



## Определение усилий, необходимых для очеса колоса пшеницы

**В. Ю. Савин\***

*Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана»  
(г. Калуга, Россия)*

*\*savin.study@yandex.ru*

*Введение.* Одним из параметров, характеризующих процесс очеса, является усилие, необходимое для очеса колоса. Усилие варьируется в некоторых пределах в зависимости от сорта растений, влажности зерна и морфоструктурных параметров продуктивности колоса. Для определения усилий очеса озимой пшеницы различных сортов проведена серия опытов.

*Материалы и методы.* Экспериментальные исследования производились в Калужской области на полях Калужского НИИ Сельского Хозяйства. Объект исследования – пшеница сортов «Касар», «Московская 56», «Московская 40». В связи с тем, что морфоструктурные элементы продуктивности колоса могут существенно изменяться в зависимости от условий выращивания, непосредственно перед испытаниями была произведена оценка длины колоса и плотности колосьев. Также было выдвинуто предположение, что на процесс взаимодействия гребенки с колосом влияют такие параметры, как ширина и толщина колоса.

*Результаты исследования.* Получены усилия очеса указанных сортов пшеницы при использовании гребенок со щелью 5–7 мм. Усилия очеса пшеницы сорта «Касар» при использовании гребенки со щелью 6 мм изменялись в пределах 17,4...24,2 Н; при использовании гребенки со щелью 7 мм усилия составили 13,4...16,8 Н.

*Обсуждение и заключение.* Подтверждено предположение о зависимости усилия очеса от ширины щели очесывающей гребенки. При использовании гребенок с шириной щели 5 и 6 мм в процессе очеса пшеницы сорта «Московская 40» диапазоны усилий составили 16,5...20,6 Н и 8,1...14 Н соответственно. Установлено влияние на величину усилия очеса таких параметров колоса, как ширина, толщина и плотность.

**Ключевые слова:** уборка зерновых, очесывающее устройство, очесывающий барабан, очесывающая гребенка, усилие очеса, колос пшеницы

**Для цитирования:** Савин В. Ю. Определение усилий, необходимых для очеса колоса пшеницы // Инженерные технологии и системы. 2019. Т. 29, № 3. С. 456–466. DOI: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.029.201903.456-466>



## Determination of the Force Required for Stripping the Wheat Ear

V. Yu. Savin\*

*Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University  
(Kaluga, Russia)*

\*savin.study@yandex.ru

*Introduction.* The force required for stripping the ear is one of important parameters characterizing the process of stripping. The force varies within certain limits depending on the type of plant, grain moisture, and structural and morphological parameters of the ear. A series of experiments was carried out to determine forces of different types of wheat stripping.

*Materials and Methods.* Experimental studies were carried out in the Kaluga Oblast in the fields of Kaluga Research Institute of Agriculture. The study dealt with wheat varieties “Kasar”, “Moskovskaya 56”, and “Moskovskaya 40”. Ear parameters were estimated directly before testing as structural and morphological parameters of the ear can change significantly depending on growing conditions. It was suggested that such parameters as the width and thickness of the ear affect the process of the latter interaction with stripping fingers.

*Results.* Forces of stripping the said wheat varieties were obtained using stripping fingers with a gap of 5–7 mm. Stripping forces of the “Kasar” wheat varied from 17,4 to 24,2 N, under conditions of the gap of 6 mm, and from 13,4 to 16,8, with the gap of 7 mm.

*Discussion and Conclusion.* Dependence of the stripping force on the gap width of stripping fingers was confirmed by results of our experiments. Forces varied in the range of 16,5–20,6 N when stripping off “Moskovskaya 40” wheat in the case of the gap of 5 mm and 8,1–14 N in the case of the 7-mm gap. The effect of such ear parameters as the width, thickness and density was established.

**Keywords:** grain harvesting, rippler, rippling drum, stripping fingers, stripping force, ear of wheat

**For citation:** Savin V.Yu. Determination of the Force Required for Stripping the Wheat Ear. *Inzhenernyye tekhnologii i sistemy* = Engineering Technologies and Systems. 2019; 29(3):456-466. DOI: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.029.201903.456-466>

### Введение

Одной из перспективных технологий уборки зерновых культур является технология очеса растений на корню. В нашей стране и за рубежом производятся исследования, направленные на создание линейки очесывающих адаптеров к зерноуборочным комбайнам [1], а также прицепных уборочных машин очесывающего типа<sup>1</sup>, удовлетворяющих требованиям уборки зерновых.

