

ЛЮДИ, ФАКТЫ, СОБЫТИЯ

ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ УЧЕНЫХ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ЛЬНА

Александр Николаевич Зинцов, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Автомобили, тракторы и технические системы»

Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Караваево, Россия

zintsov_a@mail.ru

Научно-исследовательская лаборатория по возделыванию, уборке и послеуборочной обработке льна (НИЛ льна) была организована в Костромском сельскохозяйственном институте «Караваево» приказом №203 МСХ СССР от 5 июля 1972 года по инициативе С. Г. Порфирьева, профессора кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка.

Ученые лаборатории проводят теоретические и экспериментальные исследования по созданию новых технологий и льноуборочных машин, адаптированных к российским условиям. По тематике, связанной с деятельностью лаборатории льна, защищено 13 кандидатских



Николай Алексеевич Смирнов, профессор, заслуженный изобретатель Костромской области

и 1 докторская диссертаций. По материалам исследований опубликовано более 400 работ, получено 149 авторских свидетельств и патентов РФ на изобретения.

С 1989 года группа исследователей под руководством заслуженного изобретателя Костромской области, профессора Н. А. Смирнова вела активную и плодотворную работу по усовершенствованию технологии двухфазной уборки льна-долгунца и созданию машин для ее реализации.

В результате проведенных НИОКР ученые Костромской ГСХА создали комплекс прицепных машин, состоящий из теребилки-плющилки льна ТПЛ-4К, подборщика-очесывателя ПОЛ-1,5К и оборачивателя-комлеподбивателя ОКП-1,5К.

Результаты производственных проверок усовершенствованной технологии двухфазной уборки с применением комплекса машин конструкции ФГБОУ ВО Костромской ГСХА в сравнении с комбайновой технологией показали, что за счет ранних сроков теребления растений и одновременного плющения стеблей качество льняной тресты повышается в среднем на 2,72 сортономера, увеличивается выход длинного волокна на 3,86% и повышается его качество со среднего номера 10,40 при комбайновой уборке до 13,16 при раздельной. Одновременно с этим



Сергей Григорьевич Порфирьев, профессор, первый заведующий НИЛ льна

получали семена достаточно высоких посевных кондиций.

Результаты этой работы демонстрировались на всероссийских выставках-ярмарках «Российский лен» (г. Вологда, 1998-2006 гг.), российских агропромышленных выставках «Золотая осень» (г. Москва, ВВЦ, 2000-2005 гг.). Работа удостоена Первой премии администрации Костромской области (2000 г.), отмечена серебряной медалью и Дипломом II степени 6-й Российской агропромышленной выставки «Золотая осень», золотой медалью и Дипломом I степени 7-й Российской агропромышленной выставки «Золотая осень» (г. Москва, ВВЦ, 2004, 2005 гг.).



Коллектив НИЛ льна (слева направо): Смирнов С. В., Лобачев А. А., Соколов В. Н., Зинцов А. Н., Смирнов Н. А., Трофимов М. А.

В последующие годы научная деятельность лаборатории была посвящена созданию новой технологии рулонной уборки льнотресты и ее подготовки к переработке на льнозаводе. Указанная технология является абсолютно уникальной и не имеет аналогов в мире, что подтверждено тремя патентами РФ на изобретения. В результате опытно-конструкторских изысканий разработано техническое обеспечение новой технологии, которое включает следующие машины: сдваиватель лент льна; рулонный пресс-подборщик с новым подбирающим аппаратом; размотчик сдвоенных рулонов и перекладчик лент льна для льнозавода. Производственные испытания показали, что новая технология позволяет увеличить выход длинного волокна в 1,4-1,6 раза.

С 2012 года деятельность научно-исследовательской лаборатории была нацелена на создание прицепной прямоточной теребилки льна ТЛП-1,5К с усовершенствованным теребильным аппаратом.

Коренным отличием данной машины от существующих аналогов является способность эффективно работать на полёглом льне, а незначительная масса прицепной теребилки позволит своевременно вытеребить лён на увлажнённых полях с меньшей зависимостью от погодных условий. Прямоточность технологической схемы и конструктивные особенности нового теребильного аппарата позволят формировать качественные ленты растений с минималь-

ной растянутостью ($\lambda < 1,2$), избежать расстила вытеребленных стеблей за пределами поля и уменьшить тем самым потери волокнистой части урожая. Кроме того, эксплуатация лёгкой теребилки сократит потребление топлива на единицу выработки. Отмеченные преимущества новой машины заметно снизят себестоимость производства, повысят качество продукции и рентабельность отрасли. Новизна конструкции подтверждена пятью патентами РФ на изобретения (№ 2446666, 2486741, 2514447, 2535253, 2552428).

