

Ю.В. БерезовськийХерсонський національний технічний університет,
Бериславське шосе, 24, Херсон-8, 73008, Україна, тел. +380 552 326 981

ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕРОБКИ ЛЛЯНОЇ СИРОВИНИ



Охарактеризовано теорію та практику технічного переобладнання підприємств з переробки лляної сировини, модернізацію виробництва, використання сучасних технологій і устаткування. У статті проаналізовано результати моделювання процесу очищення лляних волокон від неволокнистих домішок, які виконували для різних параметрів та конфігурацій обладнання. Доведено можливість і доцільність застосування нововведень для підвищення фізико-механічних показників якості лляної сировини. Вказано підстави розвитку переробної промисловості України та отримання позитивних результатів з обробки стеблового матеріалу льону через використання інноваційних технологій переробки, прогресивних технічних рішень та оригінальних прийомів обробки новими пристроями.

Ключові слова: волокно, льон, сировина, якість, очищення, переробка, обладнання, виробництво.

Льон є найпоширенішою технічною культурою світу, яка дає продукцію трьох видів: насіння, волокно і кострицю, що є натуральною переробною сировиною для багатьох галузей промисловості. В Україні льон вирощують в різних регіонах, переважно в Північно-Західному. Отримані з льону-довгунцю, льону-кудряшу та інших його сортів лляні волокна використовують в текстильному виробництві для виготовлення інтер'єрних, одягових, взуттєвих і технічних текстильних матеріалів і виробів, лляного котоніну, паперу та картону, шнурів і канатів, а також композитних матеріалів різного цільового призначення. Так, отриману під час переробки льону кострицю використовують як термоізоляційний будівельний матеріал, із непрядивних відходів лляного виробництва — виготовляють тепло- та звукоізоляційні матеріали для будівництва, обтиральні та інші технічні матеріали. Олія, отримана з насіння льону, багата на омега-3-ліноленову кислоту, яка широко використовується як цінна добавка.

Незважаючи на достатню рентабельність лубоволокнистих рослин в Україні, обсяги їх культивування з кожним роком скорочуються. Відповідно, виробництво волокна також зменшується, але при цьому розміри сировинних ресурсів, що відправляються за кордон, лише збільшуються.

Через постійний тиск на вітчизняний ринок сировини лляний та конопляний бізнес в країні занепадає, що призводить до напруженої ситуації навколо виготовлення виробів з луб'яної сировини. Показники початку XXI ст. свідчать про зменшення виробництва волокна в 4 рази, виготовлення лляних тканин — в 6 разів, що зумовлено зменшенням посівних площ, зниженням якості сировини, значним збільшенням обсягів використання штучних та синтетичних матеріалів, кризовими явищами та зниженням доходів населення [1]. Крім цього, на виробничий процес суттєво впливає і старіння техніко-технологічного обладнання, значний амортизаційний знос існуючого устаткування, використання застарілих технологій, відсутність дієвих схем переобладнання

виробництва для збільшення якості та асортиментного складу продукції.

Хоча кризові явища є достатньо суттєвими, їх можна подолати шляхом стимулювання попиту споживачів на екологічно чисту продукцію, що базується на застосуванні луб'яної сировини, адже вона використовується майже в усіх галузях народного господарства та побуті. Для надання якості товарам з рослинної сировини необхідно використовувати сучасні передові технології, складні технічні та технологічні розробки.

Зростання конкурентного середовища на вітчизняному ринку товарів вказує на необхідність розв'язання питань, що пов'язані із застосуванням неефективних застарілих технологій переробки стеблових матеріалів, технічно застарілого обладнання, дбайливим цілеспрямованим використанням природних ресурсів для розширення можливих переваг рослинного поновлювального ресурсу на основі льону та конопель. Тому нинішній стан виробництва продукції в Україні вимагає пошуку і розробки інноваційно-привабливих техніко-технологічних розробок, що сприятимуть покращенню якості товарів, їх екологічної безпечності, економічній незалежності країни від стороннього постачання цієї сировини та розширенню асортиментного складу продукції.

Теорія та практика технічного переобладнання підприємств, модернізація їх виробництва, використання передових технологій та устаткування з переробки лляної сировини, що охарактеризовані в наукових джерелах [2–9], дають підставу стверджувати, що на нинішньому етапі розвитку промисловості України досягнення суттєвих результатів з обробки стеблових матеріалів льону, насамперед тих, що є мало використовуваними, можливе через використання на виробництві інноваційних технологій переробки з врахуванням фізико-механічних і анатомічних особливостей стебел рослин, сучасних тенденцій споживчого ринку, прогресивних технічних рішень та оригінальних прийомів обробки новими засобами.

Проведені дослідження показали недоцільність застосування звичайної технології обробки льону з розділенням на довге і коротке волокно для переробки лляних стебел, а також невисоку ефективність використання наявного технологічного обладнання. Оцінка технологічних можливостей, охарактеризованих в джерелах [7, 8], вказує на те, що для одержання однотипної волокнистої маси, в основному, зі сланцевої трости, необхідним є використання різного, достатньо габаритного устаткування.