Отличительной особенностью технологии очеса зерновых на корню является повышение доли зерна в получаемом ворохе [2; 3], что создает предпо-

сылки для увеличения производительности уборочного агрегата.

Для уборки сельхозкультур предложены различные схемы очесывающих аппаратов, имеющих некоторые технологические отличия и особенности [4; 5], обуславливающие область их использования. Основными типами очесывающих устройств для уборки зерновых являются однобарабанные и двухбарабанные гребневые устройства.

Одним из параметров, характеризующих процесс очеса, является усилие, необходимое для очеса колоса. Очевидно, что усилие варьируется в некоторых

<sup>1</sup> Прицепное очесывающее устройство: пат. 2656414 Рос. Федерация. № 2016140996; заявл. 18.10.2016; опубл. 05.06.2018, Бюл. № 16. URL: [http://www1.fips.ru/fips\\_serv1/fips\\_servlet?DB=RUPA T&DocNumber=2656414&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPA T&DocNumber=2656414&TypeFile=html) (дата обращения 15.05.2019).

пределах в зависимости от сорта растений, влажности зерна и морфоструктурных параметров продуктивности колоса. Для определения усилий очеса озимой пшеницы различных сортов проведена серия опытов.

Результаты исследований по определению усилий очеса необходимы для решения нескольких задач. Одной из таких задач является определение потребной мощности на привод очесывающего барабана [6; 7]. Результаты опытов позволят производить оценку требуемой мощности на очес с учетом фактических морфоструктурных показателей продуктивности колоса растений и корректно подбирать энергетические параметры агрегата в целом.

Другой важной задачей уборки зерновых методом очеса является минимизация таких явлений, как отрыв колоса и тербление растений из почвы. Данные явления негативно влияют на процесс направленного движения очесанного вороха по гребенке. При этом возможное наматывание вырванных стеблей на очесывающий барабан ведет к повышенным потерям зерна. Учет данного фактора при проектировании очесывающих устройств вынуждает увеличивать диаметр очесывающего барабана, что ведет к повышению потребной мощности холостого хода барабана.

Полученные усилия очеса позволяют сформировать базу для сравнения со значениями усилий отрыва колоса, усилиями тербления растений из почвы и дать рекомендации по минимизации потерь зерна, вызванных указанными явлениями.

На основании анализа обозначенных проблем сформулированы следующие задачи исследования:

– выбор морфоструктурных показателей продуктивности колоса, влияющих на усилие очеса;

– определение усилий очеса по сортам пшеницы;

– оценка морфоструктурных показателей продуктивности колоса по сортам пшеницы;

– сопоставление полученных усилий очеса с морфоструктурными показателями продуктивности колосьев пшеницы соответствующих сортов.

### Обзор литературы

Прочность связи зерна с колосом определяется усилием, с каким оно удерживается в цветоложе и в колосе чешуями. Усилие на отрыв зерна от цветоложа в 2,5 раза превышает силу, удерживающую чешуями зерно в колосе<sup>2</sup>.

Известно, что в зависимости от спелости зерна эти усилия изменяются по-разному [8]. Сила отрыва зерна от цветоложа по мере созревания уменьшается. Сила, удерживающая зерно в колосе чешуями, увеличивается.

Разрушение связей зерна с колосом может быть статическое и динамическое. При статическом разрушении определяют силу, необходимую для этого.

Динамическое разрушение связей зерна происходит при приложении быстро изменяющейся нагрузки. При этом скорость изменения нагрузки настолько велика, что значительная часть работы внешней силы переходит в кинетическую энергию движущихся частиц зерносомистой массы, а энергия упругих деформаций оказывается сравнительно малой. В связи с этим динамическое разрушение связей зерна воспроизводят, когда необходимо определить работу внешних сил. Известны способы реализации данного метода разрушения, предполагающие использование маятникового или ротационного копров [9; 10].

Статическое разрушение связей зерна с колосом будет характеризоваться нормальными скоростями деформации,

<sup>2</sup> Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения. 2-е изд., перераб. и доп. / под редакцией Е. С. Босого. М.: Машиностроение, 1978. 568 с.

то есть скоростями, лежащими в пределах следующего диапазона:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = 0,01 - 3 \text{ мин}^{-1}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  – относительное удлинение;  $t$  – время.

Известны результаты исследований статистического метода разрушения связей зерна<sup>3</sup>. При вращении колоса в центрифуге, реакция связей, обусловленная центробежной силой, разрушает эти связи силой:

$$P = \frac{Gr\omega^2}{g}, \quad (2)$$

где  $G$  – вес зерна;  $r$  – расстояние от оси вращения до зерна в колосе;  $\omega$  – угловая скорость центрифуги;  $g$  – ускорение свободного падения.