Опытные образцы машины, изготовленные в Костромской ГСХА, показали надёжную работу на льняных полях в Костромской, Тверской, Вологодской, Смоленской и Омской областях. В ходе производственных проверок новая теребилка ТЛП-1,5К обеспечивала чистоту теребления не ниже 99% и допускала незначительные потери семян (не более 3%). Во всех случаях относительная растянутость стеблей в ленте не превышала 1,2 раза. При этом рабочая скорость новой машины



Прицепная прямоточная теребилка льна ТЛП-1,5К

составляла 10-15 км/ч, а ее производительность в час эксплуатационного времени превышала 1,2 га.

В настоящее время коллектив лаборатории занимается авторским сопровождением серийного производства и совершенствованием прямоочной фронтальной теребилки льна ТЛП-1,5К конструкции ФГБОУ ВО Костромской ГСХА. Индустриальным партнером нашей академии в этом направлении работы является Общество с ограниченной ответственностью Инженерно-производственная фирма «ТексИнж» (г. Иваново).

Выпуск указанных машин в ООО ИПФ «ТексИнж» продолжается нарастающими темпами, и к уборочному сезону 2025 года предприятие выпустило для льноводов страны в общей сложности 41 костромскую теребилку ТЛП-1,5К. Значительная часть машин была поставлена на

Алтай, в ОАО «Бийская льняная компания», где они продемонстрировали высокие показатели своей работоспособности и получили положительные отзывы заказчиков.

Наряду с неоспоримыми преимуществами, в конструкции теребилки ТЛП-1,5К отсутствовал аппарат для плющения стеблей, что необоснованно снижало возможный эффект от применения технологии разделительной уборки. Поэтому в 2022 году в результате дальнейших проектных изысканий с целью достижения максимальной эффективности указанной технологии произведено усовершенствование конструкции теребилки путем разработки, изготовления и установки на машину двухвальцового плющильного аппарата. На новую компоновку рабочих органов усовершенствованной машины в 2023 году получен еще один патент РФ на изобретение №2802228.

Основными технологическими рабочими органами новой теребилочной машины ТЛП-1,5К(П) являются: двухсекционный теребилочный аппарат 18, обрачивающий транспортер 13, расстилочное устройство 10 и двухвальцовый плющильный аппарат 2. Все указанные рабочие органы последовательно смонтированы на поворотной раме 5. Поворотная рама 5 установлена шарнирно на основной раме 22 с возможностью регулировки рабочей высоты теребления и перевода рабочих органов в транспортное положение при помощи гидроцилиндра 16.

Основная рама 22 имеет колесный ход 23 и сницу 20. Привод рабочих органов теребилки осуществляется от ВОМ трактора посредством системы 19.

Аппарат 18 объединяет в себе две теребилочные секции 26 и 32 с делителями 21. Каждая секция образована двумя теребилочными

