

ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR THE AGROINDUSTRIAL COMPLEX

Научная статья

УДК 633.34:631.3

EDN: CIUIYK

<https://doi.org/10.24412/2949-2211-2026-4-1-43-55>

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМБАЙНА ДВУХФАЗНОГО ОБМОЛОТА ДЛЯ ПРЯМОГО ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ КОНДИЦИОННЫХ СЕМЯН СОИ

Ирина Михайловна Присяжная¹, Серафима Павловна Присяжная², Клавдия Семёновна Чурилова³

Всероссийский научно-исследовательский институт сои, г. Благовещенск, Россия, irenpris@mail.ru¹,
psp@vniisoi.ru², klava.churilova@mail.ru³

Аннотация. Разработана технология получения семенной и товарной фракции в соотношении 60 и 40 % непосредственно в комбайне двухфазного обмолота, где товарная фракция подлжет послеуборочной обработке, а семенная качественная фракция с минимальной засорённостью 0,02...0,03 % может использоваться на посеве без подработки. Исследовано, что качество семян первой фракции зависит от окружной скорости бичей первого барабана, зазоров на входе и выходе между бичами и планками подбарабанья, влажности семян и подачи массы в молотилку. Испытание проводили при низкой влажности зерна 8,7...8,8 процентов. Предложено переоборудование зерноочистки комбайна новым экспериментальным решетом с расширенной и ступенчатой формой зуба и увеличенной длиной лепестков жалюзи до 70 миллиметров. Выявлено, что парное влияние факторов, состоящее из угла раскрытия жалюзи верхнего решета от 15 до 45°, частоты вращения второго молотильного барабана 540...660 мин⁻¹ обеспечивает максимальный выход первой фракции семян на уровне 60 процентов. При этом установлено, что семена первой фракции имеют низкое содержание органической сорной примеси 0,18 % и высокую чистоту семян 99,5 % и обладают повышенной энергией роста и высокой лабораторной всхожестью. Результаты исследования показывают, что разработанная технология получения семян сои при уборке непосредственно в комбайне двухфазного обмолота в сравнении с традиционной технологией сокращает потери качественного зерна сои, и при использовании их на посеве до 40 % повышается их биологическая урожайность и снижаются косвенные потери. Расчётный экономический эффект на уборке сои с получением семян модернизированным комбайном составляет 1275934,6 руб. за сезон, в том числе за счёт экономии эксплуатационных затрат на послеуборочную подработку семян сои – 758197,7 руб. и дополнительного дохода от качества бункерного зерна – 517736,9 рублей.

Ключевые слова: соя, семена, всхожесть, чистота, модернизация комбайна, решето, жалюзи, воздушный поток, расчётный эффект.

Для цитирования: Присяжная И. М., Присяжная С. П., Чурилова К. С. Модернизация комбайна двухфазного обмолота для прямого получения высококачественных кондиционных семян сои // Агронаука. 2026. Том 4. № 1. С. 43–55. EDN: CIUIYK. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2026-4-1-43-55>

© Присяжная И. М., Присяжная С. П., Чурилова К. С. 2026

Original article

MODERNIZATION OF A TWO-PHASE THRESHING COMBINE FOR DIRECT PRODUCTION OF HIGH-QUALITY CERTIFIED SOYBEAN SEEDS

Irina M. Prisyazhnaya¹, Serafima P. Prisyazhnaya², Claudia S. Churilova³

Federal State Budget Scientific Institution Federal Research Center «All-Russian Scientific Research Institute of Soybean», Blagoveshchensk, Russia, irenpris@mail.ru¹, psp@vniisoi.ru², klava.churilova@mail.ru³

Abstract. The technology for obtaining seed and commercial fractions in a ratio of 60:40 directly in a two-phase threshing combine is proposed. The commercial fraction is subjected to post-harvest processing, while the high-quality seed fraction with minimal contamination of 0.02...0.03 % can be used for sowing without additional cleaning. The quality of the first fraction depends on the peripheral speed of the first threshing drum, the inlet and outlet clearances between the rasp bars and the concave, seed moisture content, and the mass feed rate. The tests were conducted at a grain moisture content of 8.7...8.8 %. The combine was modernized using a new experimental sieve with a stepped tooth profile and extended louver petals up to 70 mm. It was found that the combined influence of the upper sieve opening angle (15...45°) and the rotational speed of the second threshing drum (540...660 min⁻¹) ensures a maximum yield of the first seed fraction of up to 60 %. The developed technology reduces seed losses, improves seed quality, and provides an economic effect of 1,275,934.6 rubles per harvesting season.

Keywords: soy, seeds, germination, cleanliness, combines modernization, sieve, blinds, air flow, and calculated effect.

For citation: Prisyazhnaya IM, Prisyazhnaya SP, Churilova KS³. Modernization of a two-phase threshing combine for direct production of high-quality certified soybean seeds [Modernizatsiya kombaina dvukhfaznogo obmolota dlya pryamogo polucheniya vysokokachestvennykh konditsionnykh semyan soi]. *Agro-nauka = Agrosience*. 2026;4:1:43–55 (in Russ.). EDN: CIUIYK. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2026-4-1-43-55>

Введение

Амурская область остаётся основным регионом России по возделыванию сои, где располагаются основные площади под данной культурой, которые составляют до 916,5 тыс. га или 24,8 % от общероссийского показателя.

Большое внимание в области уделяется созданию и внедрению новых сортов, разрабатываются технологии и машины для её производства [1].