В Україні над вирішенням питань ефективності первинної переробки луб'яних культур плідно працює Інститут луб'яних культур НААН України. У межах цільової комплексної програми УААН «Луб'яні культури» за 2006–2010 роки розроблено інноваційну технологію отримання довгого волокна льону на основі використання глибодиференційованих механічних дій на стебла, що дозволяє збільшити питому вагу довгого волокна, а також запропоновано технології одержання однотипного волокна льону та лубу конопель із заданими якісними характеристиками. У проведеної роботі основну увагу приділяли рішенням питань ефективності тіпальної частини комплексу машин з переробки луб'яної сировини, при цьому не достатньо звернувши увагу на процеси м'яття, де також закладено значний потенціал підвищення ефективності обладнання.

Нині формуються наукові основи зі створення нових технологій переробки та обробки стеблових лляного матеріалу, проектування прогресивного сучасного устаткування або його вузлових складових, які внаслідок їх впровадження можуть суттєво покращити якісні та кількісні показники кінцевої продукції. Проте, сьогодні недостатньо вирішено ці проблеми з позицій розробки та застосування вузлових з'єднань м'яльної та тіпальної машин, які можуть поліпшити процес очищення лляної сировини за рахунок ряду техніко-технологічних рішень.

Останнім часом у світі помітною є тенденція розвитку та широкого застосування в суспільному житті екологізаційних процесів, тому досить актуальними стали процеси формування методичних основ з пошуку напрямків екологізації суспільства шляхом виробництва напівфабрикатів, готової продукції, що містять в собі низький відсоток штучних та синтетичних матеріалів, вирізняються якістю та безпечністю для навколишнього середовища, здоров'я та майна споживачів.

На жаль, дотепер недостатнім є вирішення питання застосування продуктів переробки лубоволокнистих культур, не досягнуто універсальних способів отримання волокнистого матеріалу, а устаткування, що застосовується на виробництві, має значну кількість складових, що впливає на метало- і енергоємність пристроїв, знижуючи продуктивність машин та їх економічну ефективність.

Метою роботи було вирішення питання пошуку та створення конструктивних перетворень устаткування з переробки лляної сировини, які, за рахунок нестандартних рішень, є перспективними для покращення кількісних і якісних показників оброблювального стеблового лляного матеріалу. У статті запропоновано нові напрямки розвитку легкої промисловості, особливості технологічного процесу переробки луб'яної сировини, а також шляхи підвищення технічного рівня технологічного устаткування.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Волокно лубоволокнистих культур часто використовують для виготовлення виробів технічного спрямування, що є незамінними для харчової, оборонної, автомобільної та ряду інших галузей промисловості. Різноманітний асортимент не тільки кручених виробів з льону та конопель (пряжа, канати, шпагати), але й інших волокнистих нетканих матеріалів, серед яких медична вата й перев'язні матеріали, які не поступаються за своїми характеристиками таким самим виробам з бавовни. Льоноволок-

но використовується для виготовлення найтонших хірургічних ниток, що відрізняються підвищеною сумісністю із живими тканинами організму людини.

Кліматичні умови України є несприятливими для культивування бавовнику, тому для забезпечення економічної самостійності країни важливо мати власну вітчизняну целюлозно-волокнисту сировину, щоб виробляти сукно для армії, неткані матеріали, порох, вату, нитки для медицини і вибухову речовину із лляної нітроцелюлози.

Попит на волокнисту лляну продукцію є достатньо суттєвим, хоча при цьому спостерігається зменшення посівних площ рослин. Деяку іншу статистику має насіннева частина луб'яних рослин. Так, за повідомленнями «УкрАгроКонсалт», у вересні 2016 року Україна експортувала 4,3 тис. тонн насіння льону-кудряшу порівняно з 2,5 тис. тонн у серпні 2016 року і 4,6 тис. тонн у вересні 2015 року [10].

Тенденція до скорочення експортних показників є помітною вже третій сезон поспіль відносно першого місяця року, при цьому в кінці сезону, навпаки, спостерігається тенденція росту експорту, навіть до рекордних показників. Загалом, за сезон 2015–16 рр. на зовнішні ринки було відправлено близько 40 тис. тонн насіння льону олійного.

Впродовж першого півріччя 2015–16 маркетингового року Україна експортувала 25,13 тис. тонн насіння льону, що на 52 % (8,6 тис. тонн) перевищує показник аналогічного періоду минулого року [11]. У вересні 2016 року льон-кудряш було продано до 27 країн, серед яких перші позиції займають країни Європейського Союзу (53 % всього експорту), потіснивши лідера сезону 2015–16 рр. В'єтнам (33 %). Саме такі обсяги експорту українського льону демонструють позитивну динаміку останніх років (рис. 1) [10].

Значно зросли поставки української продукції до Туреччини — за 6 місяців 2016 року експорт досяг \$ 932,4 тис. (2,8 тис. тонн), що в 9,7 разів більше, ніж за аналогічний період

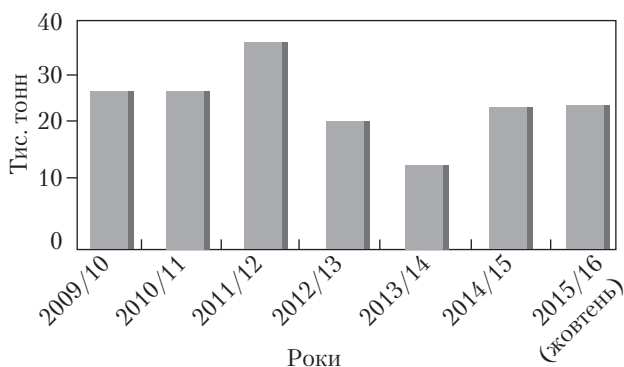


Рис. 1. Динаміка експорту насіння льону за період 2009/10–2015/16 рр. (тис. тонн)

минулого року. При цьому також зростають обсяги імпорту льону в Україну. Основними країнами-постачальниками продукції в Україну залишаються країни Євросоюзу, зокрема Франція, Німеччина і Бельгія, а також Російська Федерація [12].