Для твердых пшениц полученная сила составила 1,5...1,9 Н; для мягких пшениц – 0,98...1,75 Н.

Исследования усилий отрыва зерна от колоса в период восковой и полной спелости на полевых измерительных станциях с использованием динамометра [11] показали уменьшение усилия отрыва с каждым днем перестоя после полной спелости. Максимальные усилия отрыва зерна от колоса к концу агросрока для озимой пшеницы сорта «Лучезар» составили 4 Н.

Известны результаты исследования энергоемкости выделения зерна из колоса при знакопеременном нагружении связей зерна с колосом [12]. Максимальное усилие в цикле выделения зерен из колоса пшеницы составило около 31 Н.

Некоторые авторы рассматривают процесс очеса как одну из разновидно-

стей процесса обмолота [13]. Отмечено, что использование этой разновидности технологии обмолота позволяет значительно снизить потребление энергии.

Процесс выделения зерна из колоса при очесе имеет определенные особенности. В процессе очеса щель гребенки взаимодействует не с отдельным зерном, а с колосками, содержащими по несколько зерен и при этом еще и взаимодействующими друг с другом. Также необходимо отметить, что работа некоторых конструкций очесывающих аппаратов подразумевает не протягивание колоса между зубьями гребенки с выделением зерна, а отрыв колоса [14]. Это уже несколько специфическая технология и термин «усилие очеса» здесь не совсем корректен.

#### Материалы и методы

Для определения сил, необходимых для разрушения связей зерна пшеницы с колосом, была проведена серия опытов. Экспериментальные исследования производились в Калужской области на полях Калужского НИИ Сельского Хозяйства. Объект исследования – пшеница сортов «Касар», «Московская 56», «Московская 40». Влажность зерна пшеницы указанных сортов на протяжении исследований составляла 12,2–13,6 %.

Пшеница «Касар» – новый сорт озимой пшеницы, созданный совместно учеными Калужского НИИСХ и НИИСХ Юго-Востока (г. Саратов). Колос веретеновидный. Плотность составила 20–22 колоска на 10 см колоса. Сорт по результатам оценки в экологическом сортоиспытании в среднем за 2009–2012 гг. при урожайности зерна 63,9 ц/га достоверно превысил стандартный сорт пшеницы озимой «Московская 39» на 12,3 ц/га или на 23,8 %<sup>4</sup>. Сорт проходит испытания в Госкомиссии РФ.

<sup>3</sup> Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: Учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения. 2-е изд., перераб. и доп. / под редакцией Е. С. Босого. М.: Машиностроение, 1978. 568 с.

<sup>4</sup> ФГБНУ Калужский НИИСХ. Исследования [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kniish.org/research/> (дата обращения 15.05.2019).

Пшеница «Московская 40» – мягкая озимая пшеница. Колос веретеновидный, средней плотности или плотный, белый, короткий или средней длины. Ости на конце колоса средней длины или длинные. Масса 1000 зерен 37–48 г. Рекомендован для возделывания в Тульской области. Средняя урожайность в регионе – 33,7 ц/га.<sup>5</sup>

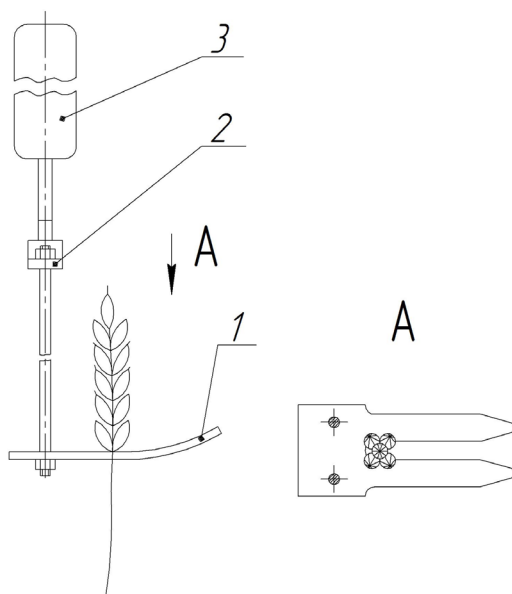
Пшеница «Московская 56» – мягкая озимая пшеница. Колос полубулавовидный, рыхлый или средней плотности, белый, короткий или средней длины. Ости на конце колоса средней длины. Масса 1000 зерен 40–49 г. Рекомендован для возделывания в Тульской области и Центральной зоне Московской области. Средняя урожайность в Центральном регионе – 32,2 ц/га.<sup>6</sup>

В связи с тем что морфоструктурные элементы продуктивности колоса могут существенно изменяться от условий выращивания, непосредственно перед

испытаниями была произведена оценка длины колоса и плотности колосьев. Также было выдвинуто предположение, что на процесс взаимодействия гребенки с колосом влияют такие параметры, как ширина и толщина колоса. Данные параметры также были оценены.

