

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ ПРИ ОЧЁСЕ ЯЧМЕНЯ

**САВИН ВЛАДИМИР ЮРЬЕВИЧ**, канд. техн. наук, доцент

E-mail: savin.study@yandex.ru

Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», 248000, Российская Федерация, г. Калуга, ул. Баженова, д. 2

Определение усилия очёса зерновой культуры позволяет произвести оценку потребной мощности на процесс очёса и правильно подобрать энергетические параметры очёсывающего агрегата в целом, а также оценить вероятность отрыва колоса при очёсе. Проведена серия опытов по определению усилий очёса ячменя сортов Владимир, Яромир, а также перспективного сорта голозёрного ячменя Нудум-95. Исследования проведены на полях Калужского НИИСХ. Измерительное устройство представляет собой нагрузочную рамку, образованную двузубой гребёнкой и кронштейнами, и тензопреобразователь. Измерения произведены с гребёнками, имеющими ширину щели 3,3 и 3,6 мм. Определено, что очёс колосьев ячменя гребёнками с шириной щели 3 мм нецелесообразен, так как имеет место значительная доля обрывов колосьев. Получены значения сил очёса колосьев ячменя указанных сортов, построены диаграммы усилий. Наибольшие усилия наблюдались при очёсе колосьев ячменя сорта Нудум-95 с гребёнкой 3,6 мм. Диапазон усилий составил 8,7...12,8 Н. Наименьшие значения усилия 6,9...9,1 Н отмечены при очёсе ячменя сорта Владимир с гребёнкой 3,6 мм. Выполнена статистическая обработка результатов исследования. Определены среднеквадратичные отклонения и коэффициенты вариации усилий очёса. Наибольший коэффициент вариации усилий 13,4% получен при очёсе колосьев ячменя сорта Нудум-95 гребёнкой со щелью 3,6 мм. Наименьший коэффициент вариации усилий 8,7% у ячменя сорта Владимир гребёнкой со щелью 3,6 мм. Результаты расчётов показали, что статистические совокупности являются однородными.

**Ключевые слова:** уборка зерновых, очёсывающее устройство, очёсывающий барабан, очёсывающая гребёнка, усилие очёса, колос ячменя, отрыв колоса.

**Формат цитирования:** Савин В.Ю. Определение усилий при очёсе ячменя // *Агроинженерия*. 2020. № 3(97). С. 17-21. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-3-17-21.

## DETERMINING THE EFFORT OF BARLEY STRIPPING

**VLADIMIR YU. SAVIN**, PhD (Eng), Associate Professor

E-mail: savin.study@yandex.ru

Bauman Moscow State Technical University, the Kaluga Branch, 248000, Kaluga, Bazhenova Str., 2

The determination of the effort of grain crop stripping will make it possible to estimate the power required for the stripping process and correctly select the energy parameters of the rippler and also assess the probability of ear separation during stripping. A series of experiments were carried out to determine the effort of stripping barley varieties Vladimir and Jaromir as well as a promising variety of bare-grain barley Nudum-95. The studies were conducted in the Kaluga region on the fields of Kaluga Research Institute of Agriculture. The measuring device is a load frame formed by a double-toothed stripping fingers and brackets and a strain gauge. The measurements were made with stripping fingers having a gap width of 3.3 and 3.6 mm. It was determined that stripping the ears of barley with stripping fingers with a slit width of 3 mm is impractical since there is a significant proportion of ear clipping. The authors determined the values of the stripping forces of the barley ears of the considered varieties and constructed stress diagrams. The greatest efforts were observed when stripping barley ears of the Nudum 95 variety with a comb of 3.6 mm. The range of efforts was 8.7...12.8 N. The smallest efforts were observed when stripping the "Vladimir" barley variety with a comb of 3.6 mm – they amounted to 6.9...9.1 N. The research results were statistically processed to determine the standard deviations and coefficients of variation of the stripping forces. The greatest coefficient of effort variation was obtained when stripping barley ears of the Nudum-95 variety with stripping fingers having a gap of 3.6 mm. The smallest coefficient of effort variation was obtained when combing the barley ears of the Vladimir variety with stripping fingers having a gap of 3.6 mm. The calculation results have proved the uniformity of statistical aggregates.