На думку спеціалістів «УкрАгроКонсалту», це пояснюється підвищеною за останні роки зацікавленістю аграріїв до відповідної луб'яної олійної культури, що, відповідно, відображується на зростанні експортного потенціалу України у цьому сегменті ринку.

Світове виробництво льону 2015/16 польового сезону продовжує розвиватися в підвищувальному тренді і може досягти найвищого рівня за останні 10 років – 2,65 млн. тонн. Зростанню світового валового збору льону сприяє розширення посівних площ під льон олійний в ряді ключових країн-виробників. В Україні посівні площі льону в поточному сезоні також досягли абсолютного рекорду – 62 тис. га.

Проте, зі зростанням експортних перспектив реалізації насіння льону олійного, виникає питання переробки значних обсягів стеблового матеріалу цієї культури. Разом з цим необхідно переробляти коноплі, що також дають відповідні затребувані об'єми олії. Для переробки такої значної кількості матеріалу елементарно не вистачає вітчизняних потужностей через вкрай занедбаний стан обробного устаткування. Лише незначна кількість виробників використовують придатне обладнання.

Питання використання належного рівня обладнання продиктовано не тільки значним зносом, а і відсутністю його виробництва в Україні, відсутності допомоги держави, певними фізико-механічними і анатомічними властивостями стебел, особливостями переробки такого стеблового матеріалу.

Донедавна промислові потужності вітчизняних підприємств, в основному, були зорієнтовані на переробку трести льону-довгунця, з метою одержання значного відсотку довгого волокна. На сьогодні пріоритети змінилися в бік переробки однотипного лляного стеблового матеріалу з метою виходу волокна, яке можна було б використовувати для отримання змішаних сумішей, застосовуючи при цьому процес котонізації.

Ляна сировина, що поступає для переробки на м'яльну машину, неоднорідна за своїми фізичними властивостями. Вітчизняні луб'яні культури суттєво різняться між собою за товщиною і довжиною стебла, за вмістом волокна, розміщенням і довжиною елементарних волокон. Луб'яні пучки у льону-довгунця складаються з довших клітин, ніж у льону олійного. Це обумовлює їх високу питому міцність.

Ознаки якісного волокна безпосередньо залежать від анатомічної будови і зовнішніх особливостей стебла. Тонина волокна, наприклад, пов'язана з діаметром елементарних волокон. Довші елементарні волокна з меншим діаметром зумовлюють отримання більш тонкого, а отже, і більш цінного волокна. Чим довшими є елементарні волокна, чим меншою є порожнина в них, чим більш вони багатогранні в поперечному перерізі, а також чим більше їх міститься в пучку, тим кращим, міцнішим і вищим за якістю буде технічне волокно.

У стеблі льону-довгунця волокна зібрані в широкі цілісні пучки правильної форми. Поперечний зріз окремих волокон має форму багатогранників, клітини щільно прилягають одна до одної. У стеблах сортів льону олійного пучки волокон нещільні, з неправильними зубчастими краями на поперечному перерізі,

волоконця менш тісно прилягають одне до одного. Середня площа луб'яної клітини льону-довгунця дещо менша середньої площини луб'яної клітини льону олійного.

Для первинної обробки матеріалу важливе значення має анатомічна будова волокнистих пучків та кількісне співвідношення різних тканин у стеблі. При цьому слід зазначити, що за анатомічною будовою стебла рослин льону олійного та льону-довгунця суттєво різняться між собою. У рослин льону-довгунця кутикула тонка й ніжна, а паренхіма вузька, а у рослин групи льону олійного кутикула грубіша, а паренхіма ширша й товстіша. Вміст епідермісу в стеблі льону олійного більший, ніж у стеблі льону-довгунця. Така особливість найбільше спостерігається у середній і верхівковій частині стебла.

Елементарні волокна сортів льону олійного коротші порівняно з волокнами льону-довгунця через особливості морфологічної будови цієї групи льону, тому міцність технічного волокна з льону олійного є дещо нижчою. Елементарні волокна льону олійного розпушені, мають бобоподібну форму, у середній частині стебла знаходиться найбільша кількість луб'яних волокон. У стеблі міститься максимальна кількість волокон, яка більш, ніж у 4 рази перевищує кількість волокон у прикореневій частині [13].

В умовах відсутності високоефективного переробного вітчизняного устаткування і простих технологій, доступних для сільськогосподарських виробників і малого бізнесу, необхідності обробки значних об'ємів стеблового матеріалу льону олійного, різниці в анатомічних і фізико-механічних властивостях луб'яних культур та збільшення вимог сучасності, необхідно проектувати вузлові елементи та обладнання з переробки лляного матеріалу, які мають більш універсальні функціональні можливості з переробки сировини, зокрема, здатні проводити обробку стеблового матеріалу, що має широкий діапазон характеристик.