Морфоструктурные параметры продуктивности колоса измерялись с использованием линейки и штангенциркуля. Средние показатели подсчитывались по десяти замерам.

Для физического моделирования процесса очеса и измерения усилия очеса было изготовлено измерительное устройство на базе тензопреобразователя. Схема измерительного устройства представлена на рисунке 1. Измерительное устройство включает механическую часть и регистрирующую часть. Механическая часть устройства напрямую взаимодействует с колосом растения и имеет контактные поверхности,



Р и с. 1. Измерительное устройство: 1 – гребенка; 2 – кронштейн; 3 – тензопреобразователь  
 F i g. 1. Measuring device: 1– stripping fingers; 2 – bracket; 3– strain gauge

<sup>5</sup> Государственный реестр селекционных достижений. Реестр. Сорт Московская 40 [Электронный ресурс]. URL: <https://reestr.gossort.com/reestr/sort/9253284> (дата обращения 15.05.2019).

<sup>6</sup> Государственный реестр селекционных достижений. Реестр. Сорт Московская 56 [Электронный ресурс]. URL: <https://reestr.gossort.com/reestr/sort/9553369> (дата обращения 15.05.2019).

повторяющие рабочие поверхности криволинейных, отогнутых вперед гребенок очесывающего устройства, боковые кромки зубьев которых расположены параллельно. В процессе измерения колос протягивался через щель гребенки при ее поступательном движении регистрировались максимальные усилия очеса.

В связи с различными показателями морфоструктурных элементов указанных сортов, измерение усилия очеса для каждого сорта производилось гребенками с различной шириной щели: 5, 6 и 7 мм. Предполагалось, что использование гребенок с различной шириной щели даст различную степень очеса и различные усилия очеса.

Для каждого сочетания сорта и ширины гребенки минимальное запланированное количество опытов было равно восьми. Дополнительные опыты проводились при появлении резковыделяющихся результатов.

#### Результаты исследования

Произведена оценка предложенных морфоструктурных показателей колоса (табл. 1). Показатели плотности колоса исследуемых сортов в целом были близки. При этом пшеница сорта «Московская 56» имела меньшее число колосков на 1 см колоса – 2,1. Что касается размеров колоса, то здесь явно выделялась пшеница «Касар». Растения данного сорта имели значительно более круп-

ные колосья. Средние значения ширины и толщины составили 12,8 и 11 мм соответственно.

Предварительные опыты по очесу пшеницы «Касар» указанными гребенками показали, что очес гребенкой с шириной щели 5 мм нецелесообразен, так как большинство опытов закончились обрывом колоса. Результаты измерений усилий очеса пшеницы «Касар» с гребенками 6 и 7 мм показаны на диаграмме рисунка 2. Как видно из диаграммы, усилие очеса при использовании гребенки со щелью 7 мм изменялось в пределах 13,4...16,8 Н. Усилие очеса при использовании гребенки со щелью 6 мм составило 17,4...24,2 Н.

Исследования очеса пшеницы «Московская 56» показали, что измерение усилия очеса гребенкой с шириной щели 7 мм нецелесообразно, так как взаимодействие гребенки и колоса находится на минимальном уровне, и колосья практически не прочесываются. Результаты измерений усилий очеса пшеницы «Московская 56» с гребенками 5 и 6 мм показаны на диаграмме рисунка 3. Как видно из диаграммы, усилие очеса при использовании гребенки со щелью 6 мм изменялось в пределах 7,4...12,2 Н. Усилие очеса при использовании гребенки со щелью 5 мм составило 12...17,2 Н.