**Key words:** grain harvesting, rippler, rippling drum, stripping fingers, stripping force, ear of barley, ear separation.

**For citation:** Savin V. Yu. Determining the effort of barley stripping // *Agricultural Engineering*, 2020; 3 (97): 17-21. (In Rus.). DOI: 10.26897/2687-1149-2020-3-17-21.

**Введение.** Развитие технологии очёса зерновых культур на корню в нашей стране будет происходить на определённой базе теоретических и экспериментальных исследований. Результаты исследований должны определять оптимальные параметры конструкции, режимы работы и энергетические показатели работы как очёсывающих жаток к зерноуборочным комбайнам, так и прицепных очёсывающих устройств [1, 2].

Одним из энергетических показателей работы очёсывающего устройства является усилие очёса колоса [3, 4]. Определение усилия очёса зерновой культуры позволит произвести оценку потребной мощности на процесс очёса и правильно подобрать энергетические параметры очёсывающего агрегата в целом.

Определение усилия очёса колоса предполагает исследование процесса взаимодействия колоса и гребёнки в целом. При этом кроме определения энергетических параметров авторами решается более широкий спектр задач.

Отрыв колоса при очёсе – явление достаточно частое, но не очень желательное, поскольку влечёт за собой уменьшение свободного зерна в ворохе, необходимость дообмолота вороха, нестационарное движение частицы по гребёнке и работу устройства на нерасчётных режимах. При этом получается процесс, в меньшей степени поддающийся расчёту и теоретизации. Оценка усилия очёса конкретной культуры, конкретного сорта позволяет сравнить его с усилием отрыва колоса, прочностными свойствами стеблей и оценить вероятность отрыва колоса при очёсе [5, 6]. То же самое можно сказать и про ещё одно нежелательное явление – теребление растения из почвы. В данном случае прибавляется такой негативный фактор как наматывание растений на очёсывающий барабан.

Результаты определения усилий очёса нескольких сортов пшеницы показаны в работе [7]. Данное исследование направлено на определение усилий очёса ячменя. При этом исследуемые сорта относятся к двурядным ячменям.

**Цель исследования** – определение усилий очёса ячменя для сортов, характерных для Центрального региона, или сортов перспективных, с выполнением статистической обработки результатов исследований в рамках проверки полученных совокупностей на однородность.

**Материал и методы.** В рамках определения диапазона усилий, необходимых для очёса ячменя, была произведена серия опытов. Исследования проводились в Перемышльском районе Калужской области на полях ФГБНУ Калужский НИИСХ. Объекты исследования – районированные сорта ячменя Владимир и Яромир, а также перспективный высокобелковый сорт голозёрного ячменя Нудум-95. Влажность зерна изменялась в пределах 13...14,2%.

Ячмень Нудум-95 относится к яровым сортам. Разновидность нудум. Растение среднерослое. Колос пирамидальный цилиндрический, рыхлый, со средним восковым налётом. Зерновка очень крупная, масса 1000 зёрен 47...55 г. Рекомендован для возделывания в Челябинской области. Средняя урожайность в регионе составила 16,3 ц/га [8].

Ячмень Яромир относится к яровым ячменям. Разновидность нутанс. Колос цилиндрический, средней плотности, со средним восковым налётом. Зерновка от крупной до очень крупной, масса 1000 зёрен 38...50 г. Включён в Госреестр по Центральному и Волго-Вятскому регионам. Средняя урожайность в Центральном регионе 29,6 ц/га [9].

Ячмень Владимир также относится к яровым сортам. Разновидность нутанс. Колос цилиндрический, средней плотности без воскового налёта. Зерновка крупная, масса 1000 зёрен 42...51 г. Рекомендован к возделыванию в Московской, Тульской и Белгородской областях. Средняя урожайность в регионах допуска составила 29,5 ц/га [10].

