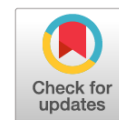


УДК 631.358:633.5

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-106770>

Оригинальное исследование



## Особенности плющения стеблей при двухфазной технологии уборки льна-долгунца

А.Н. Зинцов, В.А. Добрецов, В.Н. Соколов

Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Кострома, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** На основе анализа морфологических особенностей льна-долгунца авторы акцентируют внимание на технической части стебля, в которой содержится волокно. Для повышения качества и наиболее полного выделения этого продукта следует активизировать процесс мацерации тканей путем плющения стебля.

**Цель работы** – изыскание методов и средств получения максимального эффекта от применения двухфазной технологии уборки льна путем обеспечения равномерной вылежки по всей технической длине стеблей, начиная с самых ранних этапов уборочных работ.

**Материалы и методы.** Отмечено, что наибольший эффект от плющения может быть достигнут при двухфазной уборке льна. Однако все известные способы и устройства предполагают разрыв во времени между плющением различных частей растения, что приводит к запаздыванию начала мацерации в необработанных участках стебля, затягиванию сроков уборки и снижению качества волокна. Поэтому производить плющение стеблей следует сразу по всей их технической длине на самых ранних этапах одновременно с тереблением льна, не подвергая плющению только оставшуюся часть общей длины растений, на которой расположены семенные коробочки.

**Результаты.** Установлено, что размер зоны плющения в ленте растений не является постоянным. Поэтому для уменьшения вероятности повреждения семенных коробочек плющильными вальцами путем соблюдения высокой точности реализации предлагаемого способа необходимо верхнюю кромку плющильных вальцов располагать на уровне верхней границы технической длины растений, формировать равномерный по высоте стеблестой с компактной зоной расположения семенных коробочек, уменьшать галопирование теребильных машин при движении по неровностям поверхности поля и применять такие рабочие органы, которые обеспечивают минимальную растянутость стеблей в формируемой ленте.

**Заключение.** Анализ существующих средств механизации показал, что для реализации предложенного способа следует отдавать предпочтение более легкой и дешевой прицепной теребилке ТЛП-1,5К и оснастить ее плющильным аппаратом.

**Ключевые слова:** лен-долгунец; двухфазная технология уборки; теребилка; стебли; волокно; мацерация; плющильный аппарат; валец.

### Для цитирования:

Зинцов А.Н., Добрецов В.А., Соколов В.Н. Особенности плющения стеблей при двухфазной технологии уборки льна-долгунца // Тракторы и сельхозмашины. 2022. Т. 89, № 3. С. 215–222. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-106770>

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-106770>

Original study article

# Peculiarities of stems flattening at two-phase fiber flax harvesting technology

Alexander N. Zintsov, Vyacheslav A. Dobretsov, Valery N. Sokolov

Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Based on the analysis of the morphological features of fiber flax, authors focus on the technical part of the stem, which contains fiber. To improve the quality and for most complete isolation of this product, the process of tissue maceration should be stimulated by stem flattening.

**AIMS:** Search of methods and means of obtaining the maximum effect from the use of two-phase flax harvesting technology, by ensuring uniform flattening along the entire technical length of the stems, starting from the earliest stages of harvesting.

**METHODS:** It is noted that the greatest effect of flattening can be achieved with two-phase flax harvesting. However, all known methods and devices involve a time gap between the flattening of different parts of a plant, which leads to a delay in the onset of maceration in untreated parts of a stem, delaying harvesting and reducing the quality of the fiber. Therefore, stems should be flattened immediately along their entire technical length at the earliest stages simultaneously with the pulling of flax, without flattening only the remaining part of the total length of plants, on which seed pods are located.

**RESULTS:** It has been found that the size of the flattening zone in the plant ribbon is not constant. Therefore, in order to reduce the likelihood of damage to seed bolls by flattening rollers with maintaining the high accuracy of the implementation of the proposed method, it is necessary to place the upper edge of the flattening rollers at the level of the upper limit of the technical length of plants, to form a stem stand, uniform in height, with a compact area of seed bolls, reduce the galloping of flax harvesters when moving over irregularities of field surface and use such working bodies that provide the minimum longitudinal shift of the stems in the formed ribbon.

**CONCLUSIONS:** An analysis of the existing means of mechanization showed that preference should be given to the TLP-1.5K trailed flax puller, which is lighter and cheaper and should be equipped with a flattening machine, in order to implement the proposed method.

