

Научная статья

УДК 631.35

EDN UFDOOS

DOI: 10.22450/19996837\_2022\_2\_132

### Расчёт параметров и режимов работы измельчителя соевой соломы

**Иван Васильевич Бумбар<sup>1</sup>, Ирина Михайловна Присяжная<sup>2</sup>,  
Владимир Александрович Сахаров<sup>3</sup>, Алексей Алексеевич Кувшинов<sup>4</sup>,  
Вячеслав Сергеевич Усанов<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет,  
Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>2, 3, 4, 5</sup> Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский  
институт сои», Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [tesimapk@dalgau.ru](mailto:tesimapk@dalgau.ru), <sup>2</sup> [irenpris@mail.ru](mailto:irenpris@mail.ru), <sup>3</sup> [sakharov.v.a@mail.ru](mailto:sakharov.v.a@mail.ru),

<sup>4</sup> [kyaa@vniisoi.ru](mailto:kyaa@vniisoi.ru), <sup>5</sup> [usanov-1989@bk.ru](mailto:usanov-1989@bk.ru)

**Аннотация.** Исследования показали, что нет единой универсальной технологии уборки всего биологического урожая сои. Разработка и исследование работы измельчителей, совершенствование технологии уборки сои со сбором кормовой половы, измельчением и разбрасыванием соломы являются весьма актуальными задачами в механизации уборочных процессов отечественного соеводства. С целью определения оптимальных параметров и режимов работы рабочего органа для измельчения стеблей сои предложена новая схема двухпоточного измельчителя ротационного типа. Рабочий орган осуществляет разделение соломы, поступающей от соломотряса комбайна, на две части; перемещение её шнеком с левой и правой навивкой спирали к боковинам комбайна; измельчение в измельчающем устройстве и разбрасывание измельчённой соломы за боковины комбайна. На уборке сои условным зерноуборочным комбайном (с пропускной способностью не менее 7 кг/с, оборудованным половосборником), с двухпоточным измельчением соломы рациональными параметрами измельчающего барабана являются частота вращения 1 580 об/мин; рабочий диаметр более 450 мм и шесть измельчающих ножей с каждой стороны. Расчётное значение усилия перерезания одного растения составило 60 Н. Суммарная мощность привода в зависимости от густоты растений к уборке составляет 13,2–17,5 кВт (17,9–23,8 л. с.). Качественная работа молотильных и ротационных измельчающих солому аппаратов обеспечивается при оптимальной скорости комбайна 2,0–2,5 м/с, ширине захвата жатки условного зерноуборочного комбайна – 7 м и количестве растений, поступающих на обмолот 875–1 330 шт./с (соответственно на каждый измельчитель 437–665 шт./с). Результаты исследований использованы при выполнении научной темы по созданию соезернового комбайна для уборки зерновых и сои с возможностью получения качественных семян, сбора половы, измельчения и разбрасывания соломы слева и справа за боковинами комбайна.

**Ключевые слова:** соя, комбайн, измельчение стеблей, двухпоточный измельчитель, режимы работы измельчителя, усилие среза, мощность на измельчение

**Для цитирования:** Бумбар И. В., Присяжная И. М., Сахаров В. А., Кувшинов А. А., Усанов В. С. Расчёт параметров и режимов работы измельчителя соевой соломы // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Вып. 2 (62). С. 132–141. doi: 10.22450/19996837\_2022\_2\_132.

Original article

### Calculation of parameters and operating modes of the soybean straw chopper

**Ivan V. Bumbar<sup>1</sup>, Irina M. Prisyazhnaya<sup>2</sup>, Vladimir A. Sakharov<sup>3</sup>,  
Aleksei A. Kuvshinov<sup>4</sup>, Vyacheslav S. Usanov<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>2, 3, 4, 5</sup> Federal Scientific Center "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean",

Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [tesimapk@dalgau.ru](mailto:tesimapk@dalgau.ru), <sup>2</sup> [irenpris@mail.ru](mailto:irenpris@mail.ru), <sup>3</sup> [sakharov.v.a@mail.ru](mailto:sakharov.v.a@mail.ru),

<sup>4</sup> [kyaa@vniisoi.ru](mailto:kyaa@vniisoi.ru), <sup>5</sup> [usanov-1989@bk.ru](mailto:usanov-1989@bk.ru)