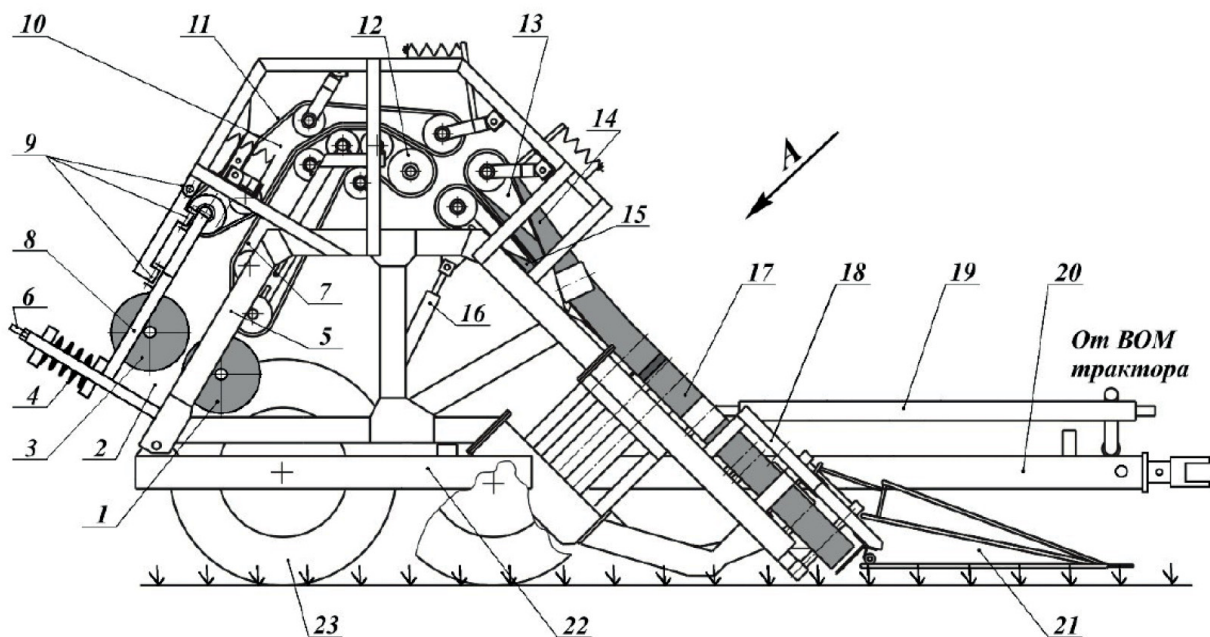


Схема новой теребилочной машины, вид справа

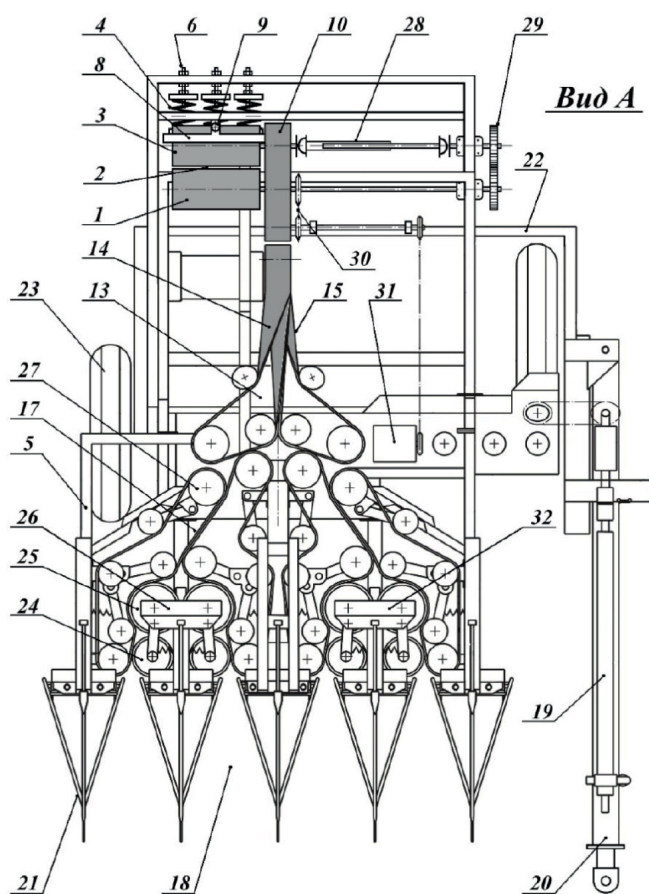


Рисунок 6 – Схема новой теребильной машины, вид А

ручьями, расположенными симметрично относительно продольной оси технологической схемы машины. Теребильная секция состоит из теребильных ремней 17, теребильных 25 и ведущих 27 шкивов, направляющих дисков 24, а также системы направляющих, прижимных и отклоняющих роликов.

Делители 21 представляют собой пятигранные клинья, выполненные из металлических прутков с возможностью регулировки расположения носков делителей в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Оборачивающий транспортер 13 состоит из двух перекрестных ремней 14 и 15. Каждый ремень охватывает свою систему шкивов и роликов.

Расстилочное устройство 10 представляет собой транспортер, образованный рабочими поверхностями двух ремней 7 и 11. Оба ремня огибают систему шкивов и роликов. При этом ведущим является только нижний ремень 7, а верхний ремень 11 является ведомым за счет сил трения, возникающих в месте контакта их рабочих поверхностей. Ремень 7 приводится в движение шкивом 12 через цепную передачу от редуктора 31.