**Keywords:** *fiber flax; two-phase cleaning technology; flax puller; stems; fiber; maceration; flattening machine; roller.*

## Cite as:

Zintsov AN, Dobretsov VA, Sokolov VN. Peculiarities of stems flattening at two-phase fiber flax harvesting technology. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2022;89(3):215–222. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-106770>

Received: 26.04.2022

Accepted: 01.07.2022

Published: 15.07.2022

## ВВЕДЕНИЕ

Морфологическая особенность льна-долгунца заключается в том, что у растения различают общую и техническую длину стебля. Общая длина – это расстояние от места прикрепления семядольных листочков до места прикрепления самой верхней семенной коробочки соцветия (70–125 см и более). Техническая длина – это расстояние от места прикрепления семядольных листочков до начала разветвления соцветия (50–110 см и более) [1]. Техническую часть стебля считают наиболее ценной, так как она дает длинное волокно – основной продукт, ради которого возделывают лен-долгунец во всем мире. Чем выше стебель и длиннее его техническая часть, тем больше длинного волокна содержится в нем.

В настоящее время росаяная мочка является самым дешевым и поэтому самым распространенным способом превращения льняного стебля в тресту (90% площадей и более) [2]. Интенсивность мацерации является случайным процессом, зависящим от множества природных и производственных факторов. Продолжительность этого процесса во многом обуславливает качество и выход длинного волокна, являющихся главными составляющими в экономике отрасли. Производственный опыт показывает, что при определенном стечении неблагоприятных обстоятельств вытеребленные растения способны долгое время сохранять жизнеспособное состояние и мацерация тканей такого стебля с высвобождением льноволокна затягивается до полутора месяцев.

С учетом обозначенной проблемы в конце прошлого века (1990–1993 гг.) в результате всесторонних научных исследований технологии комбайновой уборки льна установлено [3, 4, 5], что самым эффективным методом ускорения процесса мацерации является плющение стеблей вальцовыми плющильными аппаратами. Главным проявлением эффекта стало сокращение сроков приготовления тресты на 3–10 суток с повышением ее качества в среднем на один сортономер. Поэтому в то время все усовершенствованные модификации отечественных льнокомбайнов ЛК-4Д, «Русь», «Русич», КЛП-1,5 и КЛП-1,5М начали оснащать плющильными аппаратами [6, 7].

Известно, что в процессе вегетации растения формирование волокнистых пучков заканчивается в фазу ранней желтой спелости. К этому времени качество волокна достигает наивысшего качества, а полное созревание семян наступает только спустя 10–12 дней [1].

Поскольку главной товарной продукцией в льноводстве является волокно, то начинать уборку льна комбайнами рекомендуется в фазу ранней желтой его спелости. Однако такая организация уборки приведет к заметному недобору семян как в количественном, так и в качественном выражении, со снижением общей эффективности отрасли.

Двухфазная (раздельная) технология уборки льна свободна от указанного недостатка, так как предполагает

теребление растений в фазу ранней желтой спелости без отделения от них семян. При этом волокно получается наивысшего качества, а семена созревают на стеблях, разостланных в ленту. После дозревания и подсушивания семян в естественных условиях производят подбор ленты с одновременным отделением семенной части урожая от стеблей. Обмолоченную льносолому оставляют на льнище для получения тресты. Поэтому еще больший эффект от плющения стеблей может быть достигнут при реализации двухфазной технологии за счет получения обоих видов льнопродукции высокого качества.

Результаты производственных проверок двухфазной технологии с применением костромского комплекса машин показали [6, 8], что за счет ранних сроков теребления растений с одновременным плющением комлевой части стеблей качество тресты повышается в среднем на 2,72 сортономера, выход длинного волокна увеличивается на 3,86% и повышается его качество со среднего номера 10,40 при комбайновой уборке до 13,16 – при раздельной. Несмотря на достигнутые результаты, при проведении уборочных работ по двухфазной технологии не обеспечивается получение льнотресты с достаточно однородной степенью вылежки по всей технической длине стеблей. Это объясняется неодинаковым воздействием рабочих органов льноуборочных машин на различные участки растений. При переработке такой льнотресты невозможно получить максимальный эффект от качества и выхода длинного волокна.

**Цель работы** – изыскание методов и средств получения максимального эффекта от применения двухфазной технологии уборки льна путем обеспечения равномерной вылежки стеблей по всей технической длине растений, начиная с самых ранних этапов уборочных работ.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Известно множество технологических и технических решений устранения неоднородности тресты по длине стебля, получаемой при двухфазной уборке. Однако обозначенная проблема в полной мере продолжает существовать до настоящего времени.