**Abstract.** Studies show that there is no single universal technology for harvesting the entire biological soybean crop. The development and research of choppers, the improvement of soybean harvesting technology with the collection of fodder, straw chopping and spreading is a very urgent task in the mechanization of harvesting processes of domestic soybean production. In order to calculate the optimal parameters and operating modes of the working body for soybean stalk chopping, a new scheme of a two-flow rotary chopper is proposed. The working body divides the straw, coming from the combine straw walker into two parts, moves it with an auger with a left and right spiral winding to the sidewalls of the combine, chops it in a chopping device and spreads the chopped straw over the sidewalls of the combine. When harvesting soybean with a conventional grain harvester (with a throughput of at least 7 kg/s, equipped with a floor collector), with two-flow straw chopping, the rational parameters of the chopping drum are 1 580 rpm, a working diameter of more than 450 mm and 6 chopping knives on each side. The calculated value of the cutting force of one plant was 60 N. The total drive power, depending on the plant density for harvesting, is 13.2–17.5 kW (17.9–23.8 hp). The high-quality operation of threshing and rotary straw chopping devices is provided at the optimal combine speed of 2.0–2.5 m/s, the harvester width of the conditional combine grain harvester of 7 m, and the number of plants supplied for threshing of 875–1330 pcs./s (respectively, 437–665 pcs./s for each shredder). The results of the research were used in the implementation of the scientific theme of a soybean harvester creating for harvesting grain and soybeans with the possibility of obtaining high-quality seeds, harvesting, chopping and spreading straw on the left and right behind the sidewalls of the combine.

**Keywords:** soybean, combine harvester, stem chopping, two-flow chopper, chopper operating modes, cutting force, chopping power

**For citation:** Bumbar I. V., Prisyazhnaya I. M., Sakharov V. A., Kuvshinov A. A., Usanov V. S. Raschet parametrov i rezhimov raboty izmel'chatelya soevoi solomy [Calculation of parameters and operating modes of the soybean straw chopper]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2022; 2 (62): 132–141. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2022\_2\_132.

**Введение.** Соя – ведущая культура отрасли растениеводства Амурской области [9]. Для формирования высокого урожая она требует плодородных, хорошо дренированных, чистых от сорняков почв. Поэтому, повышение плодородия почв и продуктивности пашни на основе освоения научно обоснованных систем земледелия является основной задачей сельскохозяйственного производства [8].

Почвенные организмы (почвенная биота), разрушающие биологическую массу, находящуюся в почве и на поверхности поля, являются поставщиками необходимых для развития растений веществ [1].

Соевая солома выступает важнейшим источником пополнения почвы органическим веществом. Культурная соя – однолетнее растение с хорошо облиственным и прочным стеблем с ответвлениями, образующее куст, сохраняющий вертикальное положение к уборке урожая [7]. Характер-

ной особенностью сои является наличие стеблей, узлов, где располагаются листья, ветви и органы плодоношения, причём ветви образуются узлами только в нижней части стебля. В узлах же верхней части стебля амурских и приморских сортов сои ветвей нет. Вследствие наличия боковых побегов, листья и бобы располагаются по узлам стебля неравномерно, до 90 % их находится в нижней и средней частях стебля.

При уборке и обмолачивании створки бобов, мелко измельчённая часть стеблей и сорной примеси отделяются на решетном стане комбайна и выбрасываются в почву [12]. Прямостоячий стебель сои (например, сорта Сентябринка) имеет, в среднем, толщину у корневой шейки 5,7 мм, в средней части – 4,5 мм и в верхней части – 3,05 мм. Высота стебля сои различных сортов равна от 62 до 90,8 см. Соотношение выхода стеблей в процентном отношении к зерну скороспелых (Сентябринка, Лидия), среднеспелых (Гармония, Нега 1, Даурия) и

позднеспелого (Бонус) сортов сои изменяется от 37 до 89 %, створок – от 31 до 65 % (табл. 1).

Интенсивность разложения стеблей (соломы) при заделке её в почвенном слое на глубину 12–14 см зависит от размеров (длины и толщины) измельчённых стеблей сои, их химического состава, влажности стеблей и почвы. Основная часть соевых стеблей представлена клетчаткой (34,49–35,94 %) (табл. 2). В состав стеблей входят также безазотистые экстрактивные вещества, на долю которых приходится 37,3–40,8 % [6].

Основным источником питания растений является почва, которая пополняется измельчённой соевой соломой при заделке её дискованием или культивацией. Исследования, проведённые в период 2020–2021 гг. в Федеральном научном центре «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», в полевом севообороте показали, что стебли вызревших растений сои характеризуются невысоким содержанием протеина (3,28–3,75 %). При этом содержание минеральных элементов (кальция, калия, магния и

фосфора) в общей сумме у стеблей сои среднеспелого сорта Нега 1 и скороспелого сорта Сентябринка составляют соответственно 3,09 и 2,98 % [12].

Совершенствование процесса измельчения и разбрасывания соевой соломы для разложения в почве и создания условий последующего роста и развития растений решается за счёт разработки качественных измельчителей [6].