Плющильный аппарат 2 состоит из двух, расположенных один над другим, обрешиненных вальцов 1 и 3, объединенных между собой рамной конструкцией 8 и прижатых друг к другу с помощью нажимных пружин 4. Оба вальца приводятся во вращательное движение.

Нижний валец 1 установлен жестко на поворотной раме 5 и получает вращение через цепную передачу 30 от вала, приводящего в движение ведущий шкив 12 нижнего ремня 7 расстилочного транспортера 10. Верхний валец 3 получает вращательное движение от нижнего вальца 1 через шестеренную 29 и карданную 28 передачи. Верхний валец 3, кроме вращательного движения, имеет две степени свободы относительно нижнего вальца 1.

Дополнительные степени свободы перемещения верхнего вальца 3 необходимы для копирования изменений толщины ленты стеблей как по длине, так и по ширине слоя. Такая подвижность верхнего вальца 3 обеспечивается за счет шарнирных соединений 9 рамной конструкции 8. Силу прижатия вальцов друг к другу создают пружины 4 с возможностью ее регулировки при помощи винтовых механизмов 6.

Принцип работы усовершенствованной теребилки льна ТЛП-1,5К(П) с двухвальцовым плющильным аппаратом представлен на технологических схемах.

Для получения наивысшего качества волокна теребить лен при отдельной уборке следует в период между окончанием зеленой спелости и началом ранней желтой спелости растений. Перед началом работы машины устанавливают теребильный аппарат 2 на нужную высоту с помощью гидроцилиндра. Следует иметь в виду, что при уборке короткостебельного или полеглого льна аппарат 2 опускают на минимальную высоту.

Для выполнения технологического процесса включают привод рабочих органов (ВОМ трактора) и начинают посту-

пательное движение агрегата. При движении теребилки ее делители 1 разделяют стеблевой растений льна, формируя четыре одинаковых потока — по два в каждой секции. Далее теребилные ручки затягивают свои потоки растений в два последовательных зажима. В первом зажиме между ремнями 2 и направляющими дисками 3 происходит предварительное натяжение растений. При поступательном движении машины, а также ремней 2 и дисков 3 стеблевая масса каждого потока попадает в следующий зажим между ремнями 2 и теребилными шкивами 4, где производится основная работа по тереблению растений из почвы.

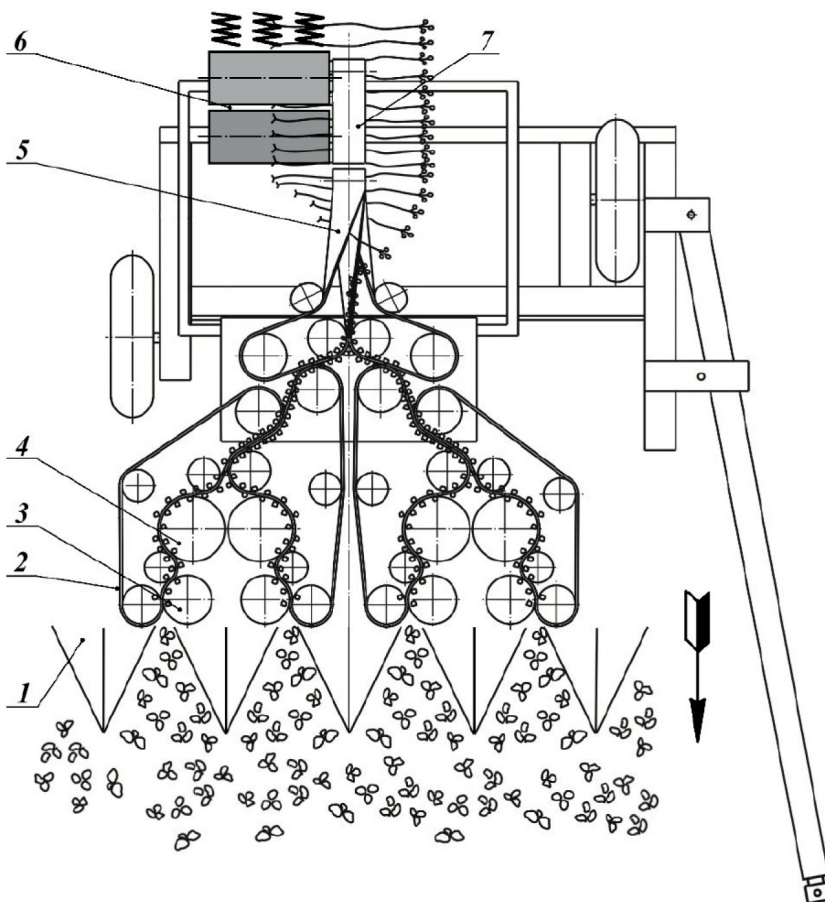
Поскольку теребилные ручки в каждой секции схо-