Перспективным направлением увеличения продуктивности сои, наряду с получением и внедрением новых сортов, являются вопросы создания технологии и машин, работающих на новых принципах и, как следствие, качественно новом уровне. Особое место в этом ряду занимают устройства, совмещающие несколько операций [2]. Например, разработка технологии получения качественных кондиционных семян, непосредственно в комбайне при уборке урожая, сокращает логистические пути и потери

зерна сои при получении семян, улучшает качество семян, увеличивает валовые сборы зерна этой культуры за счёт повышения её урожайности [3].

Неудовлетворительное качество семян сои связано с низкой прочностью зерна сои различных сортов, разрушающихся при статической нагрузке 172...215 Н, высокой массе 1000 семян (150...180 г) и коэффициенте формы (0,93...0,85) [4].

Уборку семенных посевов сои в основном производят однобарабанными зерноуборочными комбайнами, работающими на больших скоростях воздействия при обмолоте и допускающих высокие потери из-за дробления зерна (12,5...15 %). Для получения семян бункерное зерно дополнительно проходит стадию очистки на поточных линиях, укомплектованных серийными зерноочистительными машинами, многочисленными транспортирующими механизмами и зернопроводами где также дополнительно повреждается при перемещениях целое

зерно сои, от силового воздействия рабочих органов транспортирующих устройств и не полностью отсортировывается от дроблёных и микроповреждённых семян при сортировании [5].

Выполнение всех механизированных работ, связанных с производством семян сои, в настоящее время осуществляется машинами, предназначенными для возделывания зерновых культур. Соя относится к крупносеменным культурам с низкой прочностью зерна. Зерноуборочные комбайны с однобарабанными бильными молотильно-сепарирующими устройствами допускают дробление зерна 8...10 % даже при выборе рекомендуемого режима обмолота. При допускаемых ошибках в выборе режима работы дробление достигает до 20...35 % [6].

Соя является важнейшей продовольственной культурой в мире. Из числа других культур она выделяется высоким содержанием белка (42...44 %) и заслуживает расширения площадей возделывания на основе следующих достоинств. Соевый белок особенно богат незаменимыми аминокислотами и имеет хорошую усвояемость. Широко используется в питании людей в качестве составной части различных пищевых продуктов. Он пригоден для обеспечения белками всех видов полезных животных и тем самым для производства белка животного происхождения.

Соя не только белковая, но и масличная культура. В её зерне содержится 18...22 % жира, в составе которого 88 % ненасыщенных жирных кислот, 23...30 % углеводов, которые обеспечивают ей усвояемость более чем на 60 % [7].

В России соя признана приоритетной сельскохозяйственной культурой, а соеводство – одной из наиболее динамично развивающихся отраслей агропромышленного комплекса страны. Основной задачей сельского хозяйства является увеличение производства соевого зерна.

Развитие сельского хозяйства Амурской области направлено на увеличение валового производства зерна сои до 2,2 млн. т., которое планируется за счёт улучшения струк-

туры посевных площадей, внедрения новых сортов, интенсификации растениеводства [8]. Повышение урожайности этой культуры возможно за счёт снижения потерь при уборке урожая, применения качественных и наиболее продуктивных семян, которые можно выделять, отдельно получать в модернизированном зерноуборочном комбайне двухфазного обмолота при уборке и без послеуборочной обработки использовать полученные семена на посеве [9, 10].

Целью работы является повышение эффективности технологии уборки сои на основе разработки адаптирующих устройств к комбайну.

Условия, материалы и методы

В разработанной технологии получения семян непосредственно в комбайне двухфазного обмолота при уборке сои, и разделении зерновой части урожая сои на первую семенную и вторую товарную фракции в предварительных испытаниях опытного образца на уборке сои в 2022 году задавались следующие исходные конструктивно-эксплуатационные параметры: сепарация (выход качественных семян) первой семенной фракции – после первого молотильного барабана – 60 %, второй товарной фракции – после второго молотильного барабана – 40 %; чистота семян – не ниже второго класса (95 %); величина дробления семян при оптимальной влажности 14...15 % первой фракции – 3,5 %, второй – 5,0 %; влажность семян – не более 16 процентов. Оценку переоборудованного опытного комбайна проводили при урожайности сои 2,3 и 4,1 т/га, влажности зерна 8,7 и 8,8 %, скорости уборки 3,6 и 4,8 км/ч, частоте вращения первого барабана 280...300, второго – 540...660 мин⁻¹ и молотильных зазорах на входе и выходе у первого барабана 24/12, у второго – 18/9 миллиметров.

Опытный образец зерноуборочного комбайна для получения семенной и товарной фракции изготовлен по патенту РФ №2679508 на базе серийной модели комбайна «Енисей-1200» [11]. Режим работы

первого молотильного барабана устанавливается с помощью разработанного устройства: посредством перестановки большого шкива с вала главного контрпривода на вал первого молотильного барабана и использования двух сменных шкивов, меньший из которых обеспечивает 280 мин⁻¹, а больший 380 мин⁻¹, при номинальных оборотах двигателя. Режим второго молотильного барабана (540...660 мин⁻¹) устанавливается с помощью перестановки, регулируемых вариатором серийных шкивов на валах главного контрпривода и барабана. Разработанное устройство обеспечивает изменение частоты вращения первого барабана до 280 мин⁻¹ и создаются условия снижения механического повреждения семян при обмолаоте первым молотильным барабаном. Для выделения и сбора обмолоченного зерна сои по фракциям в отдельные секции бункера комбайна обоснованы и определены параметры дополнительной транспортной (стрясной) доски, для подачи соевого вороха после второго молотильного барабана на вторую половину решётного стана комбайна. Длина дополнительной транспортной доски составляет 1000 мм, и она расположена выше основного грохота на 140 мм,

жёстко с ним закреплена и выступает дальше основного грохота комбайна на 300 миллиметров.