Существующая технология уборки всего биологического урожая сои со сбором соевой половы, измельчением и разбрасыванием или укладкой в валок соломы с использованием измельчителя ПУН-5 и большеобъёмного (до 45 м<sup>3</sup>) прицепа в условиях Амурской области, когда уборка зачастую проходит при переувлажнении почвы, не всегда может осуществляться, в связи с недостаточной проходимостью, снижением производительности, а также ростом эксплуатационных затрат, из-за снижения рабочей скорости и расхода топлива ввиду повышенного буксования вплоть до полной остановки.

Поэтому, в данных условиях более перспективна технология с половосбор-

**Таблица 1 – Биологическая урожайность зерна и незерновой части сои**

Сорт	Высота растения, см	Количество растений на 1 м <sup>2</sup>	Масса, г/м <sup>2</sup>			Соотношение (зерно : стебли : створки), %
			зерна	стеблей	створок	
Сентябринка	91	62	462	394	302	40:34:26
Лидия	52	76	145	129	92	40:35:25
Гармония	65	52	128	104	74	42:34:24
Нега 1	66	50	710	360	346	50:25,5:24,5
Даурия	63	56	223	123	105	53:23:24
Бонус	62	60	169	52	62	60:18:22
Среднее значение	66,3	59,3	306	193	163	46:29:25

**Таблица 2 – Химический состав стеблей сои сортов Всероссийского научно-исследовательского института сои**

**В процентах от абсолютно сухого вещества**

Сорт сои	Содержание питательных веществ							
	протеин	клетчатка	безазотистые экстрактивные вещества	сухое вещество	Ca	K	Mg	P
Сентябринка	3,28	35,94	37,3	92,22	1,24	1,01	0,29	0,44
Нега 1	3,75	34,49	40,8	92,95	1,16	1,26	0,21	0,46

ником, являющимся агрегатом самого комбайна, осуществляющим сбор и порционную разгрузку на поле собранной половы в мягких контейнерах. Но такие половосборники, как правило, располагаются позади солоотряса, препятствуя работе традиционного однобарабанного (однопоточного) измельчителя-разбрасывателя половы. В связи с этим, одним из направлений совершенствования технологии уборки всего биологического урожая сои со сбором соевой половы, измельчением и разбрасыванием соевой соломы является создание двухпоточных измельчителей-разбрасывателей соломы, позволяющих разделять солому на два потока, измельчать и разбрасывать за боковины комбайна на ширину не менее 80 % ширины захвата жатки [3, 4].

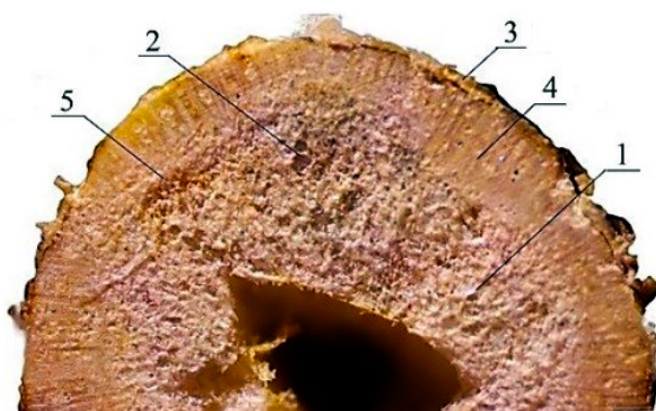
Таким образом, совершенствование данной технологии на основе разработки конструкции и обоснования параметров двухпоточного измельчителя-разбрасывателя соевой соломы при реализации условия расположения за ним агрегата в виде той или иной конструкции половосборника, является весьма актуальной задачей в механизации уборочных процессов сои на Дальнем Востоке.

*Целью исследования явилась разработка конструкции двухпоточного измельчителя-разбрасывателя соломы для двухпоточной технологической схемы его работы с размещением на уровне солоотряса комбайна, а также определение оптимальных параметров и режимов работы измельчающего ротора.*

**Материалы и методы исследования.** Объектом исследования выступает технологический процесс разделения соевой соломы на две части для измельчения на мелкие фракции и разбрасывания слева и справа за боковины комбайна по ходу движения. Важнейший рабочий орган – измельчающий барабан, которому уделяется повышенное внимание из-за прочностной характеристики соевых стеблей.

Для расчёта оптимальных параметров и режимов работы измельчающего рабочего органа необходимо знать размерно-массовые и прочностные характеристики соевых стеблей. В этой связи, изучались выход соломы к зерну сои при уборке урожая, а также анатомическое строение стебля сои, его физико-механические свойства как объекта резания и сущность процесса резания. Структура и размерно-массовые характеристики сои исследовались в Амурской области в 2015–2021 гг. на посевах скороспелых сортов Сентябринка, Лидия; среднеспелых Гармония, Нега 1, Даурия и позднеспелого Бонус. Информационную базу составили аналитические материалы, научные работы и публикации по исследованию рабочих органов для уборки сои в России и на Дальнем Востоке.