Процеси м'яття і тіпання вважають основними у технологічній переробці луб'яних ку-

льтур, оскільки саме такі процеси, у першу чергу, впливають на показники якості отриманого волокна. Однак, при цьому не слід нехтувати іншими супутніми процесами переробки, оскільки підготовчі процеси — формування шару стебел, прочісування, вирівнювання та паралелізація стебел в шарі, структурування й потоншення шару трести — також мають вагомe значення у підсумковому результаті обробки.

Волокно є головним кінцевим продуктом виконання технологічних операцій первинної обробки стеблової луб'яної сировини, що обов'язково вимагає використання особливих машин. Це, в першу чергу, пов'язано зі специфікою механічної обробки сировини рослинного походження — трести, що має певні особливості будови стебел. Завдання механічної обробки стеблового лляного матеріалу полягає у руйнуванні конструкції стебла, при якому виникає можливість виділити із стебла максимальну кількість неущкодженого довгого волокна.

Вплив механічних сил при торцевому стисненні стебел льону може бути неоднаковим по периметру його перерізу. Передусім, при дії робочих органів м'яльної машини виникає силовий вплив як на одиничне стебло, так і на групу стебел шару трести за відсутності обмежень з боків і за присутності подібних обмежень при дії стискаючих сил у взаємоперпендикулярних та інших напрямках [14, 15].

На сьогодні для переробки лляної сировини в процесі м'яття достатньо широко застосовують торцеве стиснення стебел валками в одній площині взаємно направлених сил їх дії. У такій системі дій відбувається силовий вплив на стебловий матеріал валками циліндричної форми. Торцеве стиснення стебел легко може бути здійснено в технологічних процесах плющення та м'яття. При стисненні стебел між валками спостерігається порушення зв'язку деревини зі стеблом з обох контактуючих сторін.

Виявлено, що у всіх випадках поперечного стиснення стебел порушення зв'язку тим більше, чим більший тиск на стебло і менший радіус кривизни, що контактує з поверхнею стебла.

У практиці механічної обробки луб'яних культур поперечне стиснення застосовується при пропусканні стебел крізь гладкі вальці і при обтисканні стебел у вузлах м'яття.

При торцевому стисненні стебло розколюється на окремі сегменти. При невеликих навантаженнях і малих діаметрах спостерігається розколювання стебла на чотири сегменти. Зі збільшенням діаметру, розмірів внутрішньої порожнини і навантаження кількість секторів збільшується. Руйнування стебла при торцевому стисненні має декілька стадій.

Спочатку відбувається пружне стиснення цілого стебла, при цьому поперечний переріз стебла дещо деформується і набуває форми еліпса. Далі проходить розколювання стебла на окремі сегменти, як правило, стебла спочатку розколюються на чотири сегменти. У тонкостінних стеблах при подальшому стисненні кожен сегмент може додатково розколюватися ще на два, а у товстостінних стеблах і малою внутрішньою порожниною цього не спостерігається. В кінці процесу відбувається стиснення самого матеріалу стебла. При торцевому стисненні опір стебла при повздовжньому розколюванні на початку та в середині процесу є незначним порівняно з безпосереднім стисненням матеріалу стебла в кінці процесу [16–18].

Для покращення процесу виділення волокна зі стебла необхідно якнайкраще провести початкову стадію обробки сировини – плющення, м'яття, щоб надати ефективного поштовху наступним стадіям обробки стеблових матеріалів. Для цього необхідно створити можливість виникнення максимальної кількості осередків руйнування деревини за рахунок об'ємного навантаження у замкненому просторі.

За результатами аналізу інформаційного матеріалу, експериментальних і теоретичних досліджень на базі Херсонського національного технічного університету було спроектовано два види вузла очищення сирцю з лляної трести м'яльно-тіпального агрегату [19–20]. Вузол призначений для промину стебел лляної трести з метою підготовки до тіпання. Вузол м'яльної

машини є складовою частиною м'яльно-тіпального агрегату, що містить 13 пар рифлених м'яльних валків – гладких, планчастих, гострограних, круторифлених прямолінійного та гвинтового профілів, одні з яких мають малий радіус контуру профілю і відносно малу висоту рифлів порівняно з їх кроком, а інші мають малий радіус закруглення кромки рифлів і відносно велику висоту рифлів порівняно з їх кроком, знаходяться попарно в зачепленні і виконують функцію плющення і руйнування деревини стебел льону.

В основу створення пристроїв було покладено завдання покращення стадії очищення сирцю з лляної трести, в якому за рахунок конструктивних особливостей можливо було б забезпечити ефективні умови порушення або послаблення зв'язку між волокнистою частиною стебла і деревиною, забезпечити паралелізацію стебел шару лляної трести, підвищити ефективність промину, очищення сировини та, відповідно, роботу всього агрегату.