Для размещения консольной части дополнительной транспортной доски по высоте молотилки передняя коленчатая ось соломотряса смещена по вертикали на 135 мм путём переустановки развёрнутых на 180° корпусов подшипниковых опор на оси опорного уголка корпуса молотилки по тем же отверстиям. И для сохранения режима работы клавишей соломотряса передняя опора каждой из четырёх клавиш смещена вверх на 140 миллиметров.

Для отдельного сбора очищенных семян с решётного стана комбайна после обмолота первым (первая фракция) и домолота вторым (вторая фракция) молотильными барабанами на днище корпуса решётного стана установлены первая и вторая скатные доски.

Перемещение семян качественной первой фракции первым элеватором в бункер комбайна осуществляется горизонтальным шнеком со щёточным обрамлением по наружной кромке витков. Исследования проводили на опытных полях ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои. Характеристика зачётных участков представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Биометрическая характеристика зачётных участков сои
Table 1 – Biometric characteristics of the qualifying soybean plots

Показатели	Опытное поле ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои	
	Первый участок	Второй участок
Сорт сои	Сентябринка	Китросса
Междурядья посевов, см	15	45
Биологическая урожайность, т/га	2,3	4,1
Количество культурных растений, шт/м ²	62	55
Высота культурных растений	90,8	103,1
Отношение веса зерна к весу соломы	1:0,854	1:0,945
Абсолютная влажность, %:		
- зерна	8,7	8,8
- стеблей	12,1	12,2
- створок	11,0	11,1

Из таблицы видно, что работа двухпоточной зерноочистки проведена на сортах сои Сентябринка и Китросса с биологической урожайностью от 2,3 до 4,1 тонн на гектар. Отношение зерна к соломе – от 1:0,854 до 1:0,945. Средняя высота растений составляла от 90,8 до 103,1 см, влажность зерна – 8,7...8,8 %, стеблей – 12,1...12,2 % и створок – 11,0...11,8 процентов.

Результаты и обсуждение

Сепарация и повреждение биологически ценных семян сои при комбайновой уборке зависит от многих факторов, основ-

ными из которых являются окружная скорость бичей первого барабана, зазоры на входе и выходе между бичами и планками подбарабанья, влажность семян и подача массы в молотилку. Окружную скорость бичей снижали для первого барабана до 8,1 м/с, второго – до 13,9 метров в секунду. Испытание проводили при влажности зерна 8,7...8,8 процентов. Результаты функциональной проверки опытного комбайна, отражающие показатели качества получаемых семенной и товарной фракции зерна сои представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты функциональной проверки опытного комбайна
Table 2 – Results of the functional test of the experimental combine

Участок, фракция	Содержание фракции, %	Чистота, %	Дробление, %	Больные, выеденные вредителями и морозобойные, %	Масса 1000 семян, г
1-й участок, 1-ая фракция	56,8	99,7	7,5	2,8	167,2
1-й участок, 2-ая фракция	43,2	95,0	7,8	2,7	164,2
2-й участок, 1-ая фракция	53,6	99,8	7,2	3,2	170,2
2-й участок, 2-ая фракция	46,4	92,9	10,6	5,8	166,9

Проведённые исследования показали, что в первую фракцию, после первого молотильного барабана выделяется в среднем до 53,6...56,8 % биологически полноценных семян с чистотой 99,8...99,7 процентов. Содержание механически повреждённых семян в первой фракции составило 7,2...7,5 процентов. Масса 1000 семян сои Сентябринка первой фракции изменялась от 167,2 до 170,2 г и на 3...3,3 г была выше по сравнению со второй фракцией, полученной после второго молотильного барабана. Во вторую фракцию выделялось 43,2...46,4 % семян. Чистота семян второй фракции составила 92,9...95,0 %, дробление семян – 7,8...10,6 процентов. Исследования показали, что первая фракция семян может использоваться на посеве без подработки, а вторая фракция после проведения соответствующей послеуборочной подработки и получения семян.

Потери свободным зерном и от недомолота в соломе при заданных эксплуатационных параметрах макетного образца комбайна практически отсутствовали, потери свободным зерном и от недомолота в половине составляли всего 0,03 процента.

Решётный стан комбайна двухфазного обмолота с двухпоточной очисткой переоборудован новым экспериментальным решетом с расширенной и ступенчатой формой зуба и увеличенными лепестками жалюзи по длине. Зуб жалюзи имеет трёхступенчатую форму, расширенную по ширине до 48 мм и увеличенную по высоте до 70 миллиметров. В центральной части зуба на ширине 16 мм придаётся овал, обеспечивающий скатывание зерна и увеличенную просеивающую способность при работе жалюзийного решета. На верхнем решётном стане, где очистке подлежит более крупная часть мелкого вороха, применялось новое

решето с расширенной ступенчатой формой зуба и удлинёнными до 70 мм лепестками жалюзи, а на нижнем решётном стане комбайна длина лепестков жалюзи была базового размера и составляла 22 миллиметра. Решётный стан комбайна работал на базовых режимах очистки. Раскрытие жалюзи верхнего решета составляло 12...14 мм, нижнего 9...11 мм, удлинителя 16...18 мм, угол наклона удлинителя 15 градусов Цельсия. Боковые заслонки вентилятора открыты на 100 процентов.