дятся, то потоки растений, выходящих из этих ручьев, объединяются в один поток. После объединения сдвоенные потоки из правой и левой теребилных секций объединяются еще раз, образуя полноценную ленту из растений, вытеребленных со всей ширины захвата машины.

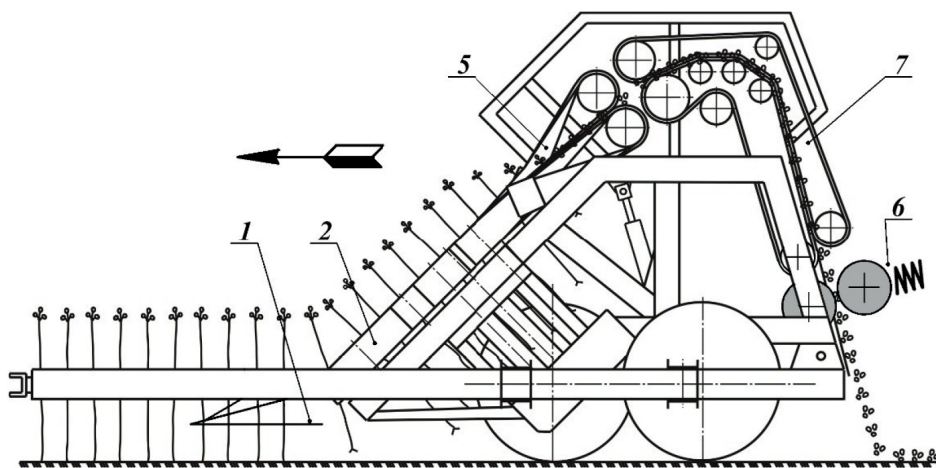
Сформированная из всех четырех потоков лента растений льна захватывается ремнями оборачивающего транспортера 5, зажимается между ними и перемещается в направлении к расстилочному устройству 7. При перемещении ленты вместе с ремнями транспортера 5 происходит оборот её из вертикальной плоскости в горизонтальное положение.

После такого оборота лента выходит из оборачивающего транспортера 5 и захватывается ремнями расстилочного устройства 7. Ремни устройства 7 перемещают ленту в сторону плющильного аппарата 6. Далее лента растений затягивается в пространство между вращающимися вальцами плющильного аппарата 6. Плющильные вальцы под действием нажимных пружин частично разрушают конструкцию стеблей. Обработанная таким образом лента растений, освободившись из зажима вальцов, под действием силы тяжести расстилается на поверхность поля. За счет полученных микроразрывов эпидермиса ускоряется сушка растений и активизируется мацерация соединительных тканей паренхимы, что заметно сокращает сроки приготовления тресты, повышает качество волокнистой продукции и уменьшает вероятность затягивания уборки до осеннего ненастья.

С учетом описанной компоновочной схемы в 2022 году изготовлен и опробован в условиях опытного поля Костромской ГСХА усовершенствованный опытный образец прямоточной теребилки-плющилки льна ТЛП-1,5К(П) с двухвальцовым плющильным аппаратом. Следует также положительно отметить, что при изготовлении новой машины были использованы только отечественные материалы, комплектующие узлы и детали, позволяющие снизить затраты на техническое обслуживание и ремонт, и сделать серийное производство инновационной теребилки полностью импортнезависимым.