Означене завдання вирішується тим, що вузол очищення сирцю з лляної трести м'яльно-тіпального агрегату містить м'яльні гладкі, планчасті, гострогранні та круторифлені валки прямолінійного й гвинтового профілів, що змонтовані з можливістю обертання їх на станині м'яльної машини:

- ✦ за першим способом реалізації питання, вузол містить щонайменше пару плющильних валків, що являють собою пустотілий циліндр, вздовж всієї довжини якого по колу з постійним кроком виконані односторонні впадини заданого профілю, бічні сторони якого мають опуклу достатньо круту поверхню із забезпеченням рівномірного мінімально можливого зазору між профілями плющильних валків, які розташовані після пари м'яльних гладких валків перед парою рифлених м'яльних валків;
- ✦ за другим способом реалізації питання, вузол містить щонайменше пару плющильних валків, що являють собою пустотілий циліндр, вздовж всієї довжини якого по колу з

постійним кроком виконані односторонні впадини заданого профілю, бічні сторони якого мають хвилястий опуклий профіль, при чому хвиля однієї бічної сторони знаходиться між хвилями другої бічної сторони, із забезпеченням рівномірного мінімально можливого зазору між профілями плющильних валків, які розташовані після пари м'яльних гладких валків перед парою рифлених м'яльних валків.

Суттєвою відмінністю між ними є те, що введена пара плющильних валків вузла очищення сирцю з лляної трести м'яльно-тіпального агрегату за другим способом реалізації поставленого питання має вздовж всієї довжини валка по колу з постійним кроком односторонні впадини заданого профілю, бічні сторони якого мають хвилястий опуклий вигляд, при цьому хвиля однієї бічної сторони знаходиться між хвилями другої бічної сторони, із забезпеченням рівномірного мінімально можливого зазору між профілями плющильних валків.

За першим способом введення до складу м'яльної машини вузла очищення сирцю пари наведених плющильних валків дозволяє забезпечити підвищення ефективності умов порушення і послаблення зв'язку між волокнистою частиною стебла і деревиною за рахунок проходження процесів поперечного здавлювання деревини стебел тих його частин, що не піддавались дії поперечного здавлювання при проходженні через пару гладких плющильних валків та забезпечення паралелізації стебел лляної трести між собою в середині втягнутого шару за рахунок проходження стебел через досить вузькі односторонні впадини заданого профілю, бічні сторони якого мають опуклу, достатньо круту поверхню, а також подавання необхідного навантаження на матеріал через більшу площу контакту порівняно з гладкими валками. Це створює умови для виникнення великої кількості осередків зусилля здвигу або дотичного напруження, що в цілому надалі підвищує ефективність проминання і очищення на рифлених валках м'яльної машини.

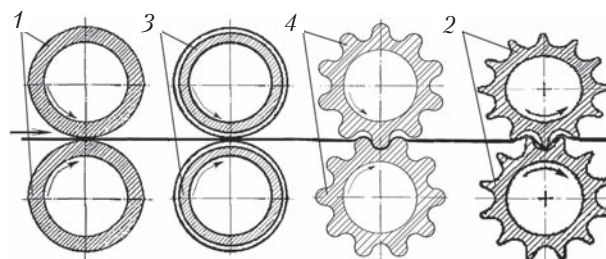


Рис. 2. Вузол очищення сирцю з лляної трести м'яльно-тіпального агрегату

За другим способом введення до складу м'яльної машини вузла очищення сирцю пари наведених плющильних валків дозволяє забезпечити підвищення ефективності умов порушення і послаблення зв'язку між волокнистою частиною стебла і деревиною за рахунок проходження процесів поперечного здавлювання деревини стебел у тих його частинах, що не піддавались дії поперечного здавлювання при проходженні через пару гладких плющильних валків, згину-зламу та значному напруженню у волокні, що виникає при затисненні шару оброблюваного матеріалу у впадинах між виступами хвиль, забезпечення паралелізації стебел лляної трести між собою, які знаходяться всередині шару, що втягується, за рахунок проходження стебел через досить вузькі односторонні впадини заданого профілю, бічні сторони якого мають хвилястий опуклий вигляд, а також передавання необхідного навантаження на матеріал через більшу площу контакту порівняно з гладкими валками, що створює умови для виникнення великої кількості осередків зусиль зсуву, нормального та дотичного напруження, що в подальшому підвищує ефективність промину і очищення на рифлених валках м'яльної машини.

На рис. 2 схематично зображено вузол очищення сирцю з лляної трести м'яльно-тіпального агрегату, а на рис. 3 схематично показано плющильний валок вузла очищення сирцю з лляної трести м'яльно-тіпального агрегату.

Вузол очищення сирцю з лляної трести м'яльно-тіпального агрегату складається з двох м'яльних гладких валків (1), пари рифлених