Измерительное устройство представляет собой нагрузочную рамку (рис. 1) с тензопреобразователем. Рамка образована двузубой гребёнкой с изменяемой шириной щели, стержнями и кронштейном, посредством которого крепится к тензопреобразователю. В процессе экспериментальных исследований двузубую гребёнку рамки заводили под колос, стебель растения располагали по центру щели гребёнки, протягивая рамку вверх, очёсывали колос и регистрировали максимальное усилие очёса. Геометрические параметры колосьев ячменя измеряли с использованием штангельциркуля.

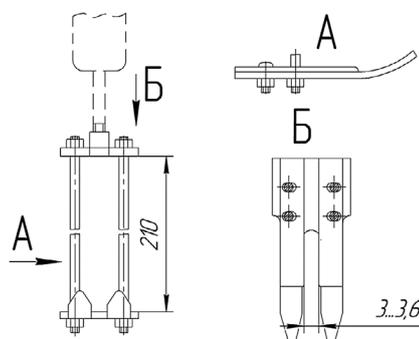


Рис. 1. Нагрузочная рамка измерительного устройства

Fig. 1. Load frame measuring device

Измерения производили с различными значениями ширины щели – 3; 3,3 и 3,6 мм. Данный диапазон был выбран, исходя из геометрических параметров колосьев. Двурядный ячмень характеризуется довольно большой величиной отношения ширины колоса к его толщине. Так при средней ширине колоса 8,3 мм, толщина равна 4,1 мм. При этом искомое отношение составило 2,02. Такое значительное отношение при выборе ширины щели гребёнки заставляет ориентироваться на толщину колоса, т.е. на меньший геометрический параметр. Средние значения толщин колосьев ячменя по сортам приведены в таблице 1. Число опытов в каждой серии равнялось 20.

**Результаты и обсуждение.** На этапе предпланирования эксперимента определено, что очёс колосьев ячменя гребёнками с шириной щели 3 мм нецелесообразен, так как имеет место значительная доля обрывов колосьев. Этот же критерий позволяет судить о нецелесообразности очёса ячменя сорта Нудум-95 гребёнками с шириной щели 3,3 мм. При очёсе гребёнкой с шириной щели свыше 3,6 мм наблюдается регулярный непрочёс – проскакивание колоса в щели гребёнки. Теребления растений при очёсе не наблюдалось.

Выборка из результатов измерений усилий при очёсе колосьев ячменя сорта Нудум-95 гребёнкой с шириной щели 3,6 мм показана на рисунке 2. Усилие очёса изменялось в пределах от 8,7 до 12,8 Н.

Геометрические показатели колосьев ячменя

Table 1

Geometrical indicators of barley ears

Сорт / Variety	Среднее значение толщины, мм / Average thickness, mm
Нудум-95 / Nudum 95	4,1
Яромир / Jaromir	3,8
Владимир / Vladimir	3,9

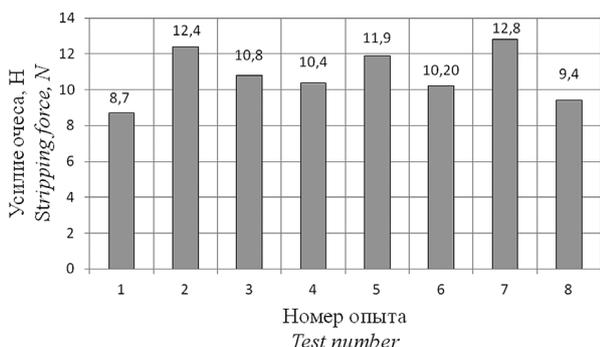


Рис. 2. Диаграмма усилий очёса колоса ячменя сорта Нудум-95 с использованием гребёнки с шириной щели 3,6 мм

Fig. 2. Diagram of the stripping effort of a barley ear of the Nudum-95 variety using stripping fingers with a slit width of 3.6 mm

Выборка из результатов измерений усилий при очёсе колосьев ячменя сорта Яромир гребёнками 3,3 и 3,6 мм показана на рисунке 3. Согласно рисунку, усилие очёса ячменя сорта Яромир с гребёнкой 3,3 мм изменялось от 9,2 до 11,9 Н. Усилие очёса с гребёнкой 3,6 мм изменялось в диапазоне 7,4...10,2 Н.