Технологическая схема работы теребилки, вид сверху



Технологическая схема работы теребилки, вид сбоку



Теребилка-плющилка льна ТЛП-1.5К(П) в работе, вид спереди



Плющильный аппарат в работе

**Техническая характеристика инновационной
теребилки-плющилки ТЛП-1,5К(П):****1**

Тип машины – прицепная,
правоберущая, привод от ВОМ
трактора

2

Агрегатируется с тракторами
класса 9, 14 кН

3

Машину обслуживает – **один
механизатор**

4

Габаритные размеры
(длина, ширина, высота):
в рабочем положении –
4580×2780×1600 мм
в транспортном положении –
4540×2460×1600 мм

5

Дорожный просвет
в транспортном положении –
280 мм

6

Ширина колеи – **1650 мм**

7

Масса машины – **1460 кг**

8

Наличие плющильного
аппарата – **да**

9

Рабочая скорость движения –
до 18 км/ч

10

Транспортная скорость –
не более 25 км/ч

11

Ширина захвата – **1,52 м**

12

Производительность в час
основного времени – **до 2,5 га**

13

Производительность в час
эксплуатационного времени –
не менее 1,2 га

14

Растянность стеблей в ленте –
не более 1,2 раза

15

Чистота теребления –
не менее 99%

16

Стоимость машины –
1 500 000 руб.



Теребилка-плющилка льна ТЛП-1.5К(П) в работе, вид сзади



Применение плющильного аппарата в конструкции теребилки ТЛП-1,5К(П) позволит получить волокнистую продукцию с наиболее высокими показателями качества за счёт плющения стеблей на самых ранних этапах уборочных работ.

Сравнительный анализ теребилки-плющилки льна ТЛП-1,5К(П) и существующих аналогов показал, что в настоящее время все машины заграничного производства фирмы «Union» (Франция) — U/20PY, U22. NY GE-220, GX220 и фирмы «Depoortere» (Бельгия) — Type ARA.NY.01, DAEA.NY.01, ADE18 имеют самоходное исполнение, значительную массу – от 9500 кг (ADE18) до 10460 кг (GX220) и высокую стоимость – от 9 млн рублей и более. Отмеченные особенности делают заграничные машины малопригодными в условиях рискованного земледелия Нечернозёмной зоны европейской части России.

Известные самоходные теребилки льна российского производства ЛТС-1,65 и ТСЛ-2,4 обладают всеми недостатками, которые имеются у самоходных машин заграничного производства. Кроме того, в настоящее время производство отечественных теребилков прекращено из-за отсутствия спроса.

Отечественные и белорусские навесные теребилки льна ТЛН-1,5, ТЛ-1,9 и ТЛН-1,9 схожи по своей конструкции и обладают одинаковыми преимуществами и недостатками. Навесные теребилки из-за простоты своей конструкции являются наиболее легкими и в несколько раз более доступными по цене.

Указанные машины агрегатируются с тракторами

Т-25, Т-30 или с самоходными шасси Т-16. При этом суммарная масса льноуборочного агрегата не превышает 2500 кг, что обеспечивает возможность проведения уборочных работ также и на увлажненных полях с минимальной зависимостью от погодных условий. Существенным недостатком таких агрегатов является необходимость переоборудования трактора для работы на реверсном ходу (ТЛН-1,5, ТЛ-1,9) или оснащать его передним ВОМ (ТЛН-1,9). Кроме того, тракторы тягового класса 0,6 т в большинстве хозяйств отсутствуют или имеются в очень ограниченных количествах. Поэтому для комплектования агрегата необходимо также приобрести еще и дополнительный трактор, который после окончания уборочных работ будет иметь незначительную загрузку или вовсе простаивать.

К технологическому недостатку известных навесных теребилков следует отнести сложную траекторию свободного движения вытеребленных растений на поверхность поля с поворотом потока стеблей растений на 90°, что является причиной низкого качества разостланных лент. Повышенная кривизна лент и спутанность в них стеблей заметно снижают производительность и качество работы льноподборщиков при выполнении второй фазы раздельной уборки. Кроме того, на крайних загонах вытеребленные ленты растений выносятся этими машинами за край поля с высокой вероятностью потери льнопродукции.

Сравнительный анализ конструктивных, технологических и стоимостных параметров известных

заграничных и отечественных аналогов положительно выделяет костромскую теребилку-плющилку ТЛП-1,5К(П) как перспективную машину, способную уверенно функционировать в широком диапазоне производственных условий российского Нечерноземья.