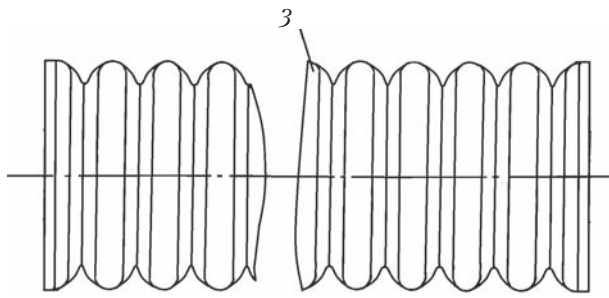


Рис. 3. Плющильний валок

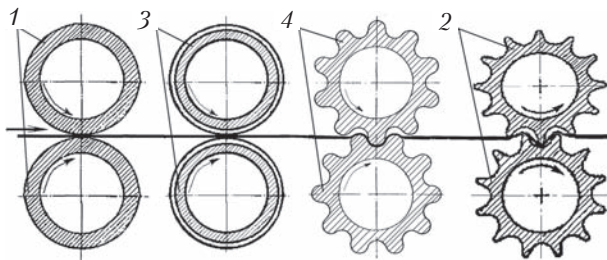


Рис. 4. Вузол очищення сирцю з лляної трести м'яльно-тіпального агрегату

м'яльних валків крутого рифлення (2), які мають малий радіус закруглення кромки рифлів і відносно велику висоту рифлів порівняно з їх кроком, та розміщених між ними двох плющильних валків (3), що являють собою пустотілий циліндр, вздовж всієї довжини якого по колу з постійним кроком розташовані односторонні впадини заданого профілю, бічні сторони якого мають опуклу, достатньо круту поверхню із забезпеченням рівномірного мінімально можливого проміжку між плющильними валками. Далі розташовані — два рифлених м'яльних валки пологого рифлення (4) з більшим радіусом заокруглення кромки рифлів відносно радіуса заокруглення кромки рифлів рифлених м'яльних валків крутого рифлення (2) із забезпеченням рівномірного проміжку між профілями кромки рифлів та впадин двох рифлених м'яльних валків пологого рифлення (4).

Пристрій працює наступним чином. Шар стебел лляної трести, підготовлений у шароформуєчій машині, подають у м'яльну частину м'яльно-тіпального агрегату, де його піддають плющенню у парі м'яльних гладких валках (1)

і подають у пару плющильних валків (3). Продавлені стебла лляної трести після проходження 1 заходять в односторонні впадини ділянки 3, які мають кругове розташування з постійним кроком вздовж всієї їх довжини. Профіль впадин є заданим, бічні сторони його мають опуклу, достатньо круту поверхню, за рахунок чого відбувається поперечне здавлювання деревини стебел в тих його частинах, що не піддавались дії поперечного здавлювання при проходженні через ділянку 1. При цьому забезпечується об'ємне навантаження у замкненому просторі, відбувається паралелізація стебел лляної трести між собою в середині втягнутого шару за рахунок проходження стебел через досить вузькі односторонні впадини ділянки 3, валки якої виконані по колу з постійним кроком вздовж всієї їх довжини, мають заданий профіль, бічні сторони якого аналогічні до попередньої ділянки. Також відбувається передача необхідного навантаження на матеріал через збільшення площі контакту порівняно з парою м'яльних гладких валків (1). Після проходження пари плющильних валків (3) шар стебел лляної трести з постійною швидкістю подається у пару рифлених м'яльних валків пологого рифлення (4).

Рифлі верхнього рифленого м'яльного валка пологого рифлення (4) вдавлюють стебла лляної трести між рифлями нижнього рифленого м'яльного валка пологого рифлення (4), створюючи об'ємне навантаження у замкненому просторі. При цьому луб'яні волокна завдяки своїй природній гнучкості легко огинають контури рифлів рифлених м'яльних валків пологого рифлення (4) і залишаються цілісними на всій довжині стебел. Деревна частина стебел є жорсткою і крихкою, що зумовлює виникнення великої кількості осередків руйнування деревної частини стебел та полегшує процеси згинання-зламування та відокремлення волокна від деревини за рахунок виникнення зламу на довжині менше критичної у наступних парах рифлених м'яльних валків крутого рифлення заданого профілю (2).

Глибина заходження рифлів рифлених м'яльних валків пологого рифлення (4) регулюється так, щоб створювалося необхідне навантаження на сирець, без зміни швидкості його просування. Після рифлених м'яльних валків пологого рифлення (4) шар сирцю просувається з постійною швидкістю — вперед до наступної пари рифлених м'яльних валків крутого рифлення (2).

Форма рифлів пари рифлених м'яльних валків крутого рифлення (2) характеризується малим радіусом заокруглення кромки рифлів і відносно великою висотою рифлів порівняно з їх кроком. Ця ділянка (2) виконує технологічні операції згинання-зламування, ковзного згину та відокремлення волокна від деревини, при цьому обробці піддається вже пром'ятий сирець з послабленим зв'язком костри і волокна.

Представлений вузол очищення сирцю з лляної трести м'яльно-тіпального агрегату забезпечує паралелізацію стебел шару лляної трести, сприяє підвищенню ефективності промину, очищення сирцю та відокремлення волокна від деревини, що обумовлює можливість його подальшого промислового використання.

