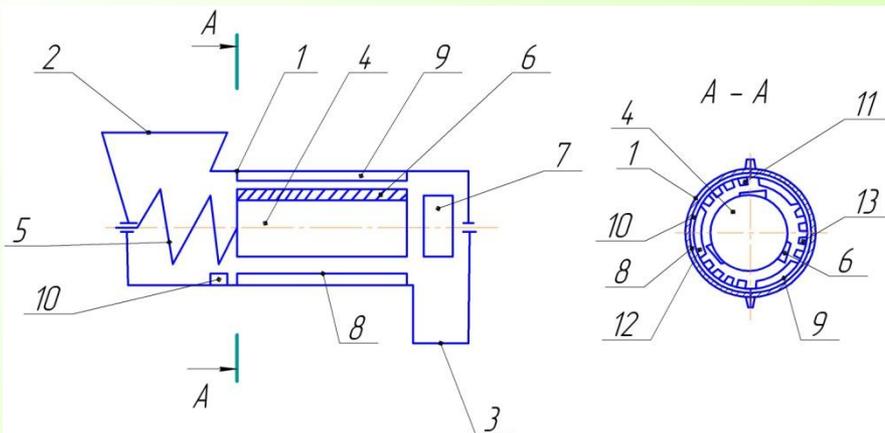
1 - корпус; 2 - днище; 3 - верхний ведущий вал; 4 - нижний вал транспортера; 5 - цепочно-планчатый транспортер; 6 - барабан; 7 - отсекатель; 8 - кожух; 9 - диски; 10 - фланцы; 11 - левая цапфа; 12 - правая цапфа; 13 - кронштейны; 14 - сегменты; 15 - заклепки; 16 - болтовое соединение



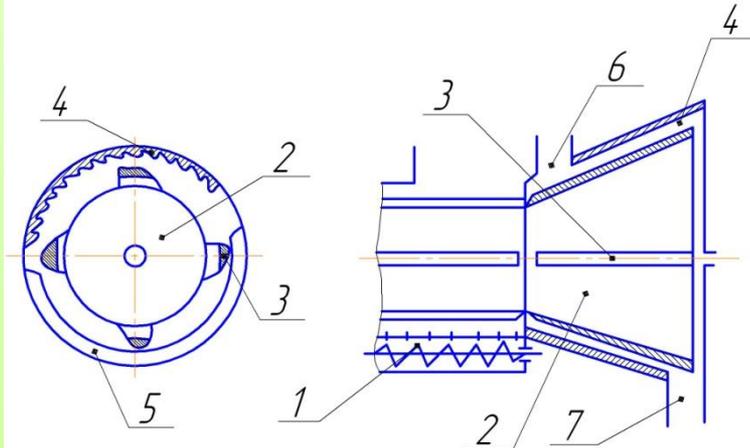
1 – звездочка; 2 – ротор; 3 – корпус; 4 – лопасть;
 5 – дека; 6 – замок; 7 – цепь
 Домолачивающее устройство зерноуборочного комбайна
 ACROS



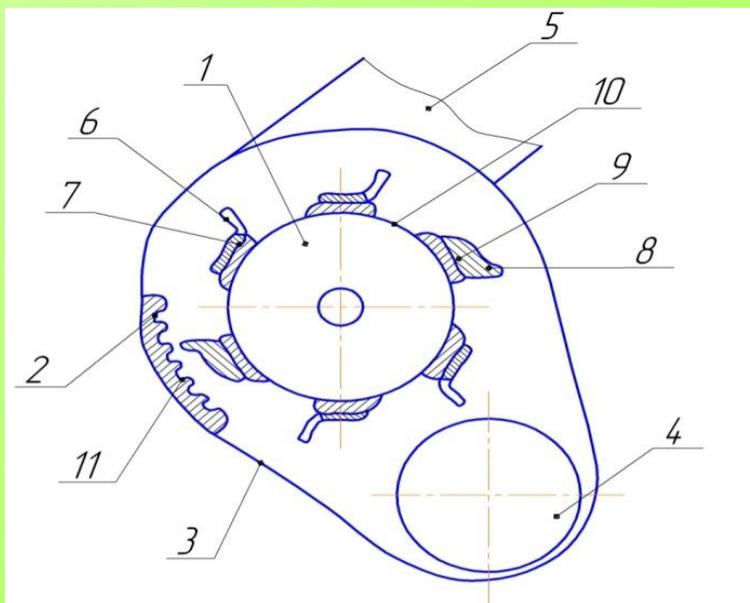
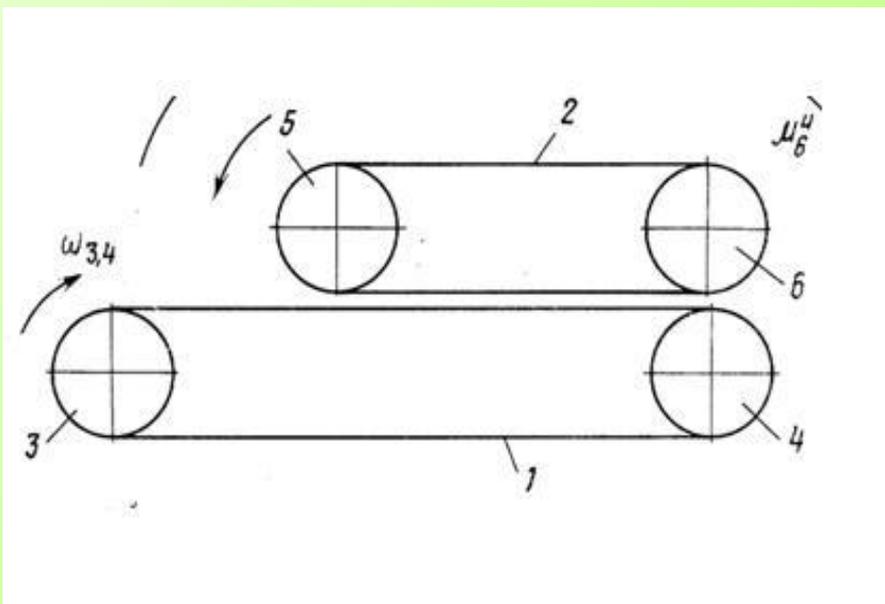
1 – крышка; 2 – подшипник; 3 – звездочка;
 4 – натяжной ролик; 5 – терка; 6 – диаметр барабана
 Домолачивающее устройство зерноуборочного
 комбайна Енисей