Например, в одном из вариантов предлагается производить плющение комлевой части стеблей при тереблении растений, а вершинной – сразу же после отделения семенной части урожая от стеблей [9]. В результате первой фазы уборки процесс вылежки стеблей в тресту интенсифицируется в расплющенной комлевой их части. После плющения вершин во время второй фазы уборки интенсифицируется вылежка также и в вершинной части стеблей. Недостатком такого способа является невозможность равномерного плющения стеблей по всей их технической длине. При этом в большинстве случаев в средней части стебля появятся участки, которые совсем не будут подвергаться плющению или будут расплющены дважды. Такие воздействия вызовут перележку

или недолежку средней части растения, что уменьшит выход длинного волокна и понизит его качество.

В другом случае одновременно с плющением вершин предлагают произвести повторное плющение остальной части стеблей [10]. После плющения вершин и повторного плющения остальной части стеблей непосредственно после отделения от них семян интенсифицируется вылежка как в вершинной, так и еще более в комлевой частях стеблей.

Общим недостатком известных способов плющения [9, 10] является необходимость обязательного оснащения плющильными аппаратами теребильной машины и машины для отделения семенной части урожая от стеблей (подборщика-молотилки или подборщика-очесывателя), что удорожает стоимость механизированного комплекса и снижает его техническую надежность.

Произвести одновременное плющение всех частей растения и тем самым избежать неоднородной вылежки по длине стебля позволит способ [11], при котором плющение всего стебля производят во время второй фазы уборки одновременно с отделением от растений семенной части урожая. При этом стебель будет равномерно обработан по всей его длине и для реализации указанного способа потребуется оснастить плющильным аппаратом только одну машину – подборщик-молотилку или подборщик-очесыватель.

Общим недостатком известных способов [9, 10, 11] является необходимость разрыва во времени между тереблением растений и плющением стебля по всей его технической длине. При двухфазной технологии отмеченный разрыв во времени необходим для подсушки вытеребленных растений и дозревания на них семян в семенных коробочках. Указанный процесс может длиться от пяти до десяти суток и более, после чего производят подбор лент подсушенных растений с отделением дозревших семян от стеблей. В течение этого времени расплющенные при тереблении растений части стеблей будут активно вылеживаться, а нерасплющенные части стеблей могут совсем не подвергаться вылежке, затягивая тем самым продолжительность уборочных работ до осеннего ненастья, снижая качество и выход наиболее ценного длинного волокна. Поэтому целесообразно плющить сразу все части стеблей в начале уборки при тереблении растений. Это позволит активизировать процесс вылежки в тресту равномерно по всей технической длине стебля, начиная с самых ранних этапов уборочных работ, что сократит сроки приготовления тресты, повысит качество и увеличит выход длинного волокна. Однако если при двухфазной уборке произвести одновременное плющение всех частей стеблей по всей общей длине растений при их тереблении до отделения семенной части урожая от стеблей, то это вызовет невозвратимые потери семян в виде осыпания из расплющенных семенных коробочек и снижение их посевных качеств из-за повреждений плющильными вальцами. Такой прием заметно снизит эффективность

двухфазной уборки льна-долгунца, в связи с чем является недопустимым.

С учетом морфологической особенности растения льна и с целью сокращения сроков приготовления тресты льняной, повышения качества и увеличения выхода длинного волокна плющение стеблей следует производить по всей технической длине растений одновременно с тереблением последних, не подвергая плющению оставшуюся часть общей длины растений, на которой расположены семенные коробочки.

Для точной реализации обозначенного способа необходимо верхнюю кромку плющильных вальцов теребильной машины располагать по длине стеблей на уровне верхней границы технической длины растений. В этом случае вальцы будут равномерно обрабатывать стебли только на той части растений, где содержится длинное волокно, а семенная часть останется за пределами зоны плющения. Такое расположение зоны плющения исключает разрушение семенных коробочек и повреждение семенного материала плющильными вальцами, а также потери семян от осыпания из разрушенных коробочек.