На рис. 4 схематично представлено вузол очищення сирцю з лляної трести м'яльно-ті-

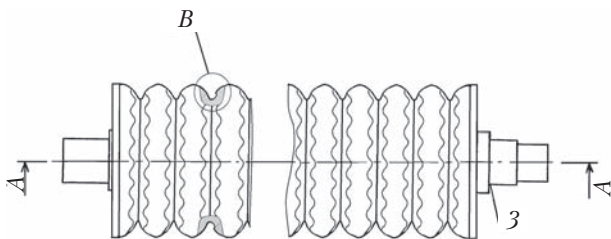


Рис. 5. Плющильний валок

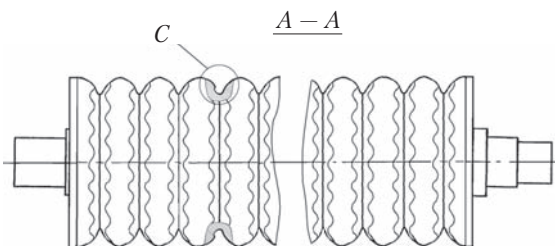


Рис. 6. Плющильний валок у вигляді А—А



Рис. 7. Впадини плющильного валка з хвилястим опуклим профілем бічної правого виконання



Рис. 8. Впадини плющильного валка з хвилястим опуклим профілем бічної лівого виконання

пального агрегату. На рис. 5 схематично показано плющильний валок вузла очищення сирцю з лляної трести м'яльно-тіпального агрегату. На рис. 6 зображено плющильний валок вузла очищення сирцю з лляної трести м'яльно-тіпального агрегату у вигляді А—А.

На рис. 7 у збільшеній проекції представлено конструктивне виконання односторонніх впадин плющильного валка, бічні сторони яких мають хвилястий опуклий профіль правого виконання, а на рис. 8 — конструктивне виконання односторонніх впадин плющильного валка, бічні сторони яких мають хвилястий опуклий профіль лівого виконання.

Вузол очищення сирцю з лляної трести м'яльно-тіпального агрегату другого виконання (рис. 4) має подібну будову до вузла першого виконання (рис. 2), з тією лише різницею, що пустотілий циліндр вздовж всієї довжини по колу має односторонні впадини, профілем яких є бічні, що мають хвилястий опуклий вигляд, при чому хвиля однієї бічної сторони знаходиться між хвилями другої бічної сторони.

Бічні хвилястого опуклого профілю зумовлюють проходження значних процесів поперечного здавлювання деревини стебел у тих його частинах, що не піддавались дії поперечного здавлювання при проходженні через пару

м'яльних гладких валків. Більш інтенсивні процеси зтиснення забезпечують хвилястий профіль та об'ємне навантаження на лубоволокнистий матеріал у замкненому просторі. При цьому відбувається паралелізація стебел лляної трести між собою всередині шару, що втягується, за рахунок проходження стебел через досить вузькі односторонні впадини хвилястого опуклого профілю.

Хвилясті бічні сторони з розміщенням хвиль однієї сторони між хвилями другої бічної сторони зумовлюють виникнення процесів згинувламу, ковзного згину та зсуву костри відносно волокна, а також передачу необхідного навантаження на матеріал через більшу площу контакту. Це створює умови для одночасного поперечного здавлювання, згинання-зламування деревини стебел, виникнення додаткової великої кількості осередків зусилля зсуву, нормального та дотичного напруження, підвищення ефективності умов порушення і послаблення зв'язку між волокнистою частиною стебла і деревиною, що загалом сприяє підвищенню ефективності промину, очищення сирцю та відокремлення волокна від деревної частини в м'яльній частині агрегату з переробки лубоволокнистої сировини.

Залежно від типу і фізико-механічних показників якості лляної сировини у складі м'яльно-тіпального агрегату може бути встановлено одну або декілька пар наведених валків для ефективного проминання і очищення сирцю з лляної трести.

Зазначені вузлові елементи можуть легко ввійти в комплекс машин первинної обробки луб'яних культур, які розроблені Інститутом луб'яних культур НААН України за цільовою комплексною програмою УААН «Луб'яні культури». Вдале поєднання і впровадження високоефективних технологій первинної обробки луб'яних культур може вирішити важливу народногосподарську проблему — відновлення ритмічної роботи льоно- і коноплезаводів та організацію вторинної й поглибленої переробки продукції, одержаної з цих технічних культур.

У кожній із запропонованих моделей поставлені завдання вирішували за допомогою виконання відповідних конструктивних змін, що сприяли покращенню впливу механічної дії ділянок оброблювальних машин на сировинний луб'яний матеріал. Наведені технічні рішення дозволяють під час подальшої механічної обробки покращити ефективність віддалення костриці та неволокнистих домішок.

Висновки ґрунтуються на результатах дослідження на Старосамбірському льонокомбінаті, які показали, що чим ефективнішою є обробка стебелового матеріалу лляної трести на стадії м'яття, тим вищою є ефективність очищення волокна від деревини та інших неволокнистих домішок в подальших операціях механічної обробки. Кінцевим результатом такої обробки є більша кількість волокна вищої якості.

Таким чином, удосконалення конструктивних особливостей елементів обробних машин забезпечує розширення перспектив переробки всіх видів вітчизняної луб'яної сировини, підвищує універсальність і ефективність її переробки в цілому. Наведені конструкційні зміни сприяють поліпшенню якості і кількості отриманого волокна, дозволяють розширити асортимент виробів на його основі та, відповідно, використання його в різних галузях промисловості.

