

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ПОДАЧИ РАСТЕНИЙ СОРГО В МОЛОТИЛЬНУЮ КАМЕРУ СОРГОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Ряднов А.И., Шарипов Р.В., Семченко А.В.

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Волгоград, Россия (400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д.26) ,e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

С целью обоснования конструктивно-технологических параметров устройства направленной подачи метелок на обмолот, рассмотрены конструктивные особенности прямоточной выносной молотильной камеры, проведены экспериментальные исследования и предложены зависимости для расчета конструктивно-технологических параметров нормализатора. Экспериментальные исследования показали, что во время наклона растений при их подаче в молотильно-сепарирующее устройство соргоуборочного комбайна верхняя часть метелки проходит через молотильный зазор со скоростью, превышающей максимальную скорость подачи растений. При этом наблюдаются случаи неполного обмолота верхней части метелки. Это продольное движение метелки в молотильном зазоре, без обмолота, названо нами пробросом метелки. В работе определены требуемые для качественного обмолота метелок сорго длина нормализатора, которая должна быть в пределах 1 – 2 м, высота его установки на комбайне относительно поверхности поля – 0,5 – 2 м и наиболее приемлемая схема установки нормализатора – с положительным углом наклона установки нормализатора и обмолачивающих валцов с положительным углом наклона.

Ключевые слова: соргоуборочный комбайн, устройство подачи растений на обмолот, прямоточная выносная молотильная камера, проброс метелки, конструктивно-технологические параметры нормализатора.

SORGHUM PLANTS FEEDER IN THRESHING CHAMBER OF SORGHUM HARVESTING COMBINE PARAMETERS SUBSTANTIATION

Ryadnov A. I., Sharipov R.V., Semchenko A.V.

Volgograd state agrarian University, Ministry of agriculture of the Russian Federation, Volgograd, Russia (400002, Volgograd, University avenue, 26),e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

In order to substantiate the structural and technological parameters of devices aimed at feeding panicles to the threshing, we considered a once-through design features of remote threshing camera, experimental researches were offered according to calculate the structural and technological parameters of the normalizer. Experimental studies have shown that during the plant tilt at their supply to the threshing and separating device of sorghum harvesting combine the top of the panicle passes through the threshing gap at a speed higher than the maximum plants feed speed. At the same time there are cases of incomplete threshing top of the panicle. We called this longitudinal movement of the panicles in the threshing gap without thrashing as panicles forwarding. This work determines the required for sorghum panicle threshing quality the length of the normalizer, which should be in the range of 1 - 2 meters, the its installation height on the combine relatively to the field surface - 0.5 - 2 m, and the most appropriate installation normalizer circuit - with a positive tilt angle of the normalizer and threshing rollers with a positive slope.

Keywords: sorghum harvesting combine, plants feeder for threshing, direct flow remote threshing chamber, panicles forwarding, constructive-technological parameters of normalizer.

Разработанный в Волгоградском ГАУ соргоуборочный комбайн обеспечивает высокое качество обмолота сорго на корню при использовании устройства подачи растений на обмолот – нормализатора. Однако теоретические предпосылки по обоснованию его конструктивно-технологических параметров до настоящего времени отсутствуют. Поэтому исследование данного вопроса – актуальная задача.

Цель исследования – обосновать конструктивно-технологические параметры нормализатора.

Метод исследования – аналитический с использованием экспериментальных данных.

Результаты исследования.

Полевые испытания соргоуборочного комбайна [1,2,3] подтвердили работоспособность его конструкции. Однако наблюдались случаи неполного обмолота метелок у высоких растений веничного сорго. Данная технологическая неисправность легко устранима направленной подачей метелок на обмолот.