Таким образом, при двухфазной уборке льна-долгунца благодаря одновременному плющению всех частей технической длины стеблей в их конструкции появятся трещины. За счет этого сушка растений и процесс вылежки в тресту будут происходить более интенсивно и равномерно по всей технической длине стебля. Поскольку все части стебля, содержащие волокно, расплющены при тереблении растений, то вылежка в тресту начнется в наиболее ранние и наиболее благоприятные сроки, что максимально повысит качество волокнистой продукции, сократит сроки ее приготовления и уменьшит вероятность затягивания уборки до осеннего ненастья. Кроме того, для реализации предложенного способа потребуется оснастить плющильным аппаратом только теребильную машину. При переработке тресты, полученной с применением предлагаемого способа, повысится качество и увеличится выход длинного волокна.

Однако при проектировании конструкции теребилки-плющилки следует иметь в виду, что размер  $h_1$  зоны плющения в ленте растений льна не является постоянным. На размер этой зоны влияет ряд случайных процессов: изменения высоты стеблестоя –  $l(t)$ , размера зоны расположения коробочек в стеблестое –  $a(t)$  и растянутости стеблей в сформированной при тереблении ленте –  $\lambda(t)$ , а также колебания комлевой части ленты льна –  $y_k(t)$  перед плющильным аппаратом, обусловленные галопированием машины при движении по неровностям поверхности поля. В каждом конкретном сечении ленты льна средний размер зоны плющения будет равен:

$$h_1 = m_\lambda \cdot (m_l - m_a), \quad (1)$$

где  $m_\lambda, m_l, m_a$  – математические ожидания процессов, соответственно, изменения растянутости стеблей

в сформированной при терблении ленте  $\lambda(t)$ , изменения высоты стеблестоя  $l(t)$  и размера зоны расположения коробочек в стеблестое  $a(t)$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Используя результаты статистических исследований условий работы льноуборочных машин (табл. 1), проведенных В.Г. Озеровым [12], получена графическая интерпретация зависимости (1) (рис. 1).

Следует отметить тот факт, что процесс  $y_k(t)$  не влияет на значение  $h_n$ . При наличии указанных колебаний происходит смещение зоны  $h_n$  относительно плющильного аппарата на величину  $y_k$ , которая с учетом правила трех сигм изменяется в диапазоне  $\pm 3\sigma_{y_k}$ . Поэтому размер  $y_k$  также следует учитывать при расчете рабочей ширины захвата вальцов плющильного аппарата (рис. 2), то есть:

$$h_b = m_\lambda \cdot (m_l - m_a) + 3\sigma_{y_k} \quad (2)$$

Таким образом, при использовании для расчетов по выражению (2) усредненные значения статистических характеристик из табл. 1 ширина  $h_b$  захвата вальцов плющильного аппарата должна равняться 1,09 м. Однако полученный размер вызовет сложности монтажа такого

аппарата на тербильную машину, увеличение габаритов и металлоемкости конструкции. Кроме того, ординаты всех анализируемых процессов также изменяются в пределах  $\pm 3\sigma$ . Это означает, что размер зоны плющения  $h_n$  может принимать значения своих ординат в еще более широком диапазоне, и при этом появляется вероятность

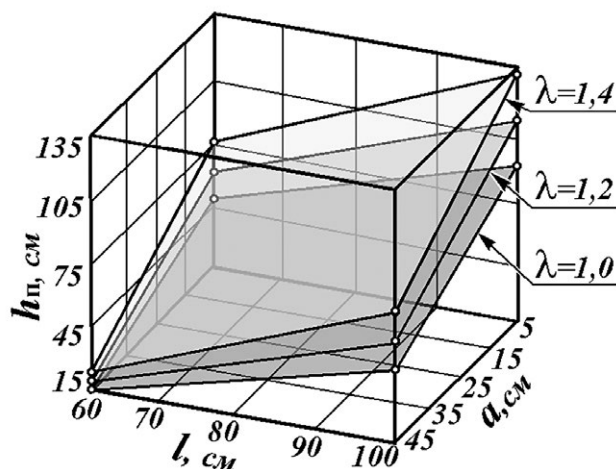


Рис. 1. Зависимость размера  $h_n$  зоны плющения в ленте растений льна от случайных факторов.

Fig. 1. The  $h_n$  size of flattening zone in the plant ribbon of flax, depending on random factors.