Выборка из результатов измерений усилий при очёсе колосьев ячменя сорта Владимир гребёнками 3,3 и 3,6 мм показана на рисунке 4. Согласно рисунку, усилие очёса ячменя сорта Владимир с гребёнкой 3,3 мм изменялось от 8,8 до 13,2 Н. Усилие очёса с гребёнкой 3,6 мм изменялось в диапазоне 7,4...9,1 Н.

Для оценки однородности совокупности определены среднеквадратичные отклонения и коэффициенты вариации усилий очёса. Данные статистические показатели, а также средние значения усилий очёса приведены в таблице 2.

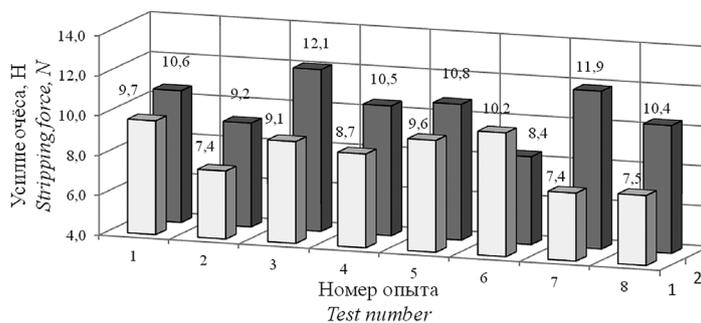


Рис. 3. Диаграмма усилий очёса колоса ячменя сорта Яромир: 1 – гребёнка со щелью 3,6 мм; 2 – гребёнка со щелью 3,3 мм

Fig. 3. Diagram of stripping strange of the Jaromir barley variety: 1 – stripping fingers with a gap of 3.6 mm; 2 – stripping fingers with a gap of 3.3 mm

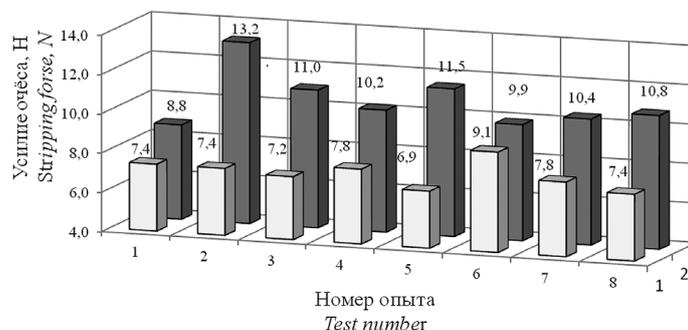


Рис. 4. Диаграмма усилий очёса колоса ячменя сорта Владимир: 1 – гребёнка со щелью 3,6 мм; 2 – гребёнка со щелью 3,3 мм

Fig. 4. Diagram of stripping strange of the Vladimir barley variety: 1 – stripping fingers with a gap of 3.6 mm; 2 – stripping fingers with a gap of 3.3 mm