Зрелый первичный полевой стебель сои (рис. 1) состоит из сердцевидной паренхимы (1), не содержащей хлоропластов; зоны расположенных по кругу сосудистых пучков (2); коры эпидермиса (3); кортикального слоя между сосудистыми пучками и эпидермисом.



1 – сердцевидная паренхима; 2 – сосудистые пучки;  
3 – кора эпидермиса; 4 – древесинная склеренхима; 5 – ксилема

**Рисунок 1 – Поперечный разрез полого стебля сои**

Клетки сердцевидной паренхимы (1) расходятся от сердцевины, разделяя сосудистые пучки (2) и сливаясь с клетками коры эпидермиса (3) и в целом образуя древесинную склеренхиму (4). Стволовые сосудистые пучки являются сопутствующими с ксилемой (5), простирающейся к сердцевине; флоэмой, простирающейся к коре и полосой потенциальных клеток камбия между ними. По мере развития растения сои, стебель проходит фазу вторичного роста и появляются дополнительные сосудистые и опорные ткани: к тканям камбия между ксилемой и флоэмой добавляется ткань вторичной ксилемы и флоэмы.

В регионах выращивания сои со значительным вторичным ростом стебля наблюдается образование полых стеблей. Древесная склеренхима – наиболее твёрдая часть стебля, обеспечивающая прочность стеблестоя до уборки урожая и сопротивление изгибу при резании.

В момент резания ножи измельчителя однократно ударяют о стебли сои при высокой амплитуде и частоте. Одновременно возрастает усилие на нож и растяжение стебля. Сила, с которой нож режущего аппарата воздействует на стебель, вызывает значительное удельное давление между лезвием и материалом; сила инерции стебля при достаточном его отгибе прекращает необходимое сопротивление, что и приводит к разрушению связей.

**Результаты исследований.** Исследования отечественных и зарубежных учёных показывают, что единой универсальной технологии уборки всего биологического урожая сои пока нет. Уборка соломы носит зональный характер. В настоящее время для измельчения и разбрасывания по полю соломы на комбайнах Vector, Амур-Палессе, Нива, Енисей-1200, Енисей-1200-НМ, Енисей-950, Дон-1500 устанавливают навесные измельчители-разбрасыватели соломы: ИСН-2, ИСН-2-1М, ИСН-2-1МД, ИСН-3Д, ИСН-3ВД.

Рабочие органы измельчителей представляют собой шарнирно закреплённые плоские ножи, работающие в паре с противорежущими элементами, жёстко закреплёнными на поворотном ножевом брусе. Количество ножей, схема их размещения и расстояние между ними могут быть различными и определяются заданной

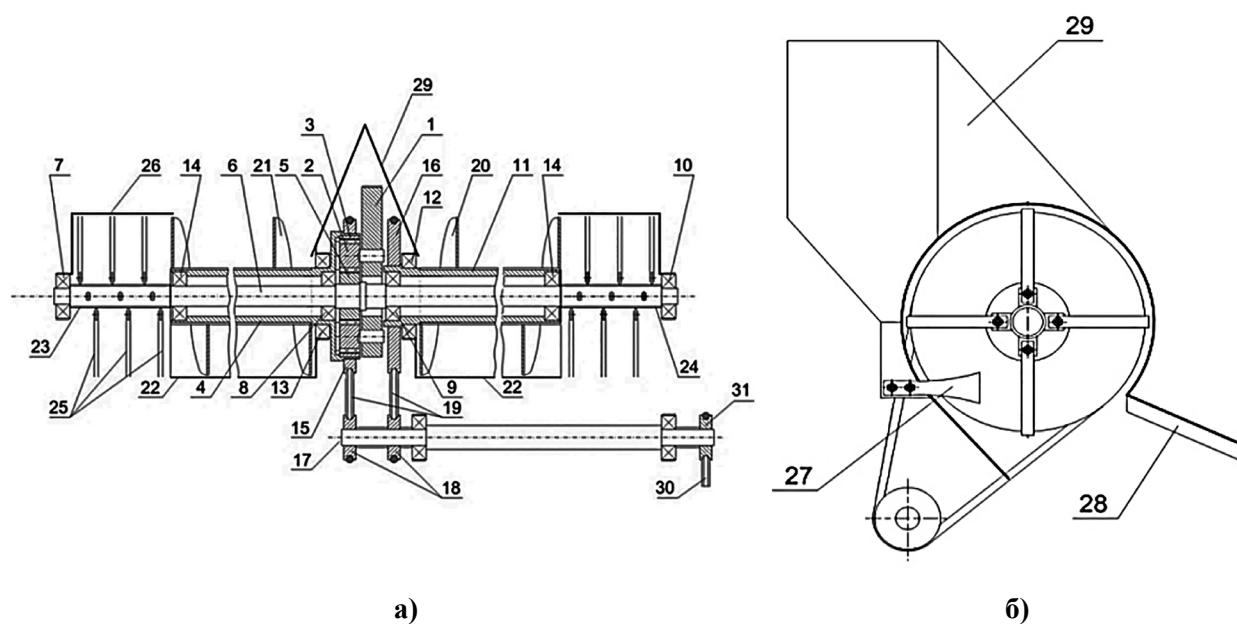
производительностью комбайна, условиями работы и специфическими конструкторскими решениями. Такие громоздкие по конструкции измельчители устанавливаются на месте копнителя комбайна на уборке сои при измельчении соевых стеблей, для обеспечения качественного измельчения на заданную длину частиц и разбрасывания измельчённой соломы. При этом они потребляют значительную мощность двигателя комбайна [10, 11].