Лабораторно-полевые испытания теребилки-плющилки льна ТЛП-1,5К(П) были проведены 16 августа 2024 года в условиях опытного поля ФГБОУ ВО Костромской ГСХА (табл. 1).

В таблице 2 представлены агротехнические показатели теребилки-плющилки льна ТЛП-1,5К(П) при лабораторно-полевых испытаниях.

Результаты лабораторно-полевых испытаний свидетельствуют о высоком качестве работы теребилки-плющилки ТЛП-1,5К(П) в совокупности с высокой производительностью. При этом остановок технологического процесса по вине нового плющильного аппарата не выявлено.

Таким образом, инновационная теребилка-плющилка льна прямоточная прицепная ТЛП-1,5К(П) обладает следующими преимуществами:

- незначительная масса, высокая производительность и надежность машины позволит своевременно и в короткие сроки выполнять первую фазу раздельной уборки льна-долгунца на больших площадях с наименьшей зависимостью от погодных условий;

- плющение стеблей при тереблении растений сократит сроки уборки и повысит качество волокнистой продукции;

- высокое качество сформированных лент льна с минимальной растянуто-



Таблица 1 – Условия испытаний

Показатели	Значение показателя при лабораторно-полевых испытаниях
Сорт льна	Лидер
Дата	16.08.2024
Место проведения	Опытное поле ФГБОУ ВО Костромской ГСХА
Рельеф	Ровный
Микрорельеф, см	2
Влажность почвы в слое 0-10 см, %	11,5
Твёрдость почвы в слое 0-10 см, МПа	0,52
Спелость коробочек по семенам, %	
– зелёные	28
– жёлтые	43
– бурые	29
Влажность, %	
– стеблей	59,4
– коробочек	47,2
Полегание стеблестоя, балл	5
Высота стеблестоя, см	69
Урожайность, ц/га:	
– льносемян	8,48
– льносоломы	49,45
Засорённость культуры сорняками, %	4,4
Густота стеблестоя, шт./м ²	1387
Наличие влаги на стеблях и листьях	Без влаги

Таблица 2 – Агротехнические показатели теребилки-плющилки льна ТЛП-1,5К(П)

Показатели	Значение показателя по данным испытаний
Дата проведения оценки	16.08.2024
Место проведения оценки	Опытное поле КГСХА
Режим работы:	
– рабочая скорость, км/ч	14,4
– фактическая ширина захвата, м	1,52
– производительность за час основного времени, га	2,19
Показатели качества выполнения технологического процесса	
Потери семян, всего, %	0,60
Потери стеблей, всего, %	0,20
Чистота тербления, %	99,8
Характеристика ленты	
Относительная растянутость стеблей в ленте, раз	1,17
Угол отклонения стеблей в ленте, град	6,1
Повреждение стеблей, влияющее на выход волокна, %	0,24
– в т. ч. открытый излом с разрывом волокна, %	Нет
– обрыв технической длины стебля	0,24



стью стеблей обеспечит высокую производительность льноподборщиков, уменьшит потери льнопродукции и увеличит выход длинного волокна при переработке тресты на льнозаводе;

– простота конструкции и низкая стоимость машины обуславливают доступность ее приобретения для более широкого круга льноводов и быструю окупаемость;

– отечественные узлы, детали и материалы, использованные в конструкции, делают производство новой теребилки полностью импортнезависимым и позволят замет-

но снизить затраты на техническое обслуживание и ремонт;

– наличие индустриального партнера ООО ИПФ «ТексИнж» способствует быстрому внедрению в производство всех технологических и конструктивных усовершенствований машины;

– новизна конструкции подтверждена шестью патентами РФ на изобретения (№ 2446666, 2486741, 2514447, 2535253, 2552428, 2802228).

В 2025 году усовершенствованная теребилка-плющилка льна прямоточная прицепная ТЛП-1,5К(П) была

представлена на конкурс «Создание и производство высокоэффективной сельскохозяйственной техники и внедрение цифровых технологий», проводимого в рамках 27-й Российской агропромышленной выставки «Золотая осень-2025» в номинации «Машины и оборудование для сельскохозяйственного производства». Решением конкурсной комиссии от 9 октября 2025 года за проект «Теребилка-плющилка льна прямоточная прицепная ТЛП-1,5К(П)» Костромская ГСХА награждена Золотой медалью и Дипломом победителя конкурса.