Таблица 1. Статистические характеристики структурных параметров ленты растений льна

Table 1. Statistical properties of structural parameters of the plant ribbon of flax

Процесс	Математическое ожидание – $m$	Среднеквадратическое отклонение – $\sigma$	Коэффициент вариации – $V, \%$
$l(t)$ , см	78,3–89,9	5,4–7,6	6,9–8,5
$a(t)$ , см	19,4–22,0	4,8–5,3	24,0–24,8
$\lambda(t)$	1,4	0,1	7,2
$y_k(t)$ , см	–	5,4–8,3	–

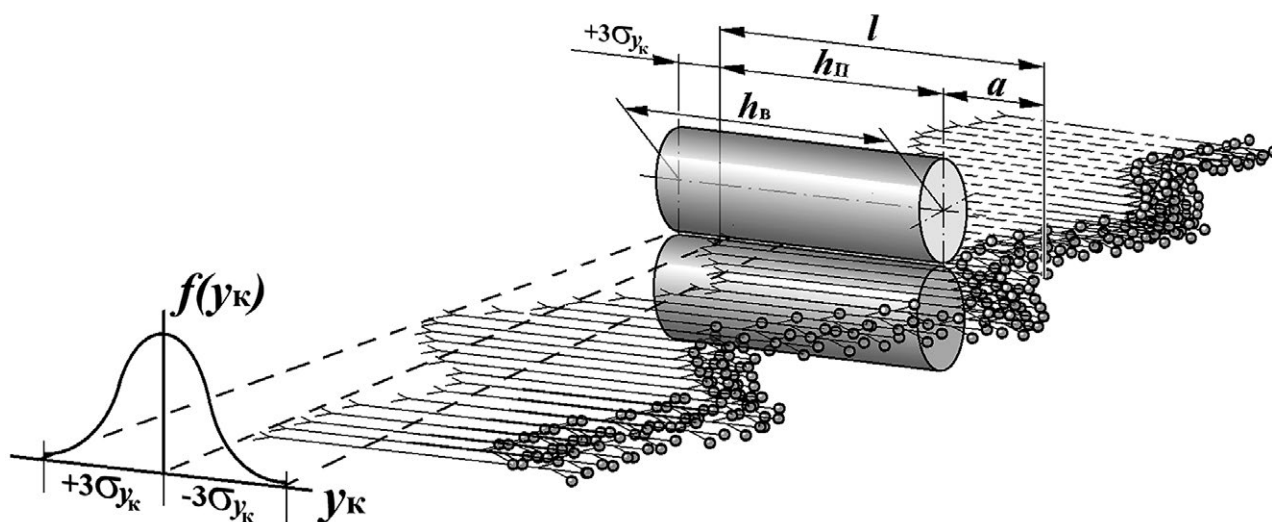


Рис. 2. Схема к определению ширины захвата вальцов плющильного аппарата.

Fig. 2. The scheme on defining the flattening machine rollers operating width.



попадания семенной части растений в зону  $h_v$  действия плющильных вальцов.

Для уменьшения необходимой ширины захвата вальцов и вероятности повреждения семенных коробочек путем соблюдения высокой точности реализации предлагаемого способа следует обеспечить выполнение ряда обязательных агротехнических требований.

Во-первых, следует сформировать равномерный по высоте стеблевой с компактной зоной расположения семенных коробочек, во-вторых, уменьшить галопирование теребильных машин при движении по неровностям поверхности поля и, в-третьих, применять такие рабочие органы, которые обеспечивают минимально возможную растянутость стеблей в формируемой ленте.

Для реализации первых двух требований следует использовать для посева кондиционные семена с высокими посевными качествами и обеспечивать равномерную глубину их заделки в почву, своевременно и тщательно выполнять основную и предпосевную обработки почвы.

Использованные для расчетов ширины  $h_v$  захвата вальцов числовые характеристики получены при исследовании теребильных машин, выполненных на основе теребильной части льноуборочных комбайнов ЛК-4Т или ЛК-4А, допускающих при своей работе значительное увеличение растянутости стеблей в ленте ( $\lambda=1,4\pm 0,3$ , см. табл. 1). Поэтому с целью уменьшения размера необходимой зоны плющения и снижения металлоемкости конструкции плющильного аппарата следует для выполнения первой фазы уборки применять машины с теребильными рабочими органами, выполненными по примеру конструкций фирмы *Union* (Франция) U/20PY, U22.HY, GE-220; фирмы *Depoortere* (Бельгия) Type ARA.HY.01, DAEA.HY.01; или теребилков отечественного производства: самоходной – ЛТС-1,65 и прицепной – ТЛП-1,5К(П) [13], допускающих незначительную растянутость ( $\lambda\leq 1,2$ ) стеблей в формируемой ленте.

Неоспоримыми преимуществами российских машин перед зарубежными аналогами является возможность

качественной уборки полеглого льна, появление которого не является редким событием для большинства льносеющих регионов нашей страны, а также сравнительно низкая их стоимость. Наряду с этим указанные машины имеют свои преимущества и недостатки, которые следует учитывать при организации уборки льна.