Экспериментальное решето (рисунок 1) изготовлено по новой форме и с новыми размерами зуба по длине и ширине в тех же размерах по длине и ширине верхнего решета комбайна.

При работе комбайна в заданных режимах, в первой семенной фракции зерна

преобладающих мелких или крупных частей стеблей и соломы практически не выявлено. При этом коэффициент перебивания соломы при средневзвешенных значениях высоты стеблей сои и высоты среза соответственно 90,8 и 12 см составляет $0,53 \pm 0,04$. Преобладающим видом компонентов половины, сходящей с решётного стана, являются створки бобов, составляющие до 90 % от массы половины. Параметры мелкого соевого вороха, состоящего из измельчённых стеблей, створок бобов и мелких примесей по длине и ширине значительно отличаются от мелкого вороха зерновых культур, поэтому в зерноочистке опытного комбайна используется ранее проверенное жалюзийное решето с расширенной формой зуба и удлинёнными до 70 мм лепестками жалюзи.

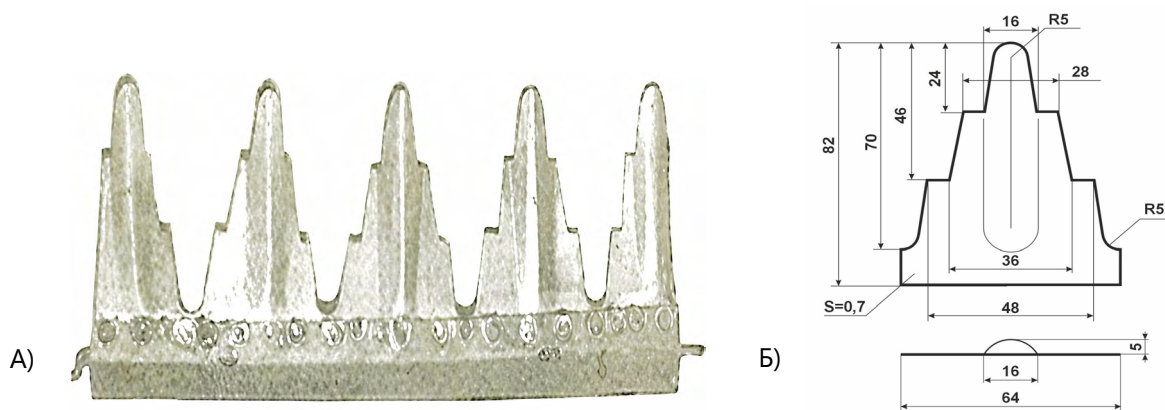


Рисунок 1 – Экспериментальное решето с удлинителем, с расширенной формой зуба (А) и удлинёнными лепестками (Б)

Figure 1 – Experimental sieve with an extension, with an expanded tooth shape (A) and elongated petals (B)

Раздельная подача обмолоченного вороха от первого и второго молотильных барабанов на первую и вторую часть решётного стана комбайна, обеспечивает снижение нагрузки на первую и вторую половину очистки комбайна и увеличивает интенсивность выделения семян сои из мелкого вороха. На начало решета поступает мелкий солоmistый ворох от первого молотильного барабана, компоненты которого при движении перераспределились на основной стрясной доске. В нижнем слое вороха большую часть составляют семена сои, а солоmistые примеси, как наиболее лёгкий компонент, располагаются в верхней части. При таком обогащении нижнего слоя зерну не требуется дополнительного времени, чтобы пройти сквозь солоmistую решётку, и оно быстрее проходит сквозь жалюзи решета, с расширенной трёхступенчатой формой зуба и увеличенной длиной лепестков. При дальнейшем движении вороха по решету, происходит обеднение его нижних слоёв, и зерно сои, находящееся в верхних слоях, должно, прежде всего, пройти сквозь солоmistую решётку, а затем сквозь жалюзи решета. Зерно тем быстрее пройдёт сквозь решето, чем интенсивней будет взрыхляться весь солоmistый слой вороха. При движении вороха по решету, полнота выделения

семян возрастает более интенсивно при укрупнённых лепестках жалюзи, способных во взвешенном состоянии удерживать и выделять крупные части соевых стеблей и необмолоченных бобов.

Замена верхнего стандартного решета очистки комбайна, на решето с расширенной формой зуба и удлинёнными лепестками жалюзи до 70 мм при увеличении зазора между лепестками решета до 9...14 мм, на основе регулирования угла раствора планок жалюзи от 15 до 45°, значительно повышает скорость воздушного потока, и соответственно, его вертикальную составляющую. В результате этого, мелкий солоmistый ворох, пребывая во взвешенном состоянии, активно разрыхляется, и выдувается (уносятся) солоmistые примеси, что обеспечивает качественную очистку первой фракции семян на первой половине решётного стана комбайна.

Исследования, проведённые на лабораторной установке, с частотой вращения вала вентилятора 750 мин⁻¹ показали, что при угле раствора планок жалюзи от 15 до 45°, скорость воздушного потока по длине верхнего решета на первой половине возрастает с 3,11...4,54, до 7,61...8,03 м/с, а затем снижается (рисунок 2).