В современных условиях уборки сои, при необходимости комбинирования измельчителя-разбрасывателя с половосборником целесообразно осуществлять разделение на две части соломы, поступающей от соломотряса комбайна, и перемещение её шнеком с левой и правой навивкой спирали к боковинам комбайна, измельчение в измельчающем устройстве, а также разбрасывание измельчённой соломы за боковины комбайна [5]. Данное техническое решение является развитием идеи, отражённой в патенте № 2506737 «Способ сбора биологического урожая сои с измельчением и разбрасыванием соломы и устройство для его осуществления» [4].

Двухпоточный измельчитель-разбрасыватель устанавливается за соломотрясом на зерноуборочном комбайне и работает следующим образом. Сходящая с соломотряса соевая солома поступает в корытообразные кожухи (22) шнеков (4) и (11) с правой и левой навивкой спиралей, которые перемещают вправо и влево солому к ножам с контрножами (27) (рис. 2, б).

Поступательная скорость комбайна, ширина захвата жатки и густота стояния стеблей сои на одном квадратном метре обуславливают подачу стеблей на измельчение. Для качественной работы молотильных и ротационных измельчающих солому аппаратов, оптимальная скорость комбайна при уборке сои составляет 2,0–2,5 м/с или 14–17,5 м<sup>2</sup>/с. Ширина захвата жатки условного зерноуборочного комбайна – 7 м. Густота стеблей к моменту уборки достигает 50–76 шт./м<sup>2</sup>. Количество растений, поступающих на обмолот 875–1 330 шт./с (в среднем 1 050 шт./с) и на каждый измельчитель – 437–665 шт./с (в среднем 550 шт./с).

При частоте вращения измельчающего устройства 165 с<sup>-1</sup>, на один оборот



а) б)  
 1 – неподвижное водило; 2 – сателлиты; 3 – коронная шестерня; 4 – левый шнек; 5 – звёздная шестерня; 6 – внутренний вал; 7, 8, 9, 10 – подшипники; 11 – правый шнек; 12, 13, 14 – подшипники; 15 – левый шкив; 16 – правый шкив; 17 – ведущий вал; 18 – ведущие правый и левый шкивы; 19 – правый и левый ремни; 20 – спираль шнека с правой навивкой; 21 – спираль шнека с левой навивкой; 22 – кожухи шнеков; 23 – левый измельчитель соломы; 24 – правый измельчитель соломы; 25 – плавающие ножи; 26 – левый и правый кожух измельчителя; 27 – контрножи; 28 – дефлекторы с рёбрами-направителями измельчённой соломы; 29 – делитель потока соломы; 30 – приводной ремень; 31 – шкив приводного вала

**Рисунок 2 – Двухпоточный измельчитель соломы с планетарным редуктором в разрезе (а) и схема установки измельчающих ножей и контрножей на поворотном бруске (б)**

измельчителя поступает 17–25 растений. При среднем диаметре стеблей сои 5,1 мм, общая длина резания за один оборот режущего аппарата левого или правого измельчителей составит 122–184 мм. С учётом шести измельчающих ножей, за один оборот число разрезаемых стеблей сои одним ножом составит три – четыре единицы.

Разрушение стеблей сои как упруго-вязкопластических материалов, имеющих волокнистую структуру при ударной нагрузке, происходит по схеме хрупкого разрушения, для которого характерны отсутствие пластических деформаций и небольшая разность между пределами текучести и прочности.