Самоходная теребилка ЛТС-1,65 обладает хорошей маневренностью, имеет увеличенную ширину захвата (1,65 м), что способствует повышению ее производительности. Однако следует отметить, что увеличение ширины захвата в технологическом смысле не выглядит положительным, так как уплотнение ленты приводит к ухудшению условий вылежки в ней стеблей и снижению качества волокна при двухфазной уборке льна. Кроме того, самоходная теребилка ЛТС-1,65 имеет массу 4500 кг, что затрудняет реализацию первой фазы уборки на переувлажненных полях и удорожает амортизацию машины.

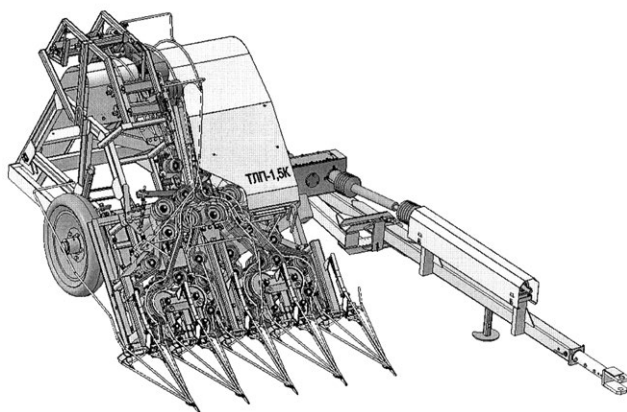
Масса прицепной теребилки ТЛП-1,5К(П) (рис. 3) составляет всего 1350 кг, и поэтому агрегат, составленный из легкой машины и трактора, может более успешно обрабатывать участки полей с переувлажненной почвой, снижая тем самым зависимость начала двухфазной уборки от погодных условий.

Эксплуатация более легкой машины потребует меньшей мощности на привод ее рабочих органов и сократит потребление топлива на единицу продукции. Отмеченные преимущества существенно снизят себестоимость теребления льна [14].

Учитывая сказанное, при организации уборки льна по двухфазной технологии следует отдать предпочтение более легкой и дешевой прицепной теребилке ТЛП-1,5К [13] и оснастить ее аппаратом для плющения стеблей по всей технической длине растений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Техническая часть стебля является наиболее ценной, так как она дает длинное волокно – основной продукт, ради которого возделывают лен-долгунец. Для повышения качества и наиболее полного выделения этого продукта следует активизировать процесс мацерации в тканях стебля путем его плющения.
2. Наибольший эффект от плющения стеблей может быть достигнут при его реализации в фазу ранней желтой спелости льна, когда волокно получается наивысшего качества. Обеспечить выполнение такой операции без ущерба для сбора и качества семян позволит двухфазная технология уборки льна.
3. Обязательный разрыв во времени между воздействиями рабочих органов льноуборочных машин на различные участки стеблей при реализации различных фаз отдельной уборки не обеспечивает получение льнотресты достаточно однородной вылежки по всей технической длине стеблей. Подготовка такого сырья потребует больше времени, а при его



**Рис. 3.** Прицепная теребилка ТЛП-1,5К.  
**Fig. 3.** The TLP-1.5K trailed flax puller.

- переработке невозможно получить максимальный эффект от качества и выхода длинного волокна.
4. С целью сокращения сроков приготовления тресты, повышения качества и увеличения выхода длинного волокна плющение стеблей следует производить сразу по всей их технической длине на самых ранних этапах двухфазной уборки одновременно с терблением льна, не подвергая плющению только ту часть общей длины растений, на которой расположены семенные коробочки. Для этого верхняя кромка плющильных вальцов тербильной машины должна располагаться на уровне верхней границы технической длины растений.
  5. Для обеспечения высокой точности реализации предлагаемого способа следует формировать равномерный по высоте стеблестой с компактной зоной расположения семенных коробочек, уменьшать галопирование тербильной машины путем качественной подготовки поля к посеву и применять такие рабочие органы, которые обеспечивают минимально возможную растянутость стеблей в формируемой ленте.
  6. Анализ существующих средств механизации показал, что для реализации предложенного способа наиболее подходящей является прицепная тербилка льна ТЛП-1,5К, которую следует оснастить двухвальцовым плющильным аппаратом.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** А.Н. Зинцов – научное руководство, подготовка начального текста с последующей доработкой,