С целью обоснования конструктивно-технологических параметров устройства направленной подачи метелок на обмолот рассмотрим конструктивные особенности прямоточной выносной молотильной камеры. В ней обмолачивающие вальцы расположены продольно направлению движения соргоуборочного комбайна и наклонены передним концом вверх примерно на 30° к горизонтали. Подача метелки снизу вальцов (растение закреплено на корню) приводит к боковому воздействию на метелку, из-за чего она стремится наклониться перпендикулярно продольной оси вальцов. Во время такого наклона верхняя часть метелки проходит через молотильный зазор со скоростью, превышающей максимальную скорость подачи, и поэтому возможен неполный обмолот верхней части метелки. Это продольное движение метелки в молотильном зазоре, без обмолота, называем пробросом. Движение метелок вдоль осей вращения вальцов происходит со скоростью, близкой к окружной скорости лопастей (скорости обмолота). Явление проброса имеет незначительную величину при невысоких и толстых стеблях сорго, свойственных зерновому сорго, высотой менее одного метра и диаметром стеблей до 20 мм. Веничное и сахарное сорго достигают высоты более 3 м, поэтому путь проброса может быть значительным, около 0,5 м вдоль вальца и до 0,2 м от высоты метелки, что может привести к большим потерям зерна недомолотом с метелки. При полевых испытаниях экспериментального соргоуборочного комбайна, длина вальцов была равна 1,2 м, их наклон 30° . При высоте растений 1,6 м обмолот происходил качественно, но после переезда на участок с высотой растений от 1,6 м до 2,6 м растения пробрасывались в молотильном зазоре. Для исключения проброса растений предложен метод предварительного наклона всего растения нормально к молотильному зазору вальцов, устройством ориентированной подачи растений сорго в молотильную камеру соргоуборочного комбайна. Устройство, изгибающее растения перед подачей их в прямоточную выносную молотильную камеру мы назвали «нормализатором».

Схема одного из вариантов нормализатора показана на рисунке 1 [4].

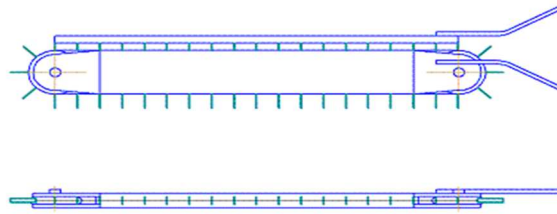


Рис.1. Схема цепочно-планчатого механизма нормализатора

Он расположен впереди комбайна, снизу прямоточной выносной молотильной камеры и представляет собой цепочно-планчатый транспортер с регулируемыми длиной, скоростью планок, высотой установки и углом наклона β (рис.2).

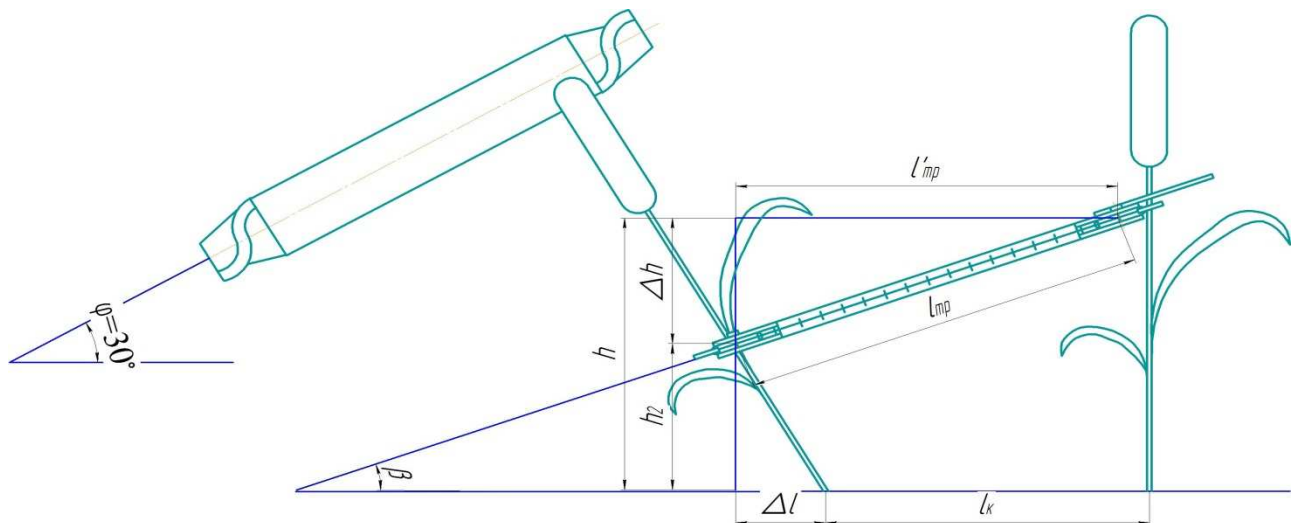


Рис.2. Схема установки нормализатора

Работает нормализатор следующим образом. Скорость рабочей ветви цепочно-планчатого транспортера в 1,1...1,5 раза больше скорости движения комбайна и направлена навстречу движению комбайна. Растение отклоняется назад и входит в молотильный зазор уже изогнутое. Одновременно с прохождением метелки от вершины до основания (процесс обмолота), она продвигается вдоль молотильного зазора. В начале этого продольного движения заканчивается действие нормализатора, а его роль принимает на себя пара обмолачивающих вальцов.