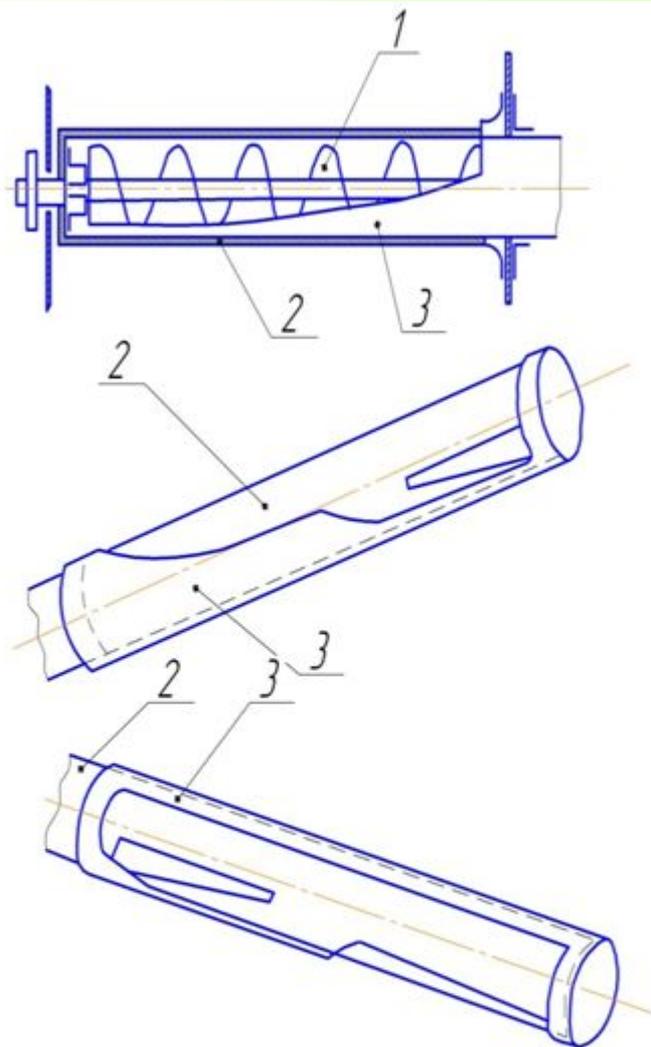
1 – корпус; 2 – приемная горловина; 3 – выгрузное окно;
 4 – ротор; 5 – заборная часть ротора; 6 – молотильная
 часть ротора; 7 – отбрасывающая часть ротора; 8 – дека;
 9 и 10 – вытирающая поверхность; 11 – рифы прямоугольного
 сечения; 12 – транспортирующие рифы; 13 – винтовые направляющие
 Домолачивающее устройство (Патент РФ №2459404)



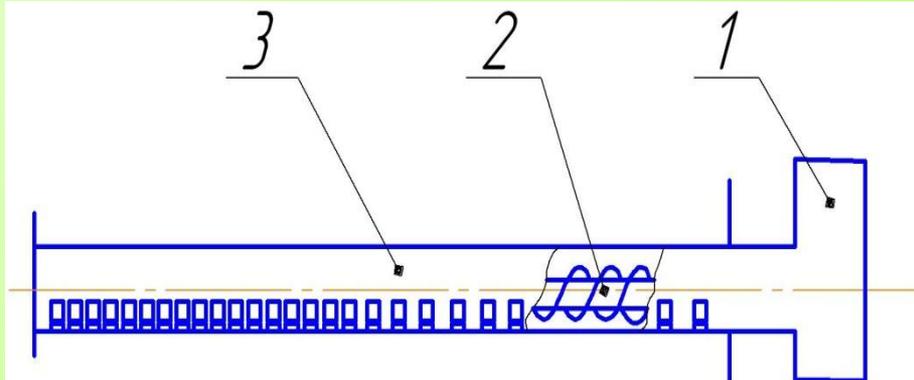
1 – дека; 2 – домолачивающее устройство; 3 – диаметр;
 4 – терочная поверхность; 5 – направляющие;
 6 – загрузочное окно; 7 – выгрузное окно
 Зерноуборочный комбайн (А.с. 1160971)



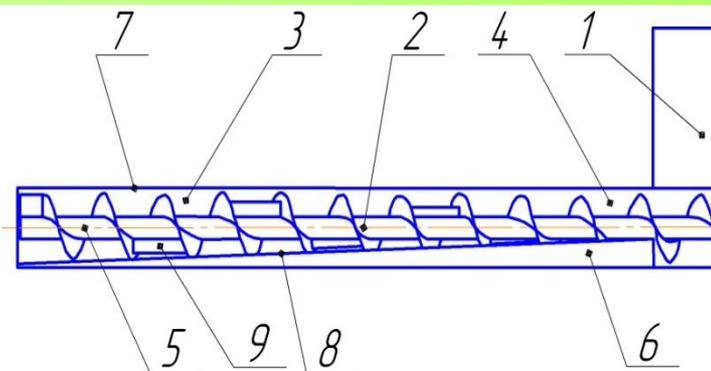
1 – домолачивающий барабан; 2 – дека; 3 – корпус;
 4 – выгрузное окно; 5 – загрузочное окно; 6 – зубья;
 7 – основание зуба; 8 – диаметр; 9 – риф диаметра;
 10 – остов барабана; 11 – рифы дека
 Домолачивающее устройство (Патент РФ №2072763)



1 – шнек; 2 – неподвижная внутренняя секция;
 3 – наружная поворотная секция
 Очистка зерноуборочного комбайна (А.с. 1466679)



1 – домолачивающее устройство; 2 – шнек;
 3 – перфорированный кожух
 Способ обработки колосового вороха и молотилка
 зерноуборочного комбайна (А.с. 1384268)



1 – домолачивающее устройство; 2 – шнек; 3 – шнековый
 распределительный транспортер; 4 – цилиндрическая
 горловина; 5 – вал шнека; 6 – кожух шнека; 7 –
 прямоугольная грань; 8 – нижняя грань; 9 – планка шнека
 Шнековый распределительный транспортер автономного
 домолачивающего устройства (Патент на п. м. РФ №116009)