## ЛИТЕРАТУРА

1. Труш М.М., Карпунин Ф.М. Справочник льновода. Ленинград: Агропромиздат, 1985.
2. Ростовцев Р.А., Черников В.Г., Ущаповский И.В., Попов Р.А. Основные проблемы научного обеспечения льноводства // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14, № 3. С. 45–52. doi: 10.22314/2073-7599-2020-14-3-45-52
3. Ковалев М.М., Козлов В.П. Плющильные аппараты льноуборочных машин (конструкция, теория, расчет) : монография. Тверь: Тверское областное книжно-журнальное издательство, 2002.
4. Боярченкова М.М., Ковалев М.М., Смирнов В.И., Иванов А.Д. Эффективность плющения стеблей льна в комлевой части при терблении // Льняное дело. 1995. № 4. С. 18–22.
5. Ковалев М.М., Смирнов В.И., Броцман А.И., Иванов А.Д. Что дает применение плющильных аппаратов на льнокомбайнах // Льняное дело. 1992. № 2. С. 32.
6. Колчина Л.М., Ковалев М.М. Опыт освоения прогрессивных технологий и технических средств для уборки и первичной переработки льна-долгунца: науч. аналит. обзор. Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2008.
7. Колчина Л.М., Крюков И.В. Технологии и технические средства для возделывания, уборки и первичной переработки

проведение критического анализа исследований, визуализация, утверждение финальной версии; В.А. Добрецов – подготовка и анализ литературных данных, проведение исследований, анализ результатов, доработка текста; В.Н. Соколов – проведение исследований, участие в разработке конструкции и изготовлении прицепной тербилки льна ТЛП-1,5К. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям *ICMJE* (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи).

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contribution.** A.N. Zintsov – scientific supervision, preparation of the initial text with subsequent revision, critical analysis of studies, visualization, approval of the final version; V.A. Dobretsov – preparation and analysis of literature data, research, analysis of results, revision of the text; V.N. Sokolov – research, participation in design and manufacture of trailed flax-cutting machine PLP-1,5K.

**Competing interests.** The authors declare no any transparent and potential conflict of interests in relation to this article publication.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

льна-долгунца: каталог-справочник. Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2003.

8. Лачуга Ю.Ф., Зинцов А.Н. Экономическая эффективность отдельной уборки льна // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2008. № 12. С. 8–10.

9. Патент РФ на изобретение № 2119279/ 27.09.1998. Бюл. № 27. Смирнов Н.А., Зинцов А.Н., Соколов В.Н. Способ уборки льна-долгунца. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38114843> Дата обращения: 20.08.2022.

10. Патент РФ на изобретение № 2192115/ 10.11.2002. Бюл. № 31. Смирнов Н.А., Зинцов А.Н., Соколов В.Н. Способ уборки льна-долгунца и приготовления тресты. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37895365> Дата обращения: 20.08.2022.

11. Патент РФ на изобретение № 2019950/ 30.09.1994. Бюл. № 18. Смирнов Н.А., Зинцов А.Н., Мартынов П.А. Раздельный способ уборки льна-долгунца. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41066646> Дата обращения: 20.08.2022.

12. Лурье А.Б., Нагорский И.С., Озеров В.Г., и др. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления / под ред. А.Б. Лурье. Ленинград: «Колос», Ленингр. отделение, 1979.

13. Зинцов А.Н., Соколов В.Н., Добрецов В.А. Инновационная тербилка-плющилка льна ТЛП-1,5К(П) //

Аграрный вестник Нечерноземья. 2021. № 3. С. 24–31.  
doi: 10.52025/2712-8679\_2021\_03\_24

14. Смирнов Н.А., Смирнов С.В. Анализ работы теребилных машин при реализации раздельной уборки льна-долгунца //

Сборник статей 67-й международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе»; Январь 21–22, 2016; Караваево. Костромская ГСХА, 2016.