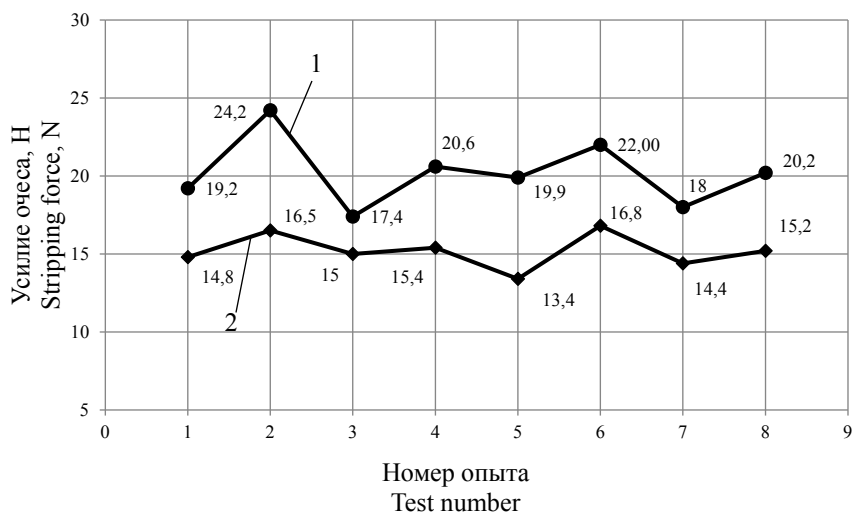
При использовании гребенки с шириной щели 7 мм при очесе пшеницы

Таблица 1

Table 1

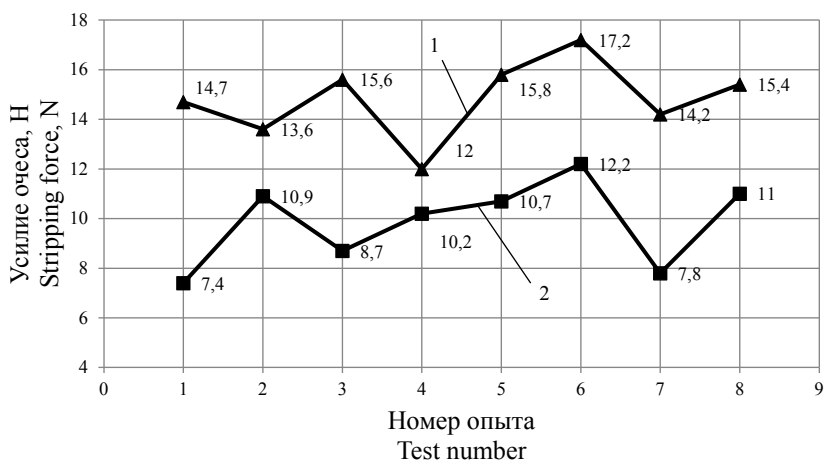
Показатели структуры колосьев пшеницы  
Structure indicators of wheat ears

Сорт / Wheat variety	Длина, мм / Length, mm	Плотность (число колосков на 1 см колоса) / Density (Spikelet per 1 cm of ear)	Среднее значение ширины, мм / Average width, mm	Среднее значение толщины, мм / Average thickness, mm
Касар / Kasar	80–92	2,2	12,8	11
Московская 40 / Moskovskaya 40	64–72	2,2	9	8,6
Московская 56 / Moskovskaya 56	70–80	2,1	10,3	9,2



Р и с. 2. Диаграмма усилий очеса колоса пшеницы сорта «Касар»: 1 – гребенка со щелью 6 мм; 2 – гребенка со щелью 7 мм

Fig. 2. Diagram of stripping strange of “Kasar” wheat: 1 – stripping fingers with a gap of 6 mm; 2 – stripping fingers with a gap of 7 mm



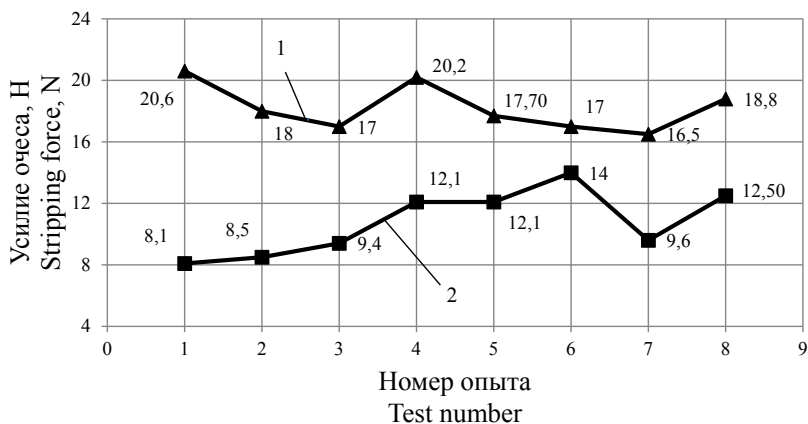
Р и с. 3. Диаграмма усилий очеса колоса пшеницы сорта «Московская 56»: 1 – гребенка со щелью 5 мм; 2 – гребенка со щелью 6 мм