Для изучения параметров предлагаемого устройства нами была изготовлена стационарная экспериментальная установка.

При экспериментальных исследованиях параметры нормализатора изменяли в следующих пределах: $\alpha = 90 - \varphi$ (φ – угол наклона обмолачивающих вальцов); β – меняется конструктивно $+30^{\circ}$; 0° ; -30° ; l_{np} – меняется конструктивно 0,5м; 1м; 1,5м; 2м.; h – 0,5м; 1м; 1,5м; 2м; 2,5м. с шагом 0,5м.

Угол наклона нормализатора β изменяли с помощью специальных телескопических кронштейнов, позиционирующих нормализатор относительно молотильной камеры, изменяя

длину только передних или только задних. Высоту установки нормализатора меняли, изменяя длину одновременно передних и задних телескопических кронштейнов.

Наклон стеблей α возможен при опережающем движении планок нормализатора относительно скорости комбайна, что можно выразить кинематическим коэффициентом K (K – соотношение линейных скоростей движения планок нормализатора и комбайна).

Для определения диапазонов регулировки параметров нормализатора рассмотрим рис.2, из которого следует, что K равен:

$$K = \frac{V_{mp}}{V_{\kappa}} = \frac{\frac{l_{mp}}{t}}{\frac{l_{\kappa}}{t}} = \frac{l_{mp}}{l_{\kappa}}. \quad (1)$$

Угол наклона растения выразим следующим образом:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_2}{\Delta l} = \frac{h - \Delta h}{\Delta l} = \frac{h - l_{mp} \sin \beta}{\Delta l}. \quad (2)$$

Зная угол α , определим Δl :

$$\Delta l = \frac{h - l_{mp} \sin \beta}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (3)$$

Тогда,

$$l_{\kappa} = l_{mp} \cos \beta - \Delta l.$$

Тогда K определим как:

$$K = \frac{l_{mp}}{l_{\kappa}} = \frac{l_{mp}}{\cos \beta l_{mp} - \Delta l} = \frac{l_{mp}}{\cos \beta l_{mp} - \frac{h - l_{mp} \sin \beta}{\operatorname{tg} \alpha}}.$$

После преобразований получим:

$$K = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{(\cos \beta \operatorname{tg} \alpha + \sin \beta) - h / l_{mp}}. \quad (4)$$

Скорость перемещения планок нормализатора равна

$$V_{mp} = \frac{\pi D_{36} n_{36}}{60} = V_{\kappa} K. \quad (5)$$

Откуда получим частоту вращения ведущей звёздочки нормализатора n_{36} :

$$n_{36} = \frac{60 K V_{\kappa}}{\pi D_{36}}.$$

С помощью программы «Mathcad» выявлены зависимости между параметрами нормализатора и их влияние на K . При этом один из параметров принимали постоянным. Например, при постоянной скорости комбайна определяли зависимость скорости планок нормализатора от его длины, высоты и угла наклона β , рис. 3, рис 4.