## REFERENCES

1. Trush MM, Karpunin FM. *Spravochnik l'novoda*. Leningrad: Agropromizdat; 1985. (In Russ).
2. Rostovtsev RA, Chernikov VG, Ushchapovsky IV, Popov RA. The Main Problems of Scientific Support of Flax Growing. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2020;14(3):45–52. (In Russ). doi: 10.22314/2073-7599-2020-14-3-45-52
3. Kovalev MM, Kozlov VP. *Plyushchil'nye apparaty l'noborochnykh mashin (konstruktsiya, teoriya, raschet) : Monografiya*. Tver: Tverskoe oblastnoe knizhno-zhurnal'noe izdatel'stvo; 2002. (In Russ).
4. Boyarchenkova MM, Kovalev MM, Smirnov VI, Ivanov AD. Effektivnost' plyushcheniya steblei l'na v komplevoi chasti pri tereblenii. *L'nyanoe delo*. 1995;(4):18–22. (In Russ).
5. Kovalev MM, Smirnov VI, Brotsman AI, Ivanov AD. Chto daet primeneniye plyushchil'nykh apparatov na l'nokombainakh. *L'nyanoe delo*. 1992;(2):32. (In Russ).
6. Kolchina LM, Kovalev MM. *Opyt osvoeniya progressivnykh tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv dlya uborki i pervichnoi pererabotki l'na-dolguntsa : Nauch. analit. obzor*. Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh»; 2008. (In Russ).
7. Kolchina LM, Kryukov IV. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya vozdeystviya, uborki i pervichnoi pererabotki l'na-dolguntsa: Katalog-spravochnik*. Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh»; 2003. (In Russ).
8. Lachuga YF, Zintsov AN. Ekonomicheskaya effektivnost' razdel'noi uborki l'na. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaistva*. 2008;(12):8–10. (In Russ).

9. Patent RUS №2119279/ 27.09.1998. Byul. №27. Smirnov NA, Zintsov AN, Sokolov VN. *Fiber flax harvesting method*. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38114843> (In Russ).
10. Patent RUS №2192115/ 10.11.2002. Byul. №31. Smirnov NA, Zintsov AN, Sokolov VN. *Method of harvesting fiber flax and preparing flax fibers*. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37895365> (In Russ).
11. Patent RUS №2019950/ 30.09.1994. Byul. № 18. Smirnov NA, Zintsov AN, Martynov PA. *Method for two-phase harvesting of fiber-flax*. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41066646> (In Russ).
12. Lur'e AB, Nagorskii IS, Ozerov VG, et al. *Modelirovaniye sel'skokhozyaistvennykh agregatov i ikh sistem upravleniya*. Lur'e AB, editor. Leningrad: «Kolos», Leningr. otdelenie; 1979. (In Russ).
13. Zintsov AN, Sokolov VN, Dobretsov VA. Innovative machine for pulling and breaking flax stems TLP-1.5K (P). *Agrarian Bulletin of the Non-Chernozem Area*. 2021(3):24–31. (In Russ). doi: 10.52025/2712-8679\_2021\_03\_24
14. Smirnov NA, Smirnov SV. Analiz raboty terebil'nykh mashin pri realizatsii razdel'noi uborki l'na-dolguntsa. Proceedings of the 67th International science conference «Aktual'nye problemy nauki v agropromyshlennom komplekse»; 2016 Jan 21–22; Karavaevo. Kostromskaya GSKhA; 2016. (In Russ).

## ОБ АВТОРАХ

### \*Зинцов Александр Николаевич,

доцент, д.т.н.,  
профессор кафедры «Тракторы и автомобили»;  
адрес: Россия, 156530, Костромская обл., п. Караваево,  
ул. Учебный городок, д. 34;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3443-2015>;  
eLibrary SPIN: 2073-8846;  
e-mail: zintsov\_a@mail.ru

### Добрецов Вячеслав Александрович,

студент 2 курса магистратуры;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6255-4824>;  
eLibrary SPIN: 6307-1680;  
e-mail: Dobrvsoligrad@mail.ru

### Соколов Валерий Николаевич,

техник научно-исследовательской лаборатории льна;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3090-1171>;  
eLibrary SPIN: 1433-7182;  
e-mail: sokol-v-a-l@yandex.ru

\*Автор для переписки

## AUTHORS' INFO

### \*Alexander N. Zintsov,

Associate Professor, Dr. Sci. (Engin.),  
Professor of the Tractors and Automobiles Department;  
address: 34 st. Educational campus, Karavaevo, Kostroma region,  
156530, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3443-2015>;  
eLibrary SPIN: 2073-8846;  
e-mail: zintsov\_a@mail.ru

### Vyacheslav A. Dobretsov,

2nd year MA student;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6255-4824>;  
eLibrary SPIN: 6307-1680;  
e-mail: Dobrvsoligrad@mail.ru

### Valery N. Sokolov,

Technician at the Flax Research Laboratory;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3090-1171>;  
eLibrary SPIN: 1433-7182;  
e-mail: sokol-v-a-l@yandex.ru

\*Corresponding author