## Статистические показатели для оценки однородностей результатов экспериментальных исследований

Table 2

## Statistical indicators for evaluating the uniformity of experimental results

Серия опытов <i>Series of experiments</i>	Среднее значение усилия очёса, Н <i>Average stripping force, N</i>	Среднеквадратичное отклонение <i>Standard deviation</i>	Коэффициент вариации, % <i>Coefficient of variation, %</i>
Нудум-95, гребёнка 3,6 мм <i>Nudum-95, stripping fingers with a gap of 3,6 mm</i>	10,82	1,40	13,4
Яромир, гребёнка 3,3 мм <i>Jaromir, stripping fingers with a gap of 3,3 mm</i>	10,49	1,24	11,8
Яромир, гребёнка 3,6 мм <i>Jaromir, stripping fingers with a gap of 3,6 mm</i>	8,70	1,14	13,1
Владимир, гребёнка 3,3 мм <i>Vladimir, stripping fingers with a gap of 3,3 mm</i>	10,72	1,29	11,9
Владимир, гребёнка 3,6 мм <i>Vladimir, stripping fingers with a gap of 3,6 mm</i>	7,62	0,66	8,70

Результаты расчётов показывают, что статистические совокупности являются однородными и найденные средние значения хорошо характеризуют центральные тенденции совокупностей.

Анализируя данные таблицы 2, можно отметить, что в целом среднеквадратичные отклонения и коэффициенты вариации для различных сортов ячменя достаточно близки. Наибольший коэффициент вариации усилий получен при очёсе колосьев ячменя сорта Нудум-95 гребёнкой со щелью 3,6 мм. Наименьший коэффициент вариации усилий получен при очёсе колосьев ячменя сорта Владимир гребёнкой со щелью 3,6 мм.

В целом, по геометрическим параметрам колоса (табл. 1) и усилиям очёса (табл. 2), можно отметить, что с увеличением средней толщины колоса наблюдается тенденция увеличения среднего усилия очёса. Таким образом, толщина колоса – параметр, который в определённой степени для указанных сортов ячменя характеризует прочность связи зерна с колосом.

## Библиографический список

1. Ковлягин Ф.В., Маслов Г.Г. Уборка зерновых культур методом очёса // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1991. № 8. С. 5-6.
2. Прицепное очёсывающее устройство: патент 2656414 Российская Федерация № 2016140996 / В.Ю. Савин, В.М. Алакин; заявл. 18.10.2016; опубл. 05.06.2018. Бюл. № 16.
3. Галкин А.В., Фадеев Д.Г. Исследование затрат энергии на привод гребневого очёсывающего-транспортирующего барабана льноуборочной машины // Агротехника и энергообеспечение. 2014. № 1. С. 198-203.
4. Галкин А.В., Фадеев Д.Г. Энергетические показатели гребневых очёсывающих-транспортирующих аппаратов при различных способах очёса стеблей льна // Техника и оборудование для села. 2015. № 9. С. 9-11.
5. Косолапов Е.В., Матушкин О.П. Применение аналого-цифрового преобразователя для исследования прочностных свойств стебельного материала // Фундаментальные исследования. 2015. № 6. С. 30-34.

## Выводы

1. Экспериментально полученные усилия очёса колосьев ячменя сортов Владимир, Яромир и Нудум-95, характерных для Центрального региона, показали, что при очёсе колосьев гребёнкой 3,6 мм наибольшие усилия наблюдались у голозёрного ячменя сорта Нудум-95 и составили 8,7...12,8 Н, наименьшие – у сорта Владимир – 6,9...9,1 Н.

2. Усилия очёса при использовании гребёнок с одинаковой шириной щели возрастают с увеличением толщины колоса.

3. Среднеквадратичные отклонения и коэффициенты вариации усилий очёса для исследуемых сортов ячменя достаточно близки. Наибольшее значение коэффициента вариации усилий очёса получено у сорта Нудум-95 (гребёнка со щелью 3,6 мм) – 13,4%. Наименьшее – у сорта Владимир (гребёнка со щелью 3,6 мм) – 8,7%.