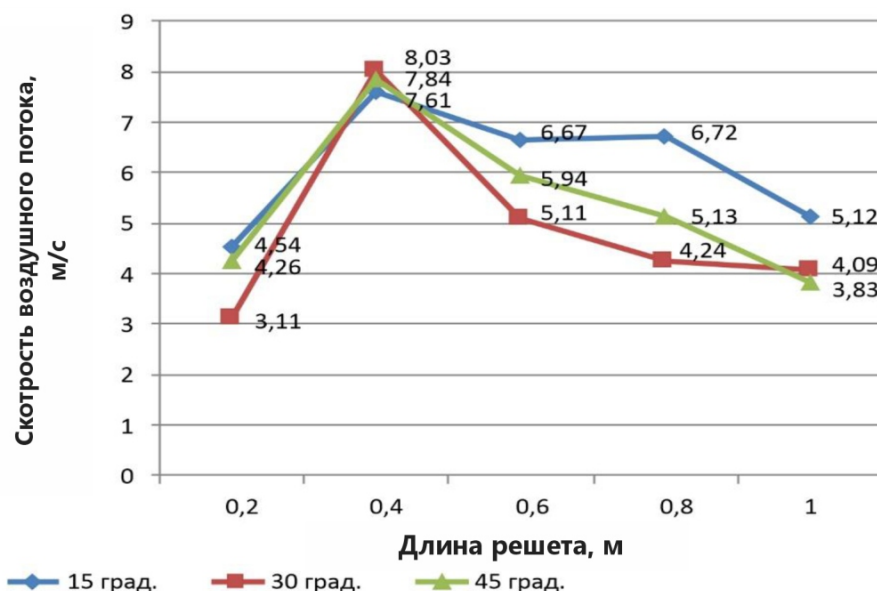


Рисунок 2 – Изменение скорости воздушного потока по длине верхнего экспериментального решета в зависимости от угла раствора планок жалюзи

Figure 2 – Change in air flow velocity along the length of the upper experimental sieve depending on the opening angle of the louver slats

При такой развивающейся скорости воздушного потока на первой половине решета с удлинёнными до 70 мм лепестками жалюзи зерно сои в мелком соевом ворохе интенсивно сепарируется от сорной примеси и на 99,8 %, выделяется чистое зерно первой фракции. Крупные части стеблей перемещаются по решету на вторую его часть. Измельчённые створки обмолоченных бобов и мелкие примеси уносятся воздушным потоком, остальная часть мелкого соевого вороха (полова), перемещается по решету к выходу.

На дополнительную стрясную доску, подающую домолоченный ворох от второго молотильного барабана на вторую половину решета, поступает мелкий соевый ворох тремя потоками: первый, отведённый дополнительной транспортной доской от второго молотильного барабана, второй – из соломотряса и третий из домолочивающего устройства. Данные проведённых исследований показывают, что снижение скорости воздушного потока на второй половине решета до 5...6,7 м/с, является недостаточными для достижения соответствующей чистоты второй фракции.

Исследования по определению оптимальных технологических режимов и конструктивных параметров МСУ комбайна двухфазного обмолота и двухпоточной очистки на уборке семян сои, проведённые на модернизированном комбайне в период уборки на опытном поле ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, включали следующие параметры оптимизации:

- 1) соотношение массового выхода семян в % первой фракции ко второй;
- 2) содержание дроблёного и микроповреждённого зерна в 1-ой и во 2-ой фракциях – $Y_{\partial 1}, Y_{m1}$ и $Y_{\partial 2}, Y_{m2}$;
- 3) чистота семян 1-ой и 2-ой фракций (содержание сорной примеси) – Y_{1cn}, Y_{2cn} %;
- 4) масса 1000 семян первой и второй фракции – M_{1000} г;
- 5) недомолот в полове, %.

Математическая обработка полученных результатов и проверка на адекватность полученных уравнений регрессии произведена по указаниям Ю. П. Адлера [8]. Исследования проведены на опытном участке соевого поля ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои на сорте Сентябринка (таблица 3).

Таблица 3 – Характеристика участка соевого поля сорта Сентябринка
Table 3 – Characteristics of the soybean field plot of the Sentyabrinka variety

№ п/п	Показатели	Значение
1	Междурядье посевов, см	45
2	Биологическая урожайность, т/га	3,2
3	Количество культурных растений, шт/м ²	61
4	Высота культурных растений сои, см	68,4
5	Количество бобов на одном растении, шт	28
6	Масса 1000 семян, г	182,6
7	Отношение массы зерна к массе соломы и створок	1:0,47:0,4
8	Влажность, %	
	-зерна	7,3
	-стеблей	14,1

Определены оптимальные технологические режимы работы комбайна двухфазного обмолота с двухпоточной воздушно-решётной очисткой и получены соотношения выхода по массе качественных семян пер-

вой фракции, поступающей от первого молотильного барабана и второй фракции, от второго молотильного барабана (таблица 4).