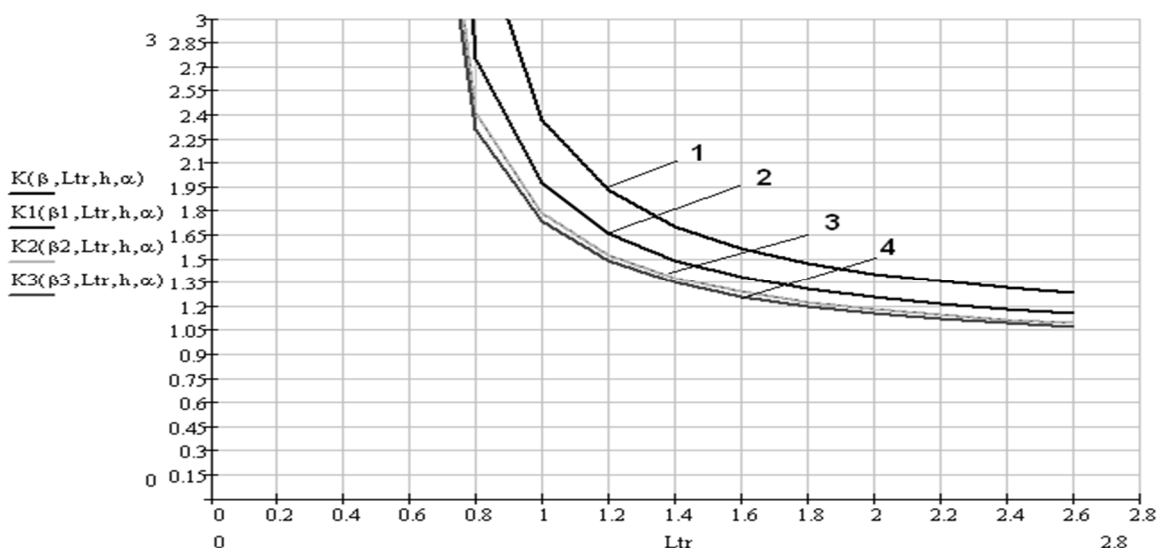


Рис.3. График зависимости K от угла наклона β и длины нормализатора
 1 - горизонтальное расположение $\beta=0$, 2 - угол $\beta=10^\circ$, 3 - угол $\beta=20^\circ$, 4 - угол $\beta=30^\circ$.

Установлено, что длину нормализатора более 2 м применять не имеет смысла, т.к. при любой скорости планок будет происходить завал растений, а при длине менее 1 м значение K стремительно увеличивается. Таким образом, длина нормализатора должна быть в пределах 1 – 2 м.

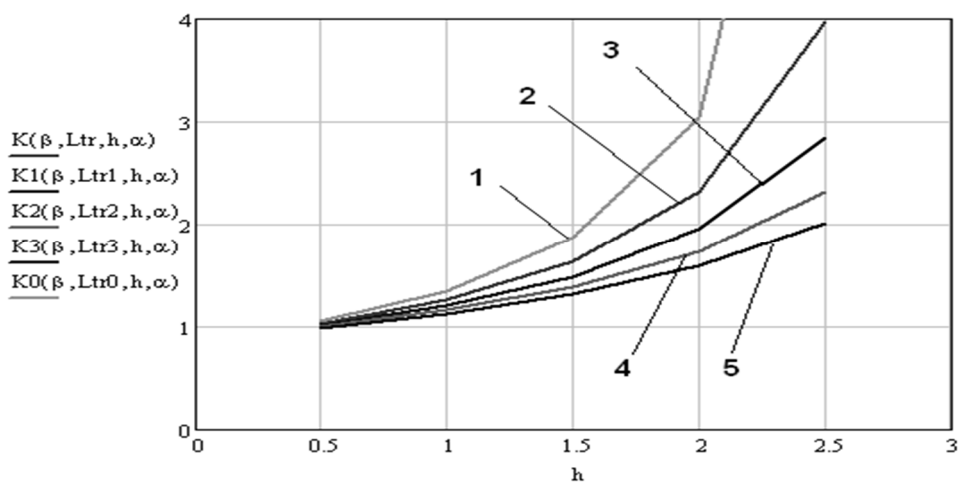


Рис.4. График зависимости соотношения скоростей K от длины транспортёра Ltr и высоты установки нормализатора h
 1 – $Ltr = 1,4$ м., 2 – $Ltr = 1,6$ м., 3 – $Ltr = 1,8$ м., 4 – $Ltr = 2$ м., 5 – $Ltr = 2,2$ м.

Из графика (рис. 4) следует что, при высоте установки нормализатора менее 0,5 м, соотношение скоростей планок нормализатора и комбайна приближается к единице, а малые передаточные отношения сложно выставлять на практике. При высоте установки нормализатора более 2 м значения коэффициента K увеличивается стремительно.

Таким образом, высота установки нормализатора должна быть в пределах 0,5 – 2 м.