Технологический процесс обмолота хлебной массы

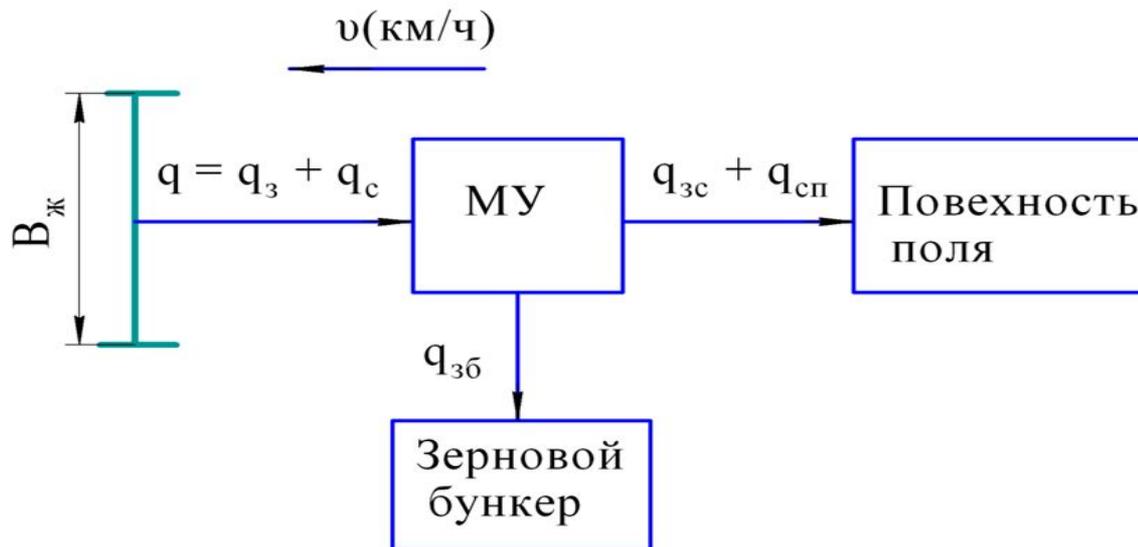


Рисунок – Блок-схема технологический процесс обмолота хлебной массы

$B_{ж}$ – ширина захвата жатки; q – интенсивность поступления хлебной массы на обмолот в молотильное устройство (МУ); $q_с$ и $q_з$ – соответственно интенсивность подачи в молотильное устройство соломы и зерна; $q_{зб}$ – интенсивность поступления чистого зерна в бункер; $q_{сп}$ и $q_{зс}$ – интенсивность поступления на поверхность поля соломы с половой и зерна (потери зерна)

Согласно закона сохранения хлебной массы, поступившей на обмолот в молотильное устройство с интенсивностью q , равна сумме выходов из МУ:

$$q = q_з + q_с = q_{зб} + q_{сп} + q_{зс}, \quad (1)$$

где $q_{зб}$ – интенсивность поступления чистого зерна в бункер, кг/с; $q_{сп}$ и $q_{зс}$ – интенсивность поступления на поверхность поля соломы с половой и зерна (потери зерна), кг/с.

Основной фоновой характеристикой убираемой культуры является соотношение:

$$\varphi = q_c/q_3. \quad (2)$$

Получим для анализа пропускной способности зерноуборочного комбайна выражения:

$$q_3 = q/(1+\varphi), \quad (3)$$

где φ - фоновая характеристика убираемой культуры (или соломистость).

Величина подачи хлебной массы определяется по выражению:

$$q = Y_3 \cdot B_{ж} \cdot u \cdot (1+\varphi)/360. \quad (4)$$

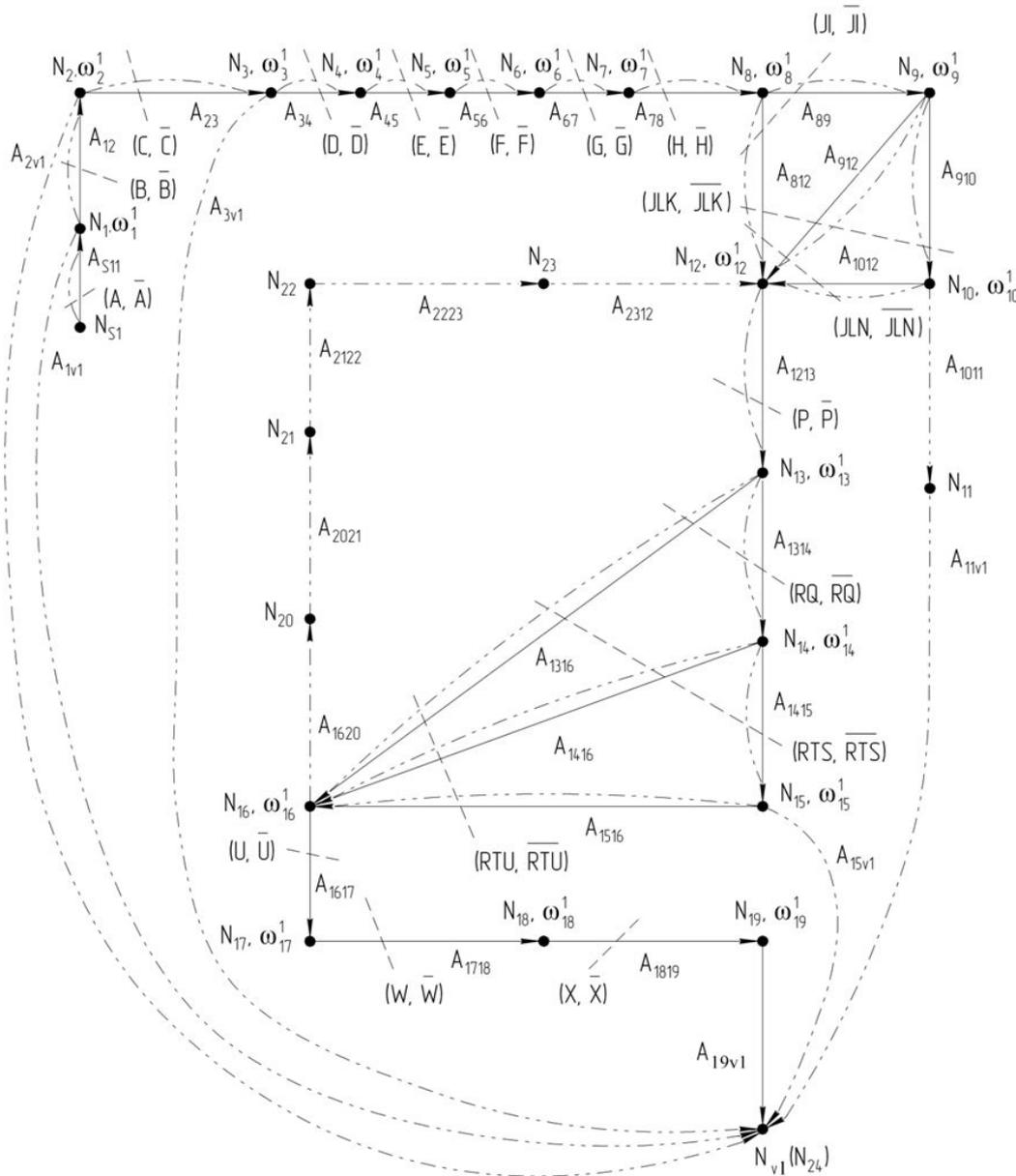
где Y_3 - урожайность, ц/га; $B_{ж}$ - ширина захвата жатки, м; u - рабочая скорость движения комбайна, км/ч.