## References

1. Kovlyagin F.V., Maslov G.G. Uborka zernovykh kul'tur metodom ochosa [Grain harvesting by stripping]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 1991; 8: 5-6. (In Rus.)
2. Savin V.Yu., Alakin V.M. Pritsepnoye ochosyvayushcheye ustroystvo [Trail-type stripper header]: patent 2656414 Russian Federation No. 2016140996, 2018. (In Rus.)
3. Galkin A.V., Fadeyev D.G. Issledovaniye zatrat energii na privod grebneвого ochosyvayushche-transportiruyushchego barabana l'nouborochnoy mashiny [Energy research on stripping and transporting drum drive of flax harvester.]. *Agrotekhnika i energoobespecheniye*. 2014; 1: 198-203. (In Rus.)
4. Galkin A.V., Fadeyev D.G. Energeticheskiye pokazateli grebnykh ochosyvayushche-transportiruyushchikh apparatov pri razlichnykh sposobakh ochosa steblye l'na [Energy indicators of comb-type stripping and transporting unit at different ways of flax stalks stripping]. *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. 2015; 9: 9-11. (In Rus.)
5. Kosolapov Ye.V., Matushkin O.P. Primeneniye analogo-tsifrovogo preobrazovatelya dlya issledovaniya

6. Ягельский М.Ю., Родимцев С.А. Исследование энергии разрушения стеблей растений сельскохозяйственных культур // Техника в сельском хозяйстве. 2014. № 5. С. 21-23.

7. Савин В.Ю. Определение усилий, необходимых для очёса колоса пшеницы // Инженерные технологии и системы. 2019. № 3. С. 456-466. DOI: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.029.201903.456-466>

8. Государственный реестр селекционных достижений. Реестр. Сорт Нудум-95. URL: <http://reestr.gossortrf.ru/reestr/sort/9359388.html>

9. Государственный реестр селекционных достижений. Реестр. Сорт Яромир. URL: <http://reestr.gossortrf.ru/reestr/sort/8953755.html>

10. Государственный реестр селекционных достижений. Реестр. Сорт Владимир. URL: <http://reestr.gossortrf.ru/reestr/sort/9610143.html>

prochnostnykh svoystv stebel'nogo materiala [Utilization of analog-to-digital converter to research strength properties of stalk material]. *Fundamental'nyye issledovaniya*. 2015; 6: 30-34. (In Rus.)

6. Yagel'skiy M. Yu., Rodimtsev S.A. Issledovaniye energii razrusheniya stebly rasteniy sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Study of the destruction energy of crop stalks]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2014; 5: 21-23. (In Rus.)

7. Savin V.Yu. Opredeleniye usiliy, neobkhodimyykh dlya ochosa kolosa pshenitsy [Determination of the force required for stripping wheat ears]. *Inzhenerniye tekhnologii i sistemy*. 2019; 3: 456-466. DOI: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.029.201903.456-466> (In Rus.)

8. Gosudarstvennyy reyestr selektsionnykh dostizheniy. Reyestr. Sort Nudum-95 [State register of breeding achievements. Registry. Variety Nudum-95]. URL: <http://reestr.gossortrf.ru/reestr/sort/9359388.html> (In Rus.)

9. Gosudarstvennyy reyestr selektsionnykh dostizheniy. Reyestr. Sort Jaromir [State register of breeding achievements. Registry. Variety Jaromir]. URL: <http://reestr.gossortrf.ru/reestr/sort/8953755.html> (In Rus.)

10. Gosudarstvennyy reyestr selektsionnykh dostizheniy. Reyestr. Sort Vladimir [State register of breeding achievements. Registry. Variety Vladimir]. URL: <http://reestr.gossortrf.ru/reestr/sort/9610143.html> (In Rus.)

#### Критерии авторства

Савин В.Ю. выполнил теоретические исследования, на их основании провёл эксперимент. Савин В.Ю. имеет на статью авторские права и несёт ответственность за плагиат.

#### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 04.04.2020

Опубликована 29.06.2020

#### Contribution

Savin V.Yu. carried out the experimental work, summarized the material based on the experimental results, and wrote the manuscript. Savin V.Yu. has equal author's rights and bearequal responsibility for plagiarism.

#### Conflict of interests

The author declares no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on April 4, 2020

Published 29.06.2020