Скорость удара рабочего органа по измельчаемому материалу ниже скорости распространения по стеблю продольных упругих волн напряжений. Следовательно, в деформации растяжения от поперечного удара будет участвовать только незначительная часть стебля, равная длине пути деформации. Для стеблей сои свойственна своя определённая скорость уда-

ра, при которой возникают разрушающие напряжения, приводящие к разрушению стеблей.

Для описания процесса деформирования стебля как гибкой нити при поперечном ударе используется теория Х. А. Рахматулина [2]. Уравнение, устанавливающее зависимость между динамическим углом излома ( $\gamma_d$ ) и скоростью удара ( $v_{y0}$ ) описывается выражением (1):

$$tg\gamma_d = 1,25^3 \sqrt{v_{y0}/C_0} \quad (1)$$

где  $C_0$  – скорость распространения упругих (продольных) волн.

На основании этой формулы можно допустить, что для данного материала и критической скорости ( $v_{кр}$ ) будет соответствовать также «свой» критический угол излома ( $\gamma_{кр}$ ). Следовательно, экспериментально, определив  $\gamma_{кр}$ , по формуле (2) можно найти критическую скорость удара:

$$v_{кр} = 0,5 \cdot C_0 \cdot tg^3 \cdot \gamma_{кр} \quad (2)$$

Вводя коэффициент удара ( $k_{уд}$ ), равный соотношению скорости разрушения ( $v_{разр}$ ) к критической скорости, находим скорость разрушения произведением коэффициента удара на критическую скорость (3):

$$v_{разр} = 0,5 \cdot k_{уд} \cdot C_0 \cdot tg^3 \cdot \gamma_{кр} \quad (3)$$

Для слоистых материалов коэффициент удара находится в пределах от 1,3 до 1,5 единиц.

Если угол излома использовать как прочностную характеристику для волокнистых материалов, можно найти коэффициент динамичности по формуле (4):

$$k_{д} = \gamma_{д} / \gamma_{ст} \quad (4)$$

где  $\gamma_{д}$  – динамический угол излома;  
 $\gamma_{ст}$  – статический угол излома.

Значение коэффициента динамичности находится в пределах от 1,2 до 1,5, при значении динамического угла излома, равного 21° и значении статического угла излома, равного 15°.

С учётом формул (3), (4) и анализа существующих режущих аппаратов [4, 10, 11], выражение для разрушающей скорости при ударе определяется формулой (5):

$$v_{разр} = 0,5 \cdot k_{уд} \cdot C_0 \cdot tg^3 (k_{д} \cdot \gamma_{ст}) \quad (5)$$

Разрушающая скорость связана с кинематическими параметрами измельчающего ротора соотношением (6):

$$v_{разр} = \frac{D \cdot \omega}{2} \quad (6)$$

где  $D$  – диаметр измельчителя по концам плавающих ножей, м;  
 $\omega$  – угловая скорость измельчителя, с<sup>-1</sup>.

Тогда получим выражение (7):

$$D \cdot \omega \geq k_{уд} \cdot C_0 \cdot tg^3 (k_{д} \cdot \gamma_{ст}) \quad (7)$$

При выборе диаметра измельчителя исходили из конструктивных условий его размещения между соломотрясом и решётным станом:

$D = 0,45$  м;  $R = 0,225$  м;  $\omega =$  от 98 до 233 с<sup>-1</sup> (в среднем 165 с<sup>-1</sup>)

Тогда с учётом выражения (7), частота вращения измельчителя ( $n$ ) будет составлять от 940 до 2 225 мин<sup>-1</sup> (в среднем 1 580 мин<sup>-1</sup>).

Определяем крутящий момент ( $M_{кр}$ ) на валу измельчающих устройств по формуле (4):

$$M_{кр} = F_{ср} \cdot R \quad (8)$$

Усилие ( $F_{ср}$ ), необходимое для измельчения стеблей сои данным режущим аппаратом, находим расчётным путём. С учётом имеющихся данных (количества растений поступающих на срез при ширине захвата жатки; скорости уборки; густоты стеблестоя сои при ширине междурядий; среднего диаметра стебля) усилие среза одного растения составляет 60 ньютонов. Тогда крутящий момент на левом и правом измельчителях режущей стороны будет равен:

$$60 \cdot (3 \dots 4) \cdot 0,225 = 40 \dots 53 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Потребляемая мощность для привода измельчающих аппаратов, с учётом всех одновременно участвующих в срезе ножей отдельно левого и правого измельчителей определяется:

$$2 \cdot (40 \dots 53) \cdot 165 = 13 \ 200 \dots 17 \ 500 \text{ Вт}.$$

**Выводы.** По результатам проведённых исследований можно выделить следующие положения, составляющие практическую значимость работы:

1. На уборке сои условным зерноуборочным комбайном с двухпоточным измельчением соломы рабочими параметрами измельчителя являются:

- 1) частота вращения 940–2 225 мин<sup>-1</sup>;
- 2) рабочий диаметр более 450 мм;
- 3) шесть измельчающих ножей с каждой стороны.