По действующему ГОСТу комбайн имеет два вида производительностей: по намолоту WT_0 (т/ч) и по площади уборки WS_0 (га/ч), которые рассчитываются по выражениям:

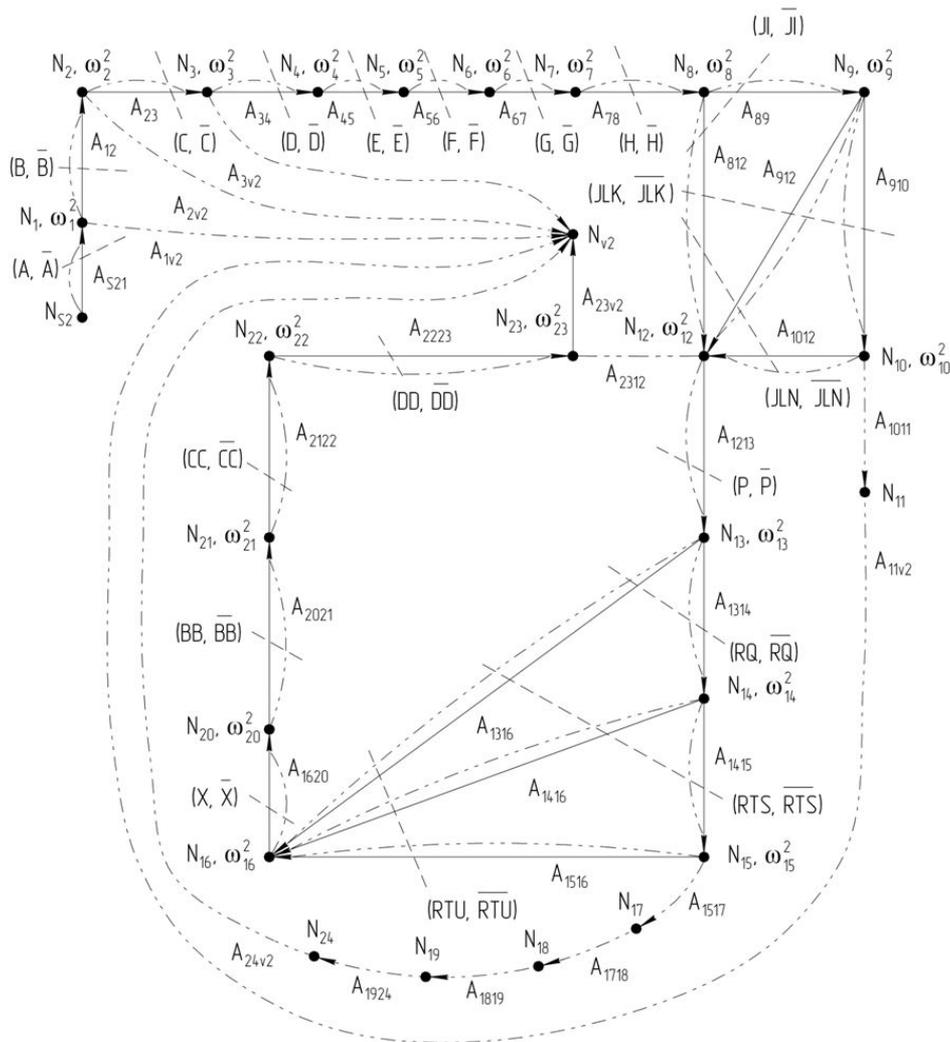
$$WT_0 = 3,6 \cdot q_3, \quad (5)$$

$$WS_0 = 0,1 \cdot B_{ж} \cdot u. \quad (6)$$

Рисунок – Связанный граф технологического потока зерна $G_1 = (N, A)$ на рабочих органах зерноуборочного комбайна РСМ-152 «ACROS-595 Plus»



N_{S1} – вход связанного графа (зерно на неубранном участке); N_{v1} – выход связанного графа (зерно в бункера комбайна); N_1 – мотовило; N_2 – режущий аппарат; N_3 – шнек жатки; N_4 – пальчиковый механизм шнека; N_5 – транспортер цепной; N_6 – бiter верхний; N_7 – молотильный барабан; N_8 – решетчатая дека; N_9 – отбойный бiter; N_{10} – соломотряс; N_{11} – измельчитель-разбрасыватель; N_{12} – доска стрясная; N_{13} – дополнительное решето; N_{14} – верхнее решето очистки; N_{15} – удлинитель верхнего решета; N_{16} – нижнее решето очистки; N_{17} – шнек зерновой; N_{18} – элеватор зерновой; N_{19} – шнек загрузочный; N_{20} – шнек колосовой; N_{21} – элеватор колосовой; N_{22} – домолачивающее устройство; N_{23} – распределительный шнек; N_{24} – бункер



N_{S2} – вход связанного графа (колос на необмолоченном участке); N_{v2} – выход связанного графа (обмолоченный колос после домолачивающего устройства); N_1 – мотовило; N_2 – режущий аппарат; N_3 – шнек жатки; N_4 – пальчиковый механизм шнека; N_5 – транспортер цепной; N_6 – битек верхний; N_7 – молотильный барабан; N_8 – решетчатая дека; N_9 – отбойный битек; N_{10} – соломотряс; N_{11} – измельчитель-разбрасыватель; N_{12} – доска стрясная; N_{13} – дополнительное решето; N_{14} – верхнее решето очистки; N_{15} – удлинитель верхнего решета; N_{16} – нижнее решето очистки; N_{17} – шнек зерновой; N_{18} – элеватор зерновой; N_{19} – шнек загрузочный; N_{20} – шнек колосовой; N_{21} – элеватор колосовой; N_{22} – домолачивающее устройство; N_{23} – распределительный шнек; N_{24} – бункер

Рисунок – Связанный граф технологического потока колоса $G_2 = (N, A)$ на рабочих органах зерноуборочного комбайна РСМ-152 «ACROS-595 Plus»

Анализ связанного графа технологического потока зерна

Жатка содержит I зону с разрезами:

$$(A, \bar{A}) = \{A_{S11}\}, (B, \bar{B}) = \{A_{12}\}, (C, \bar{C}) = \{A_{23}\}, (D, \bar{D}) = \{A_{34}\}, (E, \bar{E}) = \{A_{45}\}, (F, \bar{F}) = \{A_{56}\}.$$

Молотилка содержит: II, III и IV зоны.