Fig. 3. Diagram of stripping force of “Moskovskaya 56” wheat: 1 – stripping fingers with a gap of 5 mm; 2 – stripping fingers with a gap of 6 mm

«Московская 40» также наблюдаем значительное непрочесывание колосьев. Результаты измерений усилий очеса пшеницы «Московская 40» с гребенками 5 и 6 мм показаны на диаграмме рисунка 4. Согласно диаграмме усилие очеса при использовании гребенки со щелью 6 мм изменялось в пределах

8,1...14 Н. Усилие очеса при использовании гребенки со щелью 5 мм составило 16,5...20,6 Н.

Напрашивается вывод, что непрочесывание колосьев пшеницы сортов «Московская 40» и «Московская 56» гребенками с шириной щели 7 мм при проведении экспериментальных иссле-



Р и с. 4. Диаграмма усилий очеса колоса пшеницы сорта «Московская 40»:  
1 – гребенка со щелью 5 мм; 2 – гребенка со щелью 6 мм

F i g. 4. Diagram of stripping strange of “Moskovskaya 40” wheat:  
1 – stripping fingers with a gap of 5 mm; 2 – stripping fingers with a gap of 6 mm

дований будет соответствовать аналогичному явлению при работе очесывающего устройства. Однако в работе М. А. Бурьянова [15] указано, что колебания стебля при работе очесывающего устройства способствуют контакту зубьев гребенки с колосом и выделению зерна. При этом граничные условия возникновения и параметры колебаний не указаны, поэтому данный вопрос требует дополнительного изучения.

#### Обсуждение и заключение

В результате исследования получены экспериментальные данные по значениям усилий очеса колосьев пшеницы сортов, характерных для Центрального экономического района Российской Федерации. Максимальные усилия получены при очесе колосьев пшеницы сорта «Касар» гребенкой с шириной щели 6 мм: 17,4...24,2 Н. Минимальные усилия получены при очесе колосьев пшеницы сорта «Московская 56» гребенкой с шириной щели 6 мм: 7,4...12,2 Н.

Установлена зависимость усилий очеса от морфоструктурных показате-

лей продуктивности колоса: ширины, толщины, плотности. Так, диапазон полученных усилий очеса колосьев пшеницы сорта «Московская 40» составил 12...17,2 Н. При очесе же более крупных колосьев пшеницы сорта «Касар» диапазон усилий составил 17,4...24,2 Н. Пшеница сорта «Московская 40» в сравнении с сортом «Московская 56» имеет чуть большую плотность колоса равную 2,2. При этом усилие очеса возрастает с 12...17,2 Н до 16,5...20,6 Н.

Установлена зависимость усилий очеса от ширины щели очесывающей гребенки. Так, при использовании гребенок с шириной 5 и 6 мм при очесе пшеницы сорта «Московская 40» диапазоны усилий составили 16,5...20,6 Н и 8,1...14 Н соответственно. Одной из причин зависимости является степень выделения зерна из колоса. Другой причиной может быть расположение центров приложения усилий при взаимодействии колоса и зубьев гребенки, что требует дополнительного изучения.