Среди возможных вариантов расположения валцов молотильно-сепарирующего устройства (МСУ) относительно направления движения комбайна можно выделить четыре

основных варианта: горизонтально $\varphi = 0^\circ$ (рис. 5а), наклонно, вверх передним концом вальцов (угол положительный) $0^\circ < \varphi < 90^\circ$ (рис. 5б), наклонно, вниз передним концом вальцов (угол отрицательный) $-90^\circ < \varphi < 0^\circ$ (рис. 5в), вертикально $\varphi = 90^\circ$ (рис. 5г).

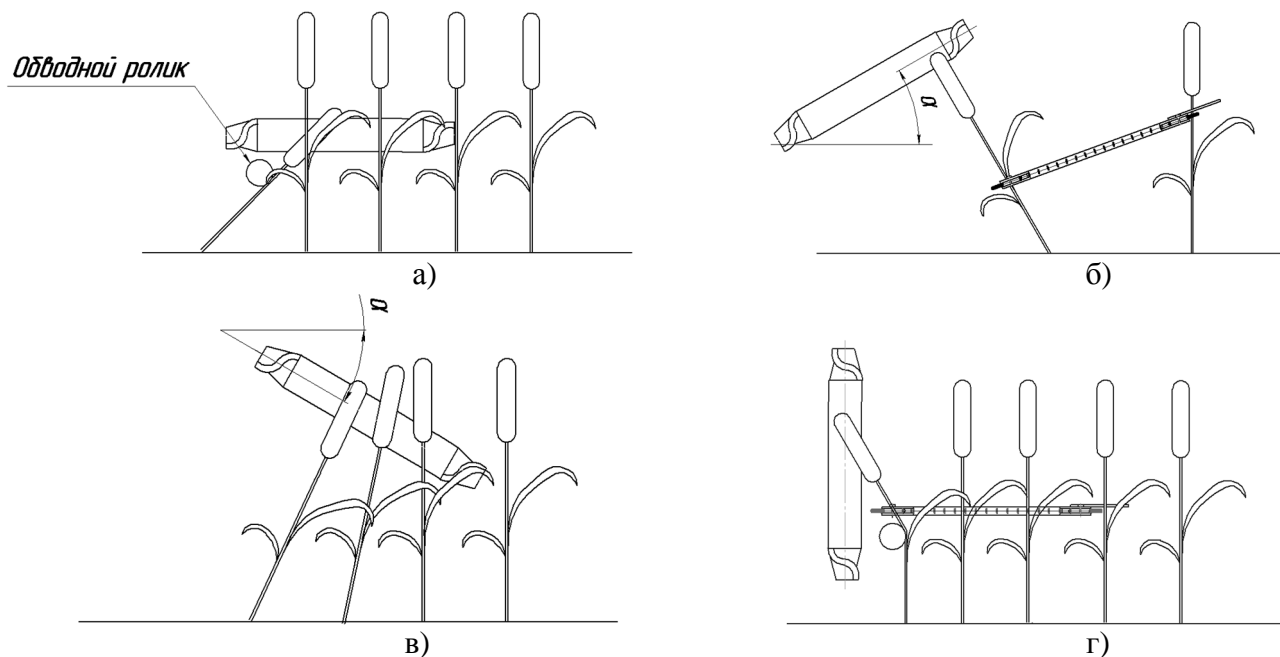


Рис.5. Расположения вальцов МСУ относительно направления движения комбайна:
 а – горизонтальное; б – с положительным углом наклона;
 в – с отрицательным углом наклона; г – вертикальное

Положение вальцов оказывает влияние рабочий процесс обмолота сорго потому, что изменяется последовательность операций в комбайне. Рассмотрим каждый вариант в отдельности.

Горизонтальное положение вальцов (рис. 5а) – растения заходят в молотильный зазор вперёд ножкой метелки, за счет движения комбайна. Потом для обмолота её нужно протянуть вниз до полного прохода через вальцы. Достоинства такой схемы: малая длина вальцов, компактность обмолачивающей камеры, отсутствие проброса метелок, нет необходимости в использовании дополнительного подающего транспортера.

Недостатки: растения на выходе наклонены метелкой вперед, что затрудняет скашивание; во время обмолота очередной метелки, в стесненных условиях в молотильном зазоре находятся стебли ожидающих обмолота растений, что повышает травмирование, и может привести к заклиниванию растений в молотильной камере, т.е. к сгуживанию.

Данная схема приемлема для уборки низкорослого сорго с измельчением, на корм.

Второй вариант расположения вальцов (рис. 5б) $0^\circ < \varphi < 90^\circ$.