II зона – молотильный аппарат и соломотряс с разрезами:

$$(G, \bar{G}) = \{A_{67}\}, (H, \bar{H}) = \{A_{78}\}, (J, \bar{J}) = \{A_{812}, A_{89}\}, (JLK, \bar{JLK}) = \{A_{812}, A_{912}, A_{910}\}$$

III зона – система очистки с разрезами:

$$(JLN, \bar{JLN}) = \{A_{812}, A_{912}, A_{1012}\}, (P, \bar{P}) = \{A_{1213}\}, (RQ, \bar{RQ}) = \{A_{1316}, A_{1314}\}, (RTS, \bar{RTS}) = \{A_{1316}, A_{1416}, A_{1415}\}, \\ (RTU, \bar{RTU}) = \{A_{1316}, A_{1416}, A_{1516}\}$$

IV зона – транспортирующие устройства с разрезами:

$$(U, \bar{U}) = \{A_{1617}\}, (W, \bar{W}) = \{A_{1718}\}, (X, \bar{X}) = \{A_{1819}\}$$

Простые цепи управляемого потока:

$$C_1^1 = [A_{S11}, A_{12}, A_{23}, A_{34}, A_{45}, A_{56}, A_{67}, A_{78}, A_{812}, A_{1213}, A_{1316}, A_{1617}, A_{1718}, A_{1819}, A_{19v1}];$$

$$C_2^1 = [A_{S11}, A_{12}, A_{23}, A_{34}, A_{45}, A_{56}, A_{67}, A_{78}, A_{89}, A_{912}, A_{1213}, A_{1316}, A_{1617}, A_{1718}, A_{1819}, A_{19v1}];$$

$$C_3^1 = [A_{S11}, A_{12}, A_{23}, A_{34}, A_{45}, A_{56}, A_{67}, A_{78}, A_{89}, A_{910}, A_{1012}, A_{1213}, A_{1316}, A_{1617}, A_{1718}, A_{1819}, A_{19v1}];$$

$$C_4^1 = [A_{S11}, A_{12}, A_{23}, A_{34}, A_{45}, A_{56}, A_{67}, A_{78}, A_{812}, A_{1213}, A_{1314}, A_{1416}, A_{1617}, A_{1718}, A_{1819}, A_{19v1}];$$

$$C_5^1 = [A_{S11}, A_{12}, A_{23}, A_{34}, A_{45}, A_{56}, A_{67}, A_{78}, A_{89}, A_{912}, A_{1213}, A_{1314}, A_{1416}, A_{1617}, A_{1718}, A_{1819}, A_{19v1}];$$

$$C_6^1 = [A_{S11}, A_{12}, A_{23}, A_{34}, A_{45}, A_{56}, A_{67}, A_{78}, A_{89}, A_{910}, A_{1012}, A_{1213}, A_{1314}, A_{1416}, A_{1617}, A_{1718}, A_{1819}, A_{19v1}];$$

$$C_7^1 = [A_{S11}, A_{12}, A_{23}, A_{34}, A_{45}, A_{56}, A_{67}, A_{78}, A_{812}, A_{1213}, A_{1314}, A_{1415}, A_{1516}, A_{1617}, A_{1718}, A_{1819}, A_{19v1}];$$

$$C_8^1 = [A_{S11}, A_{12}, A_{23}, A_{34}, A_{45}, A_{56}, A_{67}, A_{78}, A_{89}, A_{912}, A_{1213}, A_{1314}, A_{1415}, A_{1516}, A_{1617}, A_{1718}, A_{1819}, A_{19v1}];$$

$$C_9^1 = [A_{S11}, A_{12}, A_{23}, A_{34}, A_{45}, A_{56}, A_{67}, A_{78}, A_{89}, A_{910}, A_{1012}, A_{1213}, A_{1314}, A_{1415}, A_{1516}, A_{1617}, A_{1718}, A_{1819}, A_{19v1}].$$

Простые цепи неуправляемого потока:

$$C_{10}^1 = [A_{S11}, A_{1v1}];$$

$$C_{11}^1 = [A_{S11}, A_{12}, A_{2v1}];$$

$$C_{12}^1 = [A_{S11}, A_{12}, A_{23}, A_{3v1}];$$

$$C_{13}^1 = [A_{S11}, A_{12}, A_{23}, A_{34}, A_{45}, A_{56}, A_{67}, A_{78}, A_{89}, A_{910}, A_{1011}, A_{11v1}];$$

$$C_{14}^1 = [A_{S11}, A_{12}, A_{23}, A_{34}, A_{45}, A_{56}, A_{67}, A_{78}, A_{812}, A_{1213}, A_{1314}, A_{1415}, A_{15v1}];$$

$$C_{15}^1 = [A_{S11}, A_{12}, A_{23}, A_{34}, A_{45}, A_{56}, A_{67}, A_{78}, A_{89}, A_{912}, A_{1213}, A_{1314}, A_{1415}, A_{15v1}];$$

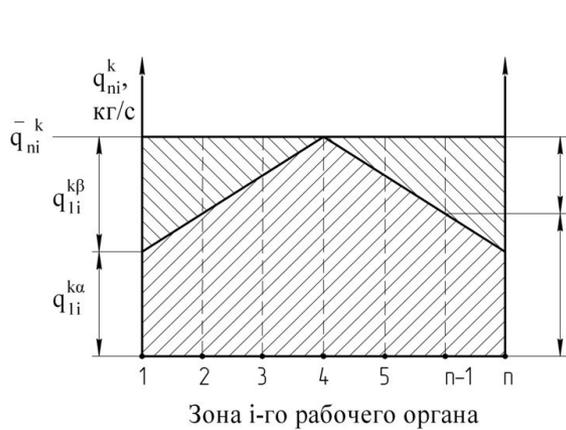
$$C_{16}^1 = [A_{S11}, A_{12}, A_{23}, A_{34}, A_{45}, A_{56}, A_{67}, A_{78}, A_{89}, A_{910}, A_{1012}, A_{1213}, A_{1314}, A_{1415}, A_{15v1}].$$

Простые циклы:

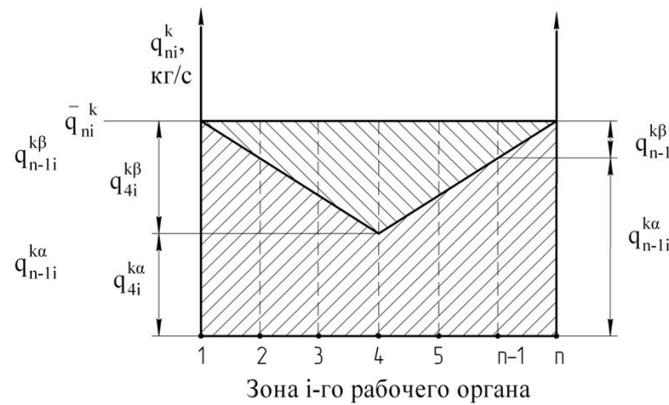
$$S_1^1 = [A_{1213}, A_{1316}, A_{1620}, A_{2021}, A_{2122}, A_{2223}, A_{2312}];$$