Таблица 4 – Уровни факторов и результаты эксперимента
Table 4 – Factor levels and experimental results

X ₁	X ₂	Обороты 2-го барабана, мин ⁻¹ (V)	Угол раскрытия лепестков, градус (O)	Выход первой фракции семян сои, % (Y)			
				Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y _{ср}
-1	-1	540	15	48,34	49,27	46,73	48,11
-1	+1	540	45	62,65	60,27	61,02	61,31
+1	-1	660	15	44,20	45,54	45,22	44,99
+1	+1	660	45	59,49	63,17	61,51	61,39
+1	0	660	30	52,28	52,28	51,52	51,69
-1	0	540	30	49,76	53,70	53,99	52,48
0	-1	600	15	38,90	47,42	45,71	44,01
0	+1	600	45	55,17	60,42	55,42	57,00
0	0	600	30	42,90	51,95	42,92	45,92

В результате статистической обработки результатов многофакторного эксперимента, было получено адекватное уравнение регрессии при $F_{\text{факт}} 2,6 > F_{\text{табл}} 1,8$.

$$y = 47,33 + 7,1x_2 - 4,21x_1^2 + 2,61x_2^2$$

В раскодированном виде уравнение приняло следующий вид:

$$y = 492,97 - 1,40614 \times V - 1,169918 \times O + 0,00117414269 \times V^2 + 0,011611 \times O^2$$

На рисунке 3 (а, б) представлены поверхность отклика и её сечение массовой доли выхода семян сои первой фракции в зависимости от изменения угла раскрытия жалюзи верхнего решета очистки комбайна и частоты вращения второго молотильного барабана.

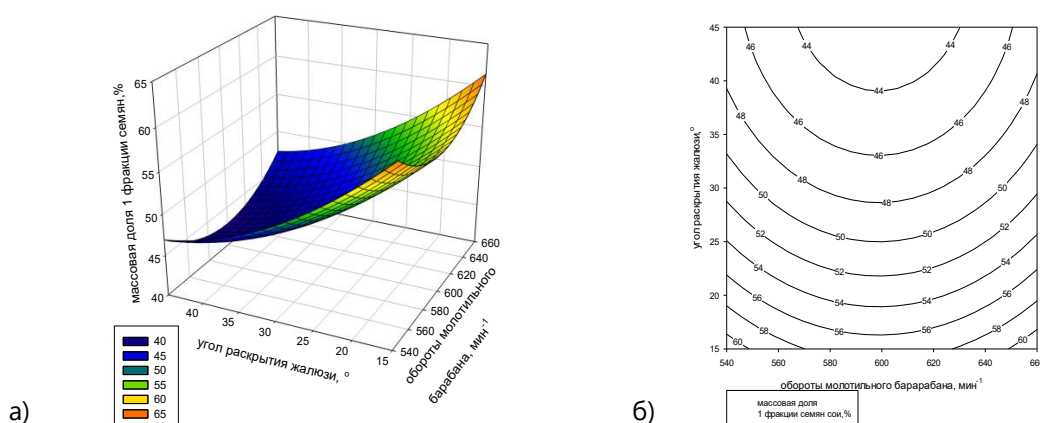


Рисунок 3 – а – поверхность отклика, б – сечение поверхности отклика
Figure 3 – a – response surface, b – section of the response surface

В результате анализа парного влияние факторов на критерий оптимизации, представлен максимальный выход семян первой фракции на уровне 60 % и более в зависимости от угла раскрытия жалюзи верхнего решета от 15° до 45° и частоты вращения второго молотильного барабана от 540 до 660 мин⁻¹.

При этом семена сои первой фракции характеризуются низким содержанием органической сорной примеси, составляющей 0,18 процентов.

Вызревшие семена сои первой фракции, обладают повышенной энергией роста и лабораторной всхожестью, которая увеличивается на 5,7...7,1 процентов. Эти семена, вымолачиваются на мягких режимах работы первого молотильного барабана со скоростью воздействия 8,1 м/с, отдельный сбор которых увеличивает биологическую урожайность семян первой фракции на 38,7 % по сравнению с бункерным зерном (таблица 5).

Таблица 5 – Всхожесть и урожайность семян сои, полученные в комбайне двухфазного обмолота (средние значения за 2022-2023 гг.)

Table 5 – Germination and yield of soybean seeds obtained in a two-phase threshing combine (average values for 2022-2023)

Варианты	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Биологическая урожайность, т/га	Высота растения, см	Количество бобов, шт
I фракция	90,5	92,0	4,3	72,2	26,8
II фракция	80,0	82,5	3,2	66,5	18,0
Бункерное зерно	85,0	87,0	3,1	67,0	19,7
НСР 0,5	5,45	3,04	0,7	2,2	0,8

Результаты предуборочной биометрии полевого опыта показали, что высота растений и количество бобов на растении имеют тесную корреляционную взаимосвязь, приводящую к увеличению высоты растения первой фракции на 5,2 см и количества продуктивных бобов на одном растении на 7,1 штук.

Применение жалюзийных решёт верхнего решётного стана с увеличенной

длиной лепестков жалюзи до 70 мм совместно с увеличением скорости воздушного потока вентилятора очистки обеспечивает чистоту семян первой фракции на 99,82 %, которая выше уровня семян первого класса посевного стандарта. Качественные показатели семян, получаемых в модернизированном комбайне двухфазного обмолота при уборке сои, представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Качественные показатели семян, получаемые в модернизированном комбайне двухфазного обмолота на уборке сои (среднее за 2022-2023 гг.)