Расчётное значение усилия среза одного растения составило 60 ньютонов. Суммарная мощность привода в зависимости от густоты растений к уборке составляет от 13,2 до 17,5 киловатт (17,9–23,8 лошадиных сил).

2. Качественная работа молотильных и ротационных измельчающих солому аппаратов обеспечивается при следующих условиях:

1) оптимальная скорость комбайна 2,0–2,5 м/с;

2) ширина захвата жатки комбайна – 7 м;

3) количество растений, поступающих на обмолот 875–1330 шт./с (соответственно на каждый измельчитель 437–665 шт./с).

### Список источников

1. Банецкая Е. В. Сезонная динамика микробиоценоза почвы в повторных посевах сои и монокультуре // Научное обеспечение производства сои: проблемы и перспективы: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 18 апреля 2018 г.). Благовещенск : Одеон, 2018. С. 95–100.

2. Мельников С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. Л. : Колос, 1978. 560 с.

3. Патент № 2417572 Российская Федерация. Копнитель для сбора половы : № 2009133149 : заявл. 03.09.2009 : опубл. 10.05.2011 / Присяжная С. П., Присяжный М. М., Присяжная И. М. [и др.]. Бюл. № 13. 6 с.

4. Патент № 2506737 Российская Федерация. Способ сбора биологического урожая сои с измельчением и разбрасыванием соломы и устройство для его осуществления : № 2011134977 : заявл. 19.08.2011 : опубл. 27.02.2013 / Панасюк А. Н., Присяжная С. П., Присяжный М. М. [и др.]. Бюл. № 5. 7 с.

5. Патент № 2766007 Российская Федерация. Двухпоточный измельчитель-разбрасыватель соломы : № 2021120485 : заявл. 13.07.2021 : опубл. 07.02.2022 / Синеговский М. О., Присяжная С. П., Присяжная И. М. [и др.]. Бюл. № 4. 6 с.

6. Разработка технологии сбора половы с измельчением и разбрасыванием соломы при комбайновой уборке сои / И. М. Присяжная, С. П. Присяжная, К. А. Калентьев [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 1 (87). С. 93–96.

7. Синеговская В. Т., Наумченко Е. Т. Зависимость урожайности сои от эколого-агрохимических факторов // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 3. С. 16–18.

8. Синеговский М. О. Перспективы производства сои в Дальневосточном федеральном округе // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 1. С. 13–16.

9. Соя стратегического назначения // Амурская правда. 2019. № 102.

10. Ягельский М. Ю., Родимцев С. А. Тенденции развития и классификация соломоизмельчителей-разбрасывателей современных зерноуборочных комбайнов // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (60). С. 73–87.

11. Ягельский М. Ю., Родимцев С. А., Коношин Д. И. Оценка качественных показателей работы соломоизмельчителей-разбрасывателей зерноуборочных комбайнов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2014. № 2. С. 5–8.

12. Prisyazhnaya I. M., Sinegovskaya V. T., Prisyazhnaya S. P. Gathering of chaff at combine cleaning of soy, for creation of the food supply of livestock production // Journal of Agriculture and Environment. 2020. Vol. 4 (16). P. 1–7.

### References

1. Banetskaya E. V. Sezonnaya dinamika mikrobiocenoza pochvy v povtornyh posevakh soi i monokult'ure [Seasonal dynamics of soil microbiocenosis in repeated soybean crops and monoculture]. Proceedings from Scientific support of soybean production: problems and prospects:

*Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya (18 aprelya 2018 g.) – International Scientific and Practical Conference.* (PP. 95–100), Blagoveshchensk, Odeon, 2018 (in Russ.).

2. Mel'nikov S. V. *Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya zhivotnovodcheskih ferm [Mechanization and automation of livestock farms]*, Leningrad, Kolos, 1978, 560 p. (in Russ.).

3. Prisyazhnaya S. P., Prisyazhnyj M. M., Prisyazhnaya I. M. [et al.]. Kopritel' dlya sbora polovy [Harvester stacker for collecting the chaff] *Patent RF, no 2417572 yandex.ru.patents* 2011 Retrieved from [https://yandex.ru/patents/doc/RU2417572C1\\_20110510](https://yandex.ru/patents/doc/RU2417572C1_20110510) (Accessed 12 April 2022) (in Russ.).