$$S_2^1 = [A_{1213}, A_{1314}, A_{1416}, A_{1620}, A_{2021}, A_{2122}, A_{2223}, A_{231}];$$

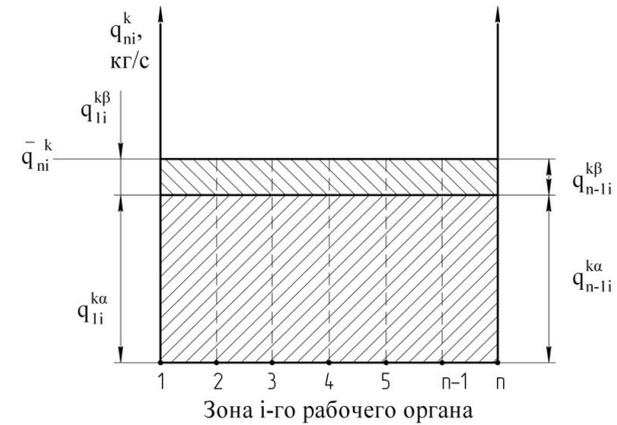
$$S_3^1 = [A_{1213}, A_{1314}, A_{1415}, A_{1516}, A_{1620}, A_{2021}, A_{2122}, A_{222}];$$



а)



б)

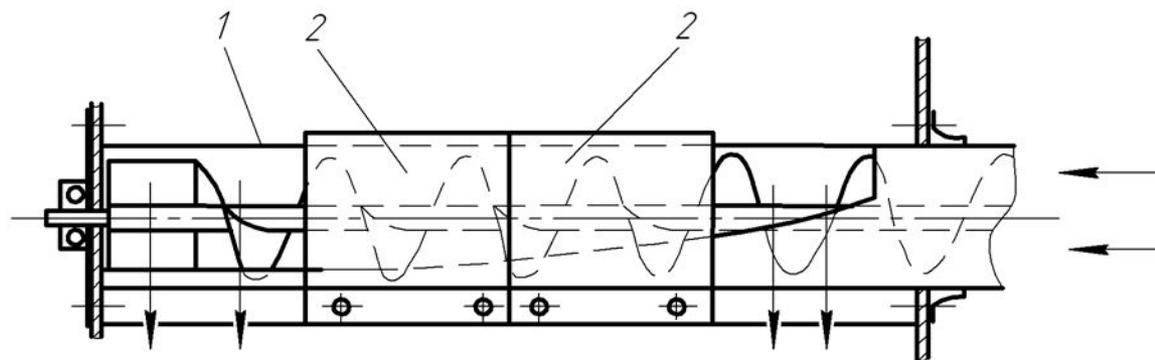


в)

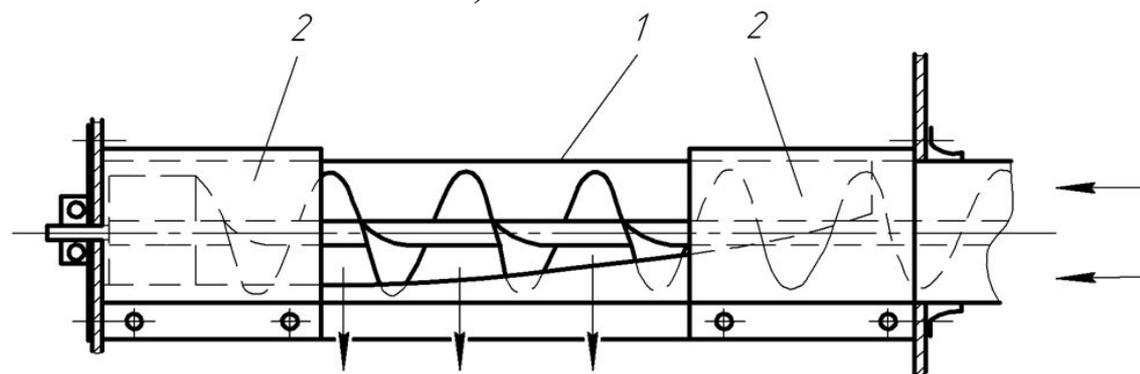
а) вариант распределения потока хлебной массы без учета циркуляционного потока с максимумом по центру и минимумом по краям; б) с минимумом по центру и максимумом по краям; в) равномерное; $q_{ni}^{k\alpha}$ — подача технологического потока k -го компонента хлебной массы в зону n i -го рабочего органа без учета циркуляционного потока; $q_{ni}^{k\beta}$ — подача циркуляционного потока k -го компонента хлебной массы в зону n i -го рабочего органа; \bar{q}_{ni}^k — среднеарифметическое значение подачи технологического потока k -го компонента хлебной массы в зону n по ширине i -го рабочего органа

Графическое представление идеального случая распределения технологического потока компонента хлебной массы по ширине рабочего органа

Новая конструкция распределительного шнека



а)



б)

а) подача колосового вороха на края транспортной доски; б) в центр транспортной доски; ← направление движения колосового вороха; 1 – распределительного шнека серийной конструкции; 2 – съемный щиток

Частота вращения ротора домолачивающего устройства определяется из выражения:

$$n_p = \frac{\sqrt{u_p^2 + 2\Delta K a_k}}{\pi D_p}$$

где u_p – линейная скорость ротора, м/с; ΔK – усредненная толщина колоса; a_k – ускорение выделения зерна из колоса; D_p – диаметр ротора, мм; $\pi = 3,14$.