Наиболее приемлемо расположение вальцов с наклоном $15^\circ < \varphi < 45^\circ$. При этом растения входят в молотильный зазор верхней частью метелки и обмолот происходит сверху вниз.

Метелки продвигаются по длине вальцов, с шагом равным расстоянию между растениями в рядке, толщина обмолачивающего слоя равна толщине метелки. Это способствует снижению травмирования метелки, высокому качеству обмолота. Растения не наклоняются вниз, что облегчает скашивание. Недостатки такой схемы: большая длина обмолачивающих вальцов (от $1,4l_{\text{о.ч.м.}}$ при $\varphi = 45^\circ$, до $4,2l_{\text{о.ч.м.}}$ при $\varphi = 15^\circ$, где $l_{\text{о.ч.м.}}$ – длина озерненной части метелки), проброс метелки без полного обмолота её верхней части.

Третий вариант (рис. 5в). Вальцы наклонены передней частью вниз. Характерным является наклон вальцов $-45 < \varphi < -15$.

В данной схеме: не происходит сгуживания растений; сохраняется очередность поступления растений в молотильный зазор; не требуется подающее устройство; нет сильного изгиба растений. Эта схема лучше подходит для обмолота низкорослых растений.

Обмолот происходит снизу вверх, поэтому, при увеличении скорости комбайна, необмолоченная часть метелки может зажиматься в обмолачивающем зазоре и увеличиваться повреждаемость метелки.

Четвертая схема с вертикальным расположением вальцов (рис. 5г). Требуется подающее устройство впереди – не только наклоняющее, но и удерживающее растения во время обмолота. Эту схему можно применить при уборке зернового и сахарного сорго.

Таким образом, из рассмотренных возможных схем расположения вальцов МСУ относительно направления движения комбайна выявлено что, наиболее приемлемой является схема с положительным углом наклона.

Вывод.

На основе теоретических предпосылок и экспериментальных данных определены скорости планок нормализатора от его длины, высоты и угла наклона: длина нормализатора должна быть в пределах 1 – 2 м, высота установки – 0,5 – 2 м и наиболее приемлемой является схема установки нормализатора и обмолачивающих вальцов с положительным углом наклона.

Список литературы

1. Ряднов, А.И., Шарипов, Р.В., Семченко, А.В. Комбайн для уборки сорго. Патент РФ №2498553, А01D 37/00; патентообладатели: Ряднов А.И., Шарипов Р.В., Семченко А.В. - №2012103615/13; заявл. 10.06.12; опубл. 20.11.13, Бюл.№32.
2. Ряднов, А.И., Шарипов, Р.В., Семченко, А.В. Комбайн для уборки технических культур. Патент РФ №2421974, А01D 41/08; заявитель и патентообладатель - ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА – №2010100341/21; заявл. 11.01.10; опубл. 27.06.11, Бюл.№18.

3. Ряднов, А.И., Шарипов, Р.В., Семченко, А.В. Прицепной соргоуборочный комбайн. Патент РФ №2496296, А01D 41/04, А01D 41/12; патентообладатели: Ряднов А.И., Шарипов Р.В., Семченко А.В. - №2012109041/13; заявл. 11.03.12; опубл. 27.10.13, Бюл.№30.

4. Семченко, А.В. Выбор конструктивных параметров экспериментальной установки "Нормализатор" / А. В. Семченко, Д. Р. Шарипов// Наука и молодежь: новые идеи и решения: мат. IV Международной научно-практ. конференции молодых исследователей, Волгоград, 26-28 апреля 2010 г. - 2010. - Ч. 1 . - С. 205-207.

5. Шарипов, Р.В. Совершенствование технологии и технических средств уборки веничного сорго: автореф. дис.... канд. техн. наук:05.20.01/ Шарипов Ренат Вильевич. – Волгоград, 2004. – 18 с.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ по проекту «Разработка и исследование инерционно-очесного способа обмолота зерновых колосовых и метелочных культур на корню и технологии для его реализации», договор № НК 13-08-01085\15.

Рецензенты:

Абезин В.Г., д.т.н., профессор, профессор кафедры процессов и машин в АПК ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, г. Волгоград;

Гапич Д.С., д.т.н., заведующий кафедрой ремонта машин и ТКМ ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, г. Волгоград.