Table 6 – Seed quality indicators obtained in a modernized two-phase threshing combine during soybean harvesting (average for 2022-2023)

№, п/п	Показатели	Среднее
1	Выход семян первой фракции, %	60
2	Полевая всхожесть, %	72
3	Биологическая урожайность, т/га	3,77 (НСР _{0,5} = 0,69)
4	Чистота зерна, %	99,82
5	Дробление, %	5,87
6	Микроповреждение, %	1,0
7	Масса 1000 семян, г	182,5

Возможность получения семян первой фракции для использования их без подработки, непосредственно при уборке в модернизированном комбайне двухфазного обмолота, снижает энергозатраты на производство семян.

Для сбора отсепарированных и очищенных семян с решётного стана комбайна после обмолота первым молотильным барабаном (первая фракция) и домолота вторым барабаном, соломотряса и домолочивающего устройства (вторая фракция) на днище корпуса решётного стана установлены первая и вторая скатные

доски длиной до 500 миллиметров.

При движении вороха по решетке с удлинёнными до 70 мм лепестками жалюзи зерно сои в мелком соевом ворохе интенсивно сепарируется от сорной примеси и на 99,8 % выделяется чистое зерно первой фракции (таблица 7). Крупные части стеблей перемещаются по решетке на вторую его часть. Измельчённые створки обмолоченных бобов и мелкие примеси уносятся воздушным потоком, остальная средняя по крупности часть мелкого вороха (полова), по решетке перемещается к выходу.

Таблица 7 – Чистота зерна первой фракции, выделенной на первой половине переоборудованного решётного стана комбайна двухфазного обмолота с длиной жалюзи с $l_{ж} = 70$ мм первого решета и с $l_{ж} = 22$ мм второго решета

Table 7 – Purity of grain of the first fraction, separated in the first half of the converted sieve mill of a two-phase threshing combine with a blind length of $l_{ж} = 70$ mm of the first sieve and $l_{ж} = 22$ mm of the second sieve

Угол раствора планок жалюзи, °	15	30	45	15	30	45	15	30	45
Частота вращения второго барабана, мин ⁻¹	540			600			660		
Чистота зерна, %	99,84	99,80	99,71	99,74	99,81	99,71	99,81	99,78	99,77
Ошибка опыта	0,041								
НСР ₀₅ , Г	0,187								
НСР ₀₅ , %	0,19								

Выводы

Разработанная технология, способ и устройства получения семян при уборке урожая в комбайнах двухфазного обмолота в сравнении с традиционной технологией сокращает потери качественного зерна сои от дробления, при использовании их на посеве снижаются косвенные потери.

Расчётный экономический эффект на уборке сои модернизированным комбайном составляет 1275934,6 руб. за сезон, в том числе за счёт экономии эксплуатационных затрат на послеуборочную подработку семян сои – 758197,7 руб., дополнительного дохода от качества бункерного зерна – 517736,9 рублей [12].

Использование конструктивно-технологических решений для комбайнов с двухфазным обмолотом на уборке сои в семеноводческих хозяйствах представляет научно-практический интерес, способствует снижению затрат при производстве элитных и репродукционных семян. Для комбайновых заводов разработаны схемы переоборудования комбайна двухфазного обмолота, конструкторская документация и для модернизации комбайна, изготовлены адаптирующие устройства, переводящие его в разряд соевозернового комбайна.

Список источников

1. Синеговский М. О. Перспективы производства сои в Дальневосточном федеральном округе // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 1. С. 13–16. <https://doi.org/10.30850/>

vrsn/2020/1/13-16

2. Гиевский А. М., Чернышов А. В., Маслов Д. Л., Мильгунов В. Ю. Обоснование режимов работы молотильно-сепарирующего устройства комбайна при уборке сои // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12. № 1 (60). С. 50–56. <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2019.1.50>
3. Годжаев З. А., Колесников А. В. Совершенствование молотилок для обмолота и сепарации зернобобовых культур // Тракторы и сельскохозяйственная техника. 2025. Т. 92. № 2. С. 168–175. <https://doi.org/10.17816/0321-4443-678124>.
4. Жалнин Э. В., Чаплыгин М. Е. Совершенствование конструкции зерноуборочных комбайнов путем гармонизации их базовых технических параметров // Инженерные технологии и системы. 2023. Т. 33. № 3. С. 403–416. <https://doi.org/10.15507/2658-4123.033.202303/403-416>
5. Система земледелия Амурской области : производственно-практический справочник / П. В. Тихончук, О. В. Щегорец, Е. Б. Захарова [и др.]. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет. 2016. 570 с. ISBN 978-5-9642-0276-9. <http://doi.org/10.22450/9785964202769>
6. Оробинский В. И. Влияние фракционного состава зернового вороха на уровень травмирования и посевные качества семян / В. И. Оробинский, А. В. Ворохобин, А. С. Корнев [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14. № 3 (70). С. 12–17. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_3_12
7. Присяжная И. М., Присяжная С. П. Совершенствование процесса уборки сои для получения семян в комбайне двухфазного обмолота: монография. Благовещенск: ООО «Типография», 2024. 208 с.
8. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. Москва: Наука, 1976. 279 с. ISBN 9785458253338.
9. Патент № 2765580С1 Российская Федерация, А01D41/1208. Устройство комбайна с двухсекционным бункером для сбора семенного зерна / И. М. Присяжная, С. П. Присяжная, М. О. Синеговский [и др.]; патентообладатель ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои». заявка № 2021108962; заявл. 02.04.2021; опубл. 01.02.2022, Бюл. № 4. 7 с.
10. ГОСТ Р 52325–2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Москва: Стандартинформ, 2022. 20 с.
11. Патент № 2679508 Российская Федерация, А01D41/08. Устройство для сбора семенного и товарного зерна / И. М. Присяжная, С. П. Присяжная, А. А. Коженкова; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Амурский государственный университет": заявка № 2018110188; заявл. 27.10.2017; опубл. 11.02.2019; Бюл. № 5. 6 с.
12. Присяжная С. П., Присяжная И. М., Панасюк А. Н., Чурилова К. С. Технико-экономическая эффективность получения семян сои при уборке в комбайне двухфазного обмолота // Известия Дагестанского ГАУ. 2026. № 1 (29). С. 323–329. https://doi.org/10.52671/26867591_2026_1_323