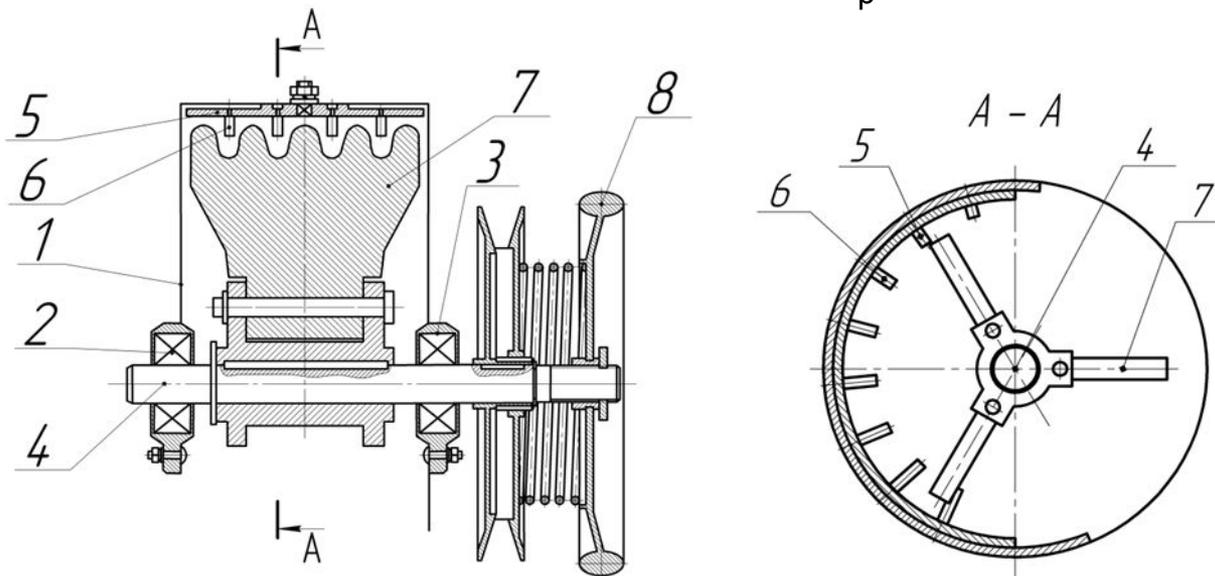
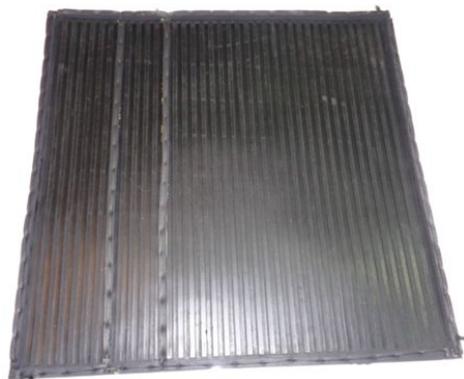


Рисунок – Новая конструкция домолачивающего устройства

1 – корпус; 2 и 3 – подшипниковая опора; 4 – вал; 5 – подбарабанье; 6 – штифт

Экспресс-метод определения потерь зерна за зерноуборочным комбайном



Резиновый коврик формы № 1
с размерами 750x750x20 мм



Резиновый коврик формы № 2
с размерами 750x100x20 мм

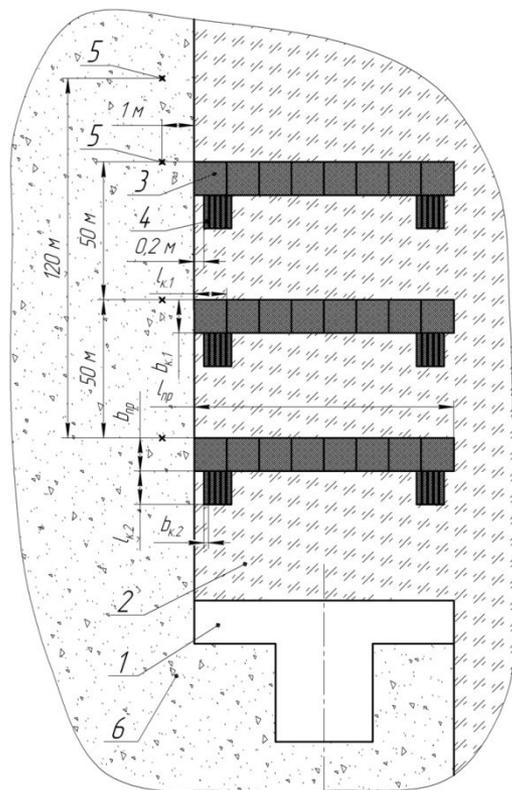


Схема размещения
резиновых ковриков
формы № 1 и №2 на поле

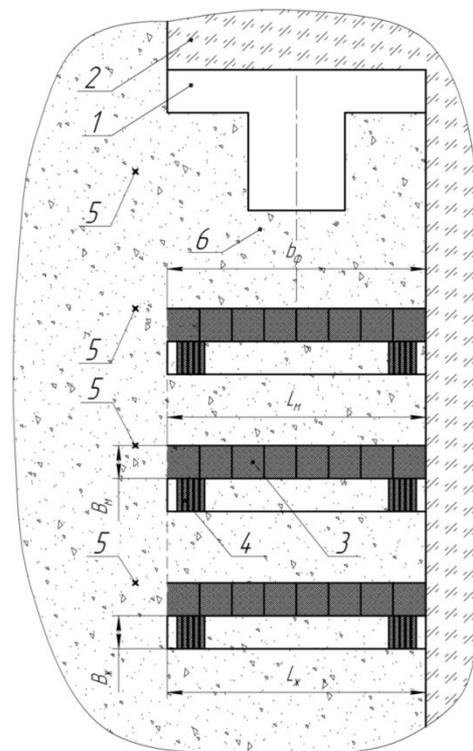


Схема сбора проб с
контрольных участков
учета потерь зерна

1 – зерноуборочный комбайн, 2 – неубранный участок поля, 3 – резиновый коврик формы № 1, 4 – резиновый коврик формы № 2, 5 – лабораторный колышек, 6 – стерня, $l_{к.1}$ и $b_{к.1}$ – длина и ширина резинового коврика формы № 1, $l_{к.2}$ и $b_{к.2}$ – длина и ширина резинового коврика формы № 2, $l_{пр}$ и $b_{пр}$ – длина и ширина прокоса; $L_{ж}$ и $B_{ж}$ – длина и ширина контрольного участка учета потерь зерна за жаткой, $L_{м}$ и $B_{м}$ – длина и ширина контрольного участка учета потерь зерна за молотилкой, $b_{ф}$ – фактическая ширина захвата жатки-хедера

Таблица 4.1 – Характеристики убираемой культуры

№ п/п	Номер поля	Культура	Показатель		
			Сорт	Урожайность, т/га	Отношение массы зерна к массе соломы
1	1	Озимая пшеница	Дон 95	3,51	1 : 1,2
	2	Ячмень	Ергенинский 2	2,32	1 : 1,23
2	3	Озимая пшеница	Волгоградская 84	3,19	1 : 1,36
	4	Ячмень	Камышинский 23	2,42	1 : 1,27



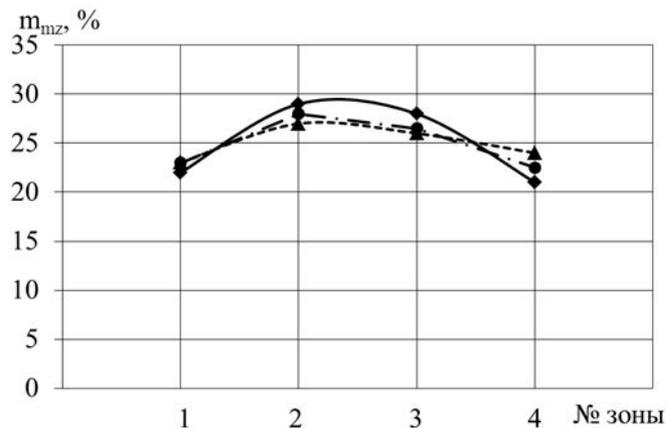
Рисунок – Проход зерноуборочного комбайна РСМ-152 «ACROS-595 Plus» при определении суммарных потерь зерна