**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. **Ковлягин Ф. В., Маслов Г. Г.** Уборка зерновых культур методом очеса // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1991. № 8. С. 5–6.
2. **Савин В. Ю.** Определение состава очесанного вороха при уборке пшеницы с использованием прицепного очесывающего устройства // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (51). С. 96–99. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2016.4.96>
3. **Жалнин Э. В.** Уборка с очесом на корню: за и против // Сельский механизатор. 2013. № 8 (54). С. 10–12. URL: <http://selmech.msk.ru/> (дата обращения 15.05.2019).
4. **Галкин А. В., Фадеев Д. Г., Ушаповский И. В.** Исследование качественных характеристик льноволокна в зависимости от конструкции очесывающего аппарата // Вестник Мордовского университета. 2018. Т. 28, № 3. С. 389–399. DOI: <https://doi.org/10.15507/0236-2910.028.201803.389-399>
5. **Алдошин Н. В., Мосяков М. А.** Совершенствование конструкции очесывающих устройств для уборки зернобобовых культур // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». 2018. № 2. С. 23–27. DOI: <https://doi.org/10.26897/1728-7936-2018-2-23-27>
6. **Галкин А. В., Фадеев Д. Г.** Исследование затрат энергии на привод гребневого очесывающе-транспортирующего барабана льноуборочной машины // Агротехника и энергообеспечение. 2014. № 1. С. 198–203. URL: [http://www.agrotech-orel.ru/releases/magazine/1-\(1\)-2014.pdf](http://www.agrotech-orel.ru/releases/magazine/1-(1)-2014.pdf) (дата обращения 15.05.2019).
7. **Галкин А. В., Фадеев Д. Г.** Энергетические показатели гребневых очесывающе-транспортирующих аппаратов при различных способах очеса стеблей льна // Техника и оборудование для села. 2015. № 9. С. 9–11. URL: <https://rosinformagrotech.ru/data/tos> (дата обращения 15.05.2019).
8. **Липовский М. И.** Обоснование рационального двухфазного обмолота зерновых культур // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2004. Вып. 76. С. 25–38. URL: <https://e.lanbook.com/reader/journalArticle/196909/#1> (дата обращения 15.05.2019).
9. **Ягельский М. Ю., Родимцев С. А.** Исследование энергии разрушения стеблей растений сельскохозяйственных культур // Техника в сельском хозяйстве. 2014. № 5. С. 21–23.
10. **Косолапов Е. В., Матушкин О. П.** Применение аналого-цифрового преобразователя для исследования прочностных свойств стебельного материала // Фундаментальные исследования. 2015. № 6. С. 30–34. URL: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38388> (дата обращения 15.05.2019).
11. Методы и результаты определения естественной силы связи зерна с колосом в период созревания и полной спелости / А. И. Бурьянов [и др.] // Зерновое хозяйство России. 2018. № 6. С. 21–25. DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-6-21-25>
12. **Ожерельев В. Н., Никитин В. В.** Энергоемкость выделения зерна из колоса // Техника в сельском хозяйстве. 2013. № 4. С. 22–24.
13. **Fu J., Chen Zh., Han L., Ren L.** Review of Grain Threshing Theory and Technology // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2018. Vol. 11, Issue 3. Pp. 12–20. DOI: <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181103.3432>
14. **Федин М. А., Кухарев О. Н., Семов И. Н.** Определение потерь зерна за очесывающей жаткой с ротором, оснащенной гребенкой с тангенциальным каналом // Нива Поволжья. 2017. № 4 (45). С. 175–181. URL: [https://niva-volga.ru/file/vipuski/2017\\_4\\_45/2017\\_4\\_45\\_ru.pdf](https://niva-volga.ru/file/vipuski/2017_4_45/2017_4_45_ru.pdf) (дата обращения 15.05.2019).
15. **Бурьянов М. А.** Исследование взаимодействия колоса растения с зубьями однобарабанной навесной на комбайн жаткой при уборке зерновых культур очесом // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского Государственного Аграрного Университета. 2011.

№ 67. С. 91–100. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/issledovanie-vzaimodeystviya-kolosa-rasteniya-s-zubyami-odnobarabannoy-navesnoy-na-kombayn-zhatkoy-pri-uborke-zernovyh-kultur-ochesom> (дата обращения 15.05.2019).

Поступила 01.03.2019; принята к публикации 02.04.2019; опубликована онлайн 30.09.2019

Об авторе:

**Савин Владимир Юрьевич**, доцент кафедры тепловых двигателей и гидромашин калужского филиала ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана» (248000, Россия, г. Калуга, ул. Баженова, д. 2), кандидат технических наук, ResearcherID: D-4378-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2476-9768>, [savin.study@yandex.ru](mailto:savin.study@yandex.ru)

**Благодарности:** Автор выражает благодарность члену-корреспонденту РАН, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Горбачеву И. В. за помощь в подготовке статьи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