References

1. Sinogovskiy MO. Perspectives of soybean production in the Far East Federal District. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2020;1:13–16. (in Russ.). <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/1/13-16>
2. Gievsky AM, Chernyshov AV, Maslov DL, Milgunov VYu. Provision of a rationale for the mode of operation of the threshing and separating device of the combine at soybean harvesting. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019;12(1):50–56. (in Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2019.1.50>
3. Godzhaev ZA, Kolesnikov AV. Improvement of Threshers for Threshing and Separation of Grain Legumes. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2025;92(2):168–175. (in Russ.). <https://doi.org/10.17816/0321-4443-678124>
4. Zhalnin EV, Chaplygin ME. Improving the Design of Combine Harvesters by Harmonizing Their Basic Technical Parameters. *Engineering Technologies and Systems*. 2023;33(3):403-416. (in Russ.). <https://doi.org/10.15507/2658-4123.033.202303.403-416>
5. The farming system of the Amur region : an industrial and practical handbook [Sistema zemledeliya Amurskoi oblasti : proizvodstvenno-prakticheskii spravochnik] / PV Tikhonchuk, OV Shchegorets, EB Zakharova, [et al.]. Blagoveshchensk : Far Eastern State Agrarian University. 2016;570. (in Russ.). ISBN 978-5-9642-0276-9. (in Russ.). <http://doi.org/10.22450/9785964202769>
6. Orobinsky VI, Vorokhobin AV, Kornev AS, [et al.]. Fraction composition of the grain heap and its influence on the level of grain damage and sowing qualities of seeds. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14:3(70):12–17. (in Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_3_12
7. Improving the soybean harvesting process to obtain seeds using a two-phase threshing combine [Sovershenstvovanie protsessa uborki soi dlya polucheniya semyan v kombaine dvukhfaznogo obmolota: monografiya] / IM Prisyazhnaya, SP Prisyazhnaya. Blagoveshchensk : Tipografiya. 2024;208. (in Russ.).
8. Adler YuP. Planning of experiments in the search for optimal conditions [Planirovanie ehksperimenta

pri poiske optimal'nykh uslovii] / YuP Adler, EV Markova, YuV Granovskiy. Moscow: Nauka. 1976;279. ISBN 9785458253338. (in Russ.).

9. Patent No. 2679508 Russian Federation, A01D41/1208. Device of a combine harvester with a two-section hopper for collecting seed grain [Ustroistvo kombaina s dvukhseksionnym bunkerom dlya sbora semennogo zerna] / IM Prisyazhnaya, SP Prisyazhnaya, MO Sinegovskiy, [et al.]; Federalnoe gosudarstvennoe byudjetnoe nauchnoe uchrezhdenie Federalnii nauchnii centr «Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut soi» : application No. 2021108962; application No. 02.04.2021; publ. 01.02.2022; Bul. No. 4. 7 p. (in Russ.).

10. GOST R 52325–2005. Seeds of agricultural plants. Varietal and sowing qualities [Semena sel'skokhozyaistvennykh rastenii. Sortovye i posevnye kachestva]. Moscow : Standartinform. 2022;20. (in Russ.).

11. Patent No. 2679508 Russian Federation, A01D41/08. A device for collecting seed and commercial grain [Ustroistvo dlya sbora semennogo i tovarnogo zerna] / IM Prisyazhnaya, SP Prisyazhnaya, AA Kozhenkova; applicant Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Amurskij gosudarstvennyj universitet" : application No. 2018110188; application No. 27.10.2017; publ. 11.02.2019; Bul. No. 5. 6 p. (in Russ.).

12. Prisyazhnaya SP, Prisyazhnaya IM, Panasyuk AN, Churilova KS. Technical and economic efficiency of soybean seed production using a combine harvester with two-stage threshing [Tekhniko-ekonomicheskaya effektivnost' polucheniya semyan soi pri uborke v kombaine dvukhfaznogo obmolota]. *Proceedings of Dagestan State Agrarian University*. 2026;1(29):323–329. https://doi.org/10.52671/26867591_2026_1_323

Информация об авторах

И. М. Присяжная — кандидат технических наук, старший научный сотрудник;
С. П. Присяжная — доктор технических наук, главный научный сотрудник;
К. С. Чурилова — канд. экон. наук, доцент, ведущий научный сотрудник.

**Статья поступила в редакцию 12.03.2026;
одобрена после рецензирования 20.04.2026;
принята к публикации 22.04.2026**

Information about the authors

I. M. Prisyazhnaya — Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher.
S. P. Prisyazhnaya — Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher.
K. S. Churilova — Candidate of Economics, Associate Professor, Leading Researcher.

**The article was submitted 12.03.2026;
approved after reviewing 20.04.2026;
accepted for publication 22.04.2026**