Таблица 4.2– Производительность зерноуборочного комбайна «ACROS-595 Plus» по площади уборки WS_0 , га

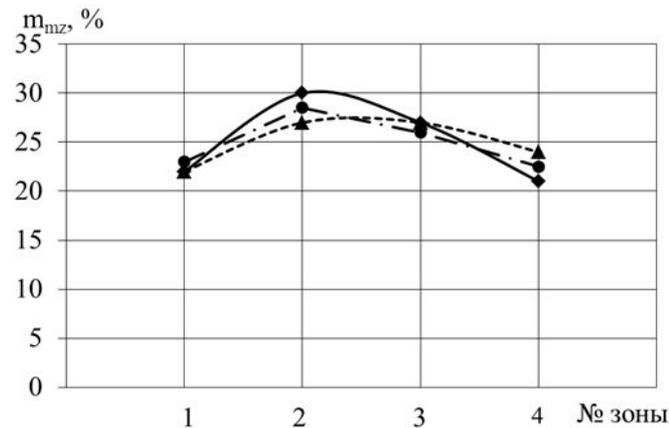
№ п/п	Вариант комплектации комбайна	Номер поля			
		1	2	3	4
1	Серийный зерноуборочный комбайн	4,43	6,82	4,61	6,30
2	Серийный зерноуборочный комбайн без циркуляционного потока	4,87	7,37	5,02	6,78
3	Зерноуборочный комбайн с новыми конструкциями распределительного шнека и домолачивающего устройства	4,81	7,26	4,90	6,63

Таблица 4.3 – Производительность зерноуборочного комбайна «ACROS-595 Plus» по намолоту WT_0

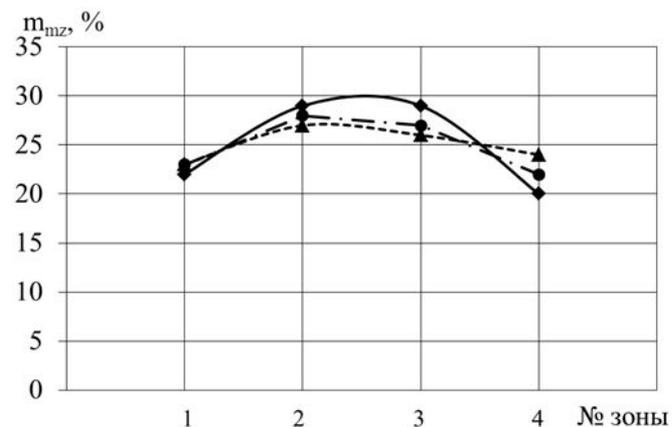
№ п/п	Вариант комплектации комбайна	Номер поля			
		1	2	3	4
1	Серийный зерноуборочный комбайн	15,5	15,8	14,7	15,2
2	Серийный зерноуборочный комбайн без циркуляционного потока	17,1	17,1	16,0	16,4
3	Зерноуборочный комбайн с новыми конструкциями распределительного шнека и домолачивающего устройства	16,9	16,9	15,6	16,1



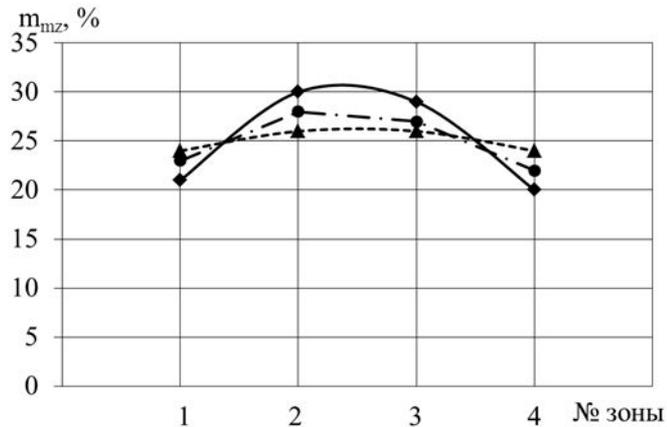
а)



б)



в)



г)

Рисунок – Форма распределения потерь зерна за молотилкой по ширине обмолоченного валка

а) поле №1 (озимая пшеница); б) поле №3 (озимая пшеница); в) поле №3 (ячмень); г) поле №4 (ячмень); — массовая доля потерь зерна за молотилкой зерноуборочного комбайна в трех вариантах работы: серийный (—◆—); серийный без циркуляционного потока (- - -▲- - -) ; с новыми конструкциями распределительного шнека и домолачивающего устройства (—•—●—•—) в зоне, %

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе анализа литературных источников установлено, что повышение производительности зерноуборочного комбайна возможно за счет интенсификации технологических процессов на рабочих органах, а также уменьшения неравномерности подачи обмолоченной массы на рабочие органы. Для получения эффективных решений необходимо изменить конструкции рабочих органов циркуляции колосового вороха.

2. На основании анализа структурно-топологическая модель зерноуборочного комбайна, которая представлена в виде связанных графов технологических потоков зерна G_1 и колоса G_2 , установлено, что необходимы новые конструкции рабочих органов циркуляции колосового вороха. Новая конструкция распределительного шнека направляет колосовой ворох в различные зоны молотилки. Домолачивающие устройства имеют возможность изменять частоту вращения за счет вариатора, а на подбарабанье имеются ряды штифтов, высота которых увеличивается в сторону движения колосового вороха.

3. Применение новых конструкций рабочих органов циркуляции колосового вороха позволило повысить производительность по намолоту и площади уборки зерноуборочного комбайна:

- поле №1 (урожайность - 3,51 т/га; отношение массы зерна к массе соломы – 1 : 1,2) на 8,5 %;
- поле №2 (урожайность - 2,32 т/га; отношение массы зерна к массе соломы – 1 : 1,23) на 6,5 %;
- поле №3 (урожайность - 3,19 т/га; отношение массы зерна к массе соломы – 1 : 1,39) на 6,2 %;
- поле №4 (урожайность - 2,42 т/га; отношение массы зерна к массе соломы – 1 : 1,27) на 5,3 %.

Годовой экономический эффект от повышения производительности комбайна с новыми конструкциями рабочих органов циркуляции колосового вороха:

- поле №1 – 15 200 рублей;
- поле №2 – 12 930 рублей;
- поле №3 – 14 866 рублей;
- поле №4 – 12 804 рублей.

Срок окупаемости адаптированных рабочих органов изменяется от 1,25 до 1,48 года.

Спасибо за внимание!