## REFERENCES

1. Kovliagin F.V. Harvesting of Grain Crops by Combing. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva* = Mechanization and Electrification of Agriculture. 1991; (8):5-6. (In Russ.)
2. Savin V.Yu. Determination of Composition of Threshed Heap at Harvesting Wheat Using the Trail-Type Rippler. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Voronezh State Agrarian University Bulletin. 2016; (4):96-99. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2016.4.96>
3. Zhalnin E.V. Cleaning With a Comb on the Roots: Pros and Cons. *Selskiy Mehanizator* = Country Mechanic. 2013; (8):10-12. Available at: <http://selmech.msk.ru/> (accessed 15.05.2019). (In Russ.)
4. Galkin A.V., Fadeev D.G., Uschapovsky I.V. Studying Quality Characteristics of Flax Fiber Depending on Deseeding Device Design. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2018; 28(3):389-399. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.15507/0236-2910.028.201803.389-399>
5. Aldoshin N.V., Mosyakov M.A. Improving the Design of a Combing Device for Harvesting Leguminous Crops. *Vestnik federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V.P. Goryachkina"* = Goryachkin Moscow State Agroengineering University Bulletin. 2018; (2):23-27. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.26897/1728-7936-2018-2-23-27>
6. Galkin A.V., Fadeev D.G. Energy Research on Deseeding and Transporting Device Wire of Flax Harvester. *Agrotehnika i agroobespechenie* = Agrotechnics and Power Supply. 2014; (1):198-203. Available at: [http://www.agrotech-orel.ru/releases/magazine/1-\(1\)-2014.pdf](http://www.agrotech-orel.ru/releases/magazine/1-(1)-2014.pdf) (accessed 15.05.2019). (In Russ.)
7. Galkin A.V., Fadeev D.G. Energy Indicators of Combing and Transporting Combing Devices at Different Methods of Flax Stem Combing. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela* = Machinery and Equipment for Rural Area. 2015; (9):9-11. Available at: <https://rosinformagrotech.ru/data/tos> (accessed 15.05.2019). (In Russ.)
8. Lipovsky M.I. Justification of Rational Two-Phase Threshing of Grain Crops. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktii rastenievodstva i zhivotnovodstva* = Technologies, Machines and Equipment for Mechanized Crop and Livestock Production. 2004; (76):25-38. Available at: <https://e.lanbook.com/reader/journalArticle/196909/#1> (accessed 15.05.2019). (In Russ.)
9. Yagelsky M.Yu., Rodimtsev S.A. The Study of the Energy of Crop Stems Destruction. *Tekhnika v selskom khozyaystve* = Machinery in Agriculture. 2014; (5):21-23. (In Russ.)

10. Kosolapov E.V., Matushkin O.P. Utilization of Analog-To-Digital Converter to Research Strength Properties of Stalk Material. *Fundamentalnyie issledovaniya* = Fundamental Research. 2015; (6):30-34. Available at: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38388> (accessed 15.05.2019). (In Russ.)
11. Buryanov A.I., Chervyakov I.V., Kolinko A.A., et al. Methods and Results of Identification of Natural Interconnection of Grain and an Ear during Ripening and Complete Ripeness. *Zernovoe hozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2018; (6):21-25. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-6-21-25>
12. Ozhereliev V.N., Nikitin V.V. The Energy Intensity of the Allocation of Grain from the Spike. *Tehnika v selskom hozyaystve* = Agricultural Machinery. 2013; (4):22-24. (In Russ.)
13. Fu J., Chen Zh., Han L., Ren L. Review of Grain Threshing Theory and Technology. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2018; 11(3):12-20. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181103.3432>
14. Fedin M.A., Kukharev O.N., Semov I.N. Determination of Grain Losses over the Combing Header with Rotor Equipped with Comb with a Tangential Channel. *Niva Povolzhya* = Cornfield of Volga Region. 2017; (4):175-181. Available at: [https://niva-volga.ru/file/vipuski/2017\\_4\\_45/2017\\_4\\_45\\_ru.pdf](https://niva-volga.ru/file/vipuski/2017_4_45/2017_4_45_ru.pdf) (accessed 15.05.2019). (In Russ.)
15. Burianov M.A. Investigation of Plant Stalk Interaction with Teeth of One-Drum Combine Mounted Header While Harvesting of Crops Through Stripping. *Politematicheskii setevoy elektronnyiy nauchnyiy zhurnal Kubanskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta* = Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2011; (67):91-100. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/v/issledovanie-vzaimodeystviya-kolosa-rasteniya-s-zubyami-odnobarabannoy-navesnoy-na-kombayn-zhatkoy-pri-uborke-zernovyh-kultur-ochesom> (accessed 15.05.2019). (In Russ.)

*Received 01.03.2019; revised 02.04.2019; published online 30.09.2019*

*About author:*

**Vladimir Yu. Savin**, Associate Professor of Chair of Heat Engines and Hydromachines, Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University (2 Bazhenova St., Kaluga 248000, Russia), Ph.D. (Engineering), ResearcherID: D-4378-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2476-9768>, [savin.study@yandex.ru](mailto:savin.study@yandex.ru).

**Acknowledgments:** Author would like to express gratitude to Professor I. V. Gorbachev, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, D.Sc. (Agriculture), for the help in writing the article.

*The author has read and approved the final manuscript.*