4. Panasyuk A. N., Prisyazhnaya S. P., Prisyazhnyj M. M. [et al.]. Sposob sbora biologicheskogo urozhaya soi s izmel'cheniem i razbrasyvaniem solomy i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya [Method of harvesting biological soybean crop with chopping and spreading straw and device for its implementation] *Patent RF, no 2506737 patents.google* 2013 Retrieved from <https://patents.google.com/patent/RU2506737C2/ru> (Accessed 12 April 2022) (in Russ.).

5. Sinegovskii M. O., Prisyazhnaya S. P., Prisyazhnaya I. M. [et al.]. Dvuhpotochnyj izmel'chitel'-razbrasyvatel' solomy [Two-flow chopper-straw spreader] *Patent RF, no 2766007 patenton.ru* 2022 Retrieved from <https://patenton.ru/patent/RU2766007C1> (Accessed 12 April 2022) (in Russ.).

6. Prisyazhnaya I. M., Prisyazhnaya S. P., Kalentyev K. A., Malyshevskij T. A. Razrabotka tekhnologii i sbora polovy s izmel'cheniem i razbrasyvaniem solomy pri kombajnovoj uborke soi [Development of the technology of collecting the chaff with chopping and spreading straw during combine harvesting of soybeans]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2012; 1 (87): 93–96. (in Russ.).

7. Sinegovskaya V. T., Naumchenko E. T. Zavisimost' urozhajnosti soi ot ekologo-agrohimicheskikh faktorov [Dependence of soybean yield on ecological and agrochemical factors]. *Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. – Russian Agricultural Sciences*, 2019; 3: 16–18 (in Russ.).

8. Sinegovsky M. O. Perspektivy proizvodstva soi v Dal'nevostochnom federal'nom okruge [Prospects of soybean production in the Far Eastern Federal District], *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. – Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 2020; 1: 13–16 (in Russ.).

9. Soya strategicheskogo naznacheniya [Strategic soybean]. *Amurskaya Pravda*, 2019; 102 (in Russ.).

10. Yagel'skii M. Yu., Rodimtsev S. A. Tendencii razvitiya i klassifikatsiya solomoizmel'chitelej sovremennyh zernouborochnyh kombajnov [Development trends and classification of straw spreaders combine harvesters]. *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Orel State Agrarian University*, 2016; 3 (60): 73–87 (in Russ.).

11. Yagel'skii M. Yu., Rodimtsev S. A., Konoshin D. I. Ocenka kachestvennykh pokazatelej raboty solomoizmel'chitelej-razbrasyvatelej zernouborochnyh kombajnov [Evaluation of quality performance indicators of straw choppers-spreaders of combine harvesters]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyajstva. – Mechanization and Electrification of Agriculture*, 2014; 2: 5–8. (in Russ.).

12. Prisyazhnaya I. M., Sinegovskaya V. T., Prisyazhnaya S. P. Gathering of polova at combaynovy cleaning of soy, for creation of the food supply of livestock production. *Journal of Agriculture and Environment*. 2020; 4 (16): 1–7.

© Бумбар И. В., Присяжная И. М., Сахаров В. А., Кувшинов А. А., Усанов В. С., 2022

Статья поступила в редакцию 30.04.2022; одобрена после рецензирования 20.05.2022; принята к публикации 01.06.2022.

The article was submitted 30.04.2022; approved after reviewing 20.05.2022; accepted for publication 01.06.2022.

**Информация об авторах**

**Бумбар Иван Васильевич**, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, [tesimapk@dalgau.ru](mailto:tesimapk@dalgau.ru);

**Присяжная Ирина Михайловна**, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», [irenpris@mail.ru](mailto:irenpris@mail.ru);

**Сахаров Владимир Александрович**, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», [sakharov.v.a@mail.ru](mailto:sakharov.v.a@mail.ru);

**Кувшинов Алексей Алексеевич**, научный сотрудник, Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», [kyaa@vniisoi.ru](mailto:kyaa@vniisoi.ru);

**Усанов Вячеслав Сергеевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», [usanov-1989@bk.ru](mailto:usanov-1989@bk.ru)

**Information about the authors**

**Ivan V. Bumbar**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University, [tesimapk@dalgau.ru](mailto:tesimapk@dalgau.ru);

**Irina M. Prisyazhnaya**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Federal Scientific Center "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean", [irenpris@mail.ru](mailto:irenpris@mail.ru);

**Vladimir A. Sakharov**, Senior Researcher, Federal Scientific Center "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean", [sakharov.v.a@mail.ru](mailto:sakharov.v.a@mail.ru);

**Alexey A. Kuvshinov**, Researcher, Federal Scientific Center "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean", [kyaa@vniisoi.ru](mailto:kyaa@vniisoi.ru);

**Vyacheslav S. Usanov**, Candidate of Agricultural Sciences, Federal Scientific Center "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean", [usanov-1989@bk.ru](mailto:usanov-1989@bk.ru)