«Зелена» індустрія та збільшення попиту населення на «біологічну» продукцію вимагає більш широкого використання природного лляного волокна, збільшення кількості і якості якого потребує використання сучасної техніки, нових підходів в обробці луб'яної сировини. Впровадження запропонованих проектних рішень на вітчизняних підприємствах легкої промисловості дозволяє розвивати відповідні напрямки інноваційної продукції. Отримане льоноволокно можна використовувати при проектуванні нового асортименту виробів на основі льонмістких матеріалів, що дає можливість зростання обсягів виробництва та реалізації «біологічної» продукції. Проте, ще існує необхідність оцінювання можливих на-

прямків подальшої оптимізації технології застосування і використання на її засадах продукції різного призначення, де, передусім, важливою є висока якість товарів на основі матеріалів із сучасними властивостями і затребуваної комплекції виробів, впровадження яких базується на прогресивних технічних рішеннях. Отже, нині це є найбільш перспективним напрямом розвитку промислового виробництва. Нові матеріали і конструкції на основі льону дозволяють розробити прогресивні технології, які забезпечать зростання ефективності виробництва і достатньо високу якість «біологічної» продукції.

Поєднання екологічно чистих властивостей льону з властивостями інших складових матеріалів у проєктованих видах продукції сприяє безпеці їх споживання, а також знижує рівень потенційного забруднення навколишнього середовища внаслідок утилізації виробів, що є стимулом для виробництва при проєктуванні нового можливого асортиментного складу сучасних видів продукції.

Запропоновані конструкційні рішення механічної обробки стеблових матеріалів луб'яних культур допомагають впроваджувати поглиблену переробку льону, що забезпечує легку промисловість постійно поновлювальною натуральною сировиною. З іншого боку, розширення сфери застосування виробів з природної сировини є передумовою створення економічно вигідних умов у сільському господарстві для вирощування льону та його первинної переробки, дозволяє домогтися збереження та розширеного відтворення льону як провідної технічної культури, гарантованої зайнятості висококваліфікованих працівників на селі, зменшення залежності від закордонних поставок бавовни та шерсті, навіть і за наявності валютних асигнувань на такі статті витрат.

В умовах постійного зростання цін на вуглеводні та ускладнення екологічного стану в Україні, державі бажано розвивати напрямок розроблення інноваційної льонмісткої продукції екологічно безпечних груп текстильних ма-

теріалів і виробів різних способів виробництва та цільового призначення, закласти основи і забезпечити функціонування вітчизняного екологічного ринку з спрямуванням на співпрацю з відповідними інститутами міжнародного рівня. Це сприятиме підвищенню конкурентоспроможності вітчизняних товарів. Запропоновані технічні рішення, зокрема перспектива модернізації підприємств з переробки лляної сировини, крім позитивного ефекту розвитку легкої промисловості та вітчизняного екоринку, є можливістю створити нові робочі місця для працездатного населення сільської місцевості завдяки розвитку цієї переробної галузі.

ВИСНОВКИ

Беручи до уваги фізичне старіння вітчизняного технологічного обладнання, зростання світового валового збору льону, розширення посівних площ під льон олійний як у світі, так і в Україні, можна стверджувати, що з'явилася необхідність у розробці нового технологічного устаткування з технічної обробки лляної сировини або модернізації існуючого обладнання, результатом роботи якого є одержання більш якісного лляного волокна та універсальність його застосування. Тому, нині проводиться пошук способів удосконалення обладнання з переробки луб'яної сировини та покращення фізико-механічних характеристик отриманої продукції. Найбільшу зацікавленість виробники виявляють до інноваційної продукції, що є конкурентоспроможною на національному та міжнародному ринках товарів, та до технології її одержання.

Наведені конструктивні виконання м'яльних вузлів очищення сирцю м'яльно-тіпального агрегату є перспективними у вирішенні питання покращення промислової переробки лляної сировини і в разі їх широкого застосування на виробництві можуть сприяти отриманню волокна з полішеними фізико-механічними властивостями, що, у свою чергу, безпосередньо впливає на економічний стан переробних підприємств та ефективність

залучення трудових ресурсів в слабкорозвинутих районах. Тому державі слід створювати всі необхідні умови для впровадження подібних розробок, що сприяють розширенню виробництва інноваційної продукції.

Надалі необхідно провести ґрунтовні дослідження процесу зміни фізико-механічних властивостей волокна під час переробки стеблових льономатеріалів та вплив на них конструкційних змін з представленням відповідної моделі з прогнозування параметрів кінцевих виробів, що дасть підґрунтя для розробки пропозицій з впровадження у промислове виробництво.

ЛІТЕРАТУРА

- Березовський Ю.В. Вплив лляної сировини та технологій її переробки на формування якості та безпечності товарів. Інновації в управлінні асортиментом, якістю та безпекою товарів і послуг: *Матеріали IV-ї міжнародної науково-практичної конференції* (24 листопада 2016 р., м. Львів). Львів, 2016. С. 77–79.
- Евдокимова Ж.В., Вотчининова С.Н. Волшебник синый лен. URL: <http://www.rea-centre.narod.ru/analis/lien-st-02.htm> (дата звернення: 7.12.2001).
- Макаренко П.М. *Ринкова трансформація аграрного сектора: теорія і практика*. Запоріжжя, 2006. 373 с.
- Поважний А.С., Батченко Л.О., Дятлова Ю.В. Государственная поддержка развития аграрного сектора экономики: опыт и современные тенденции. *Зб. наук. праць Донецького державного університету управління «Державне управління економічного розвитку регіону та підприємств»*. 2004. Т. V, вип. 38. Донецьк, 2004. С. 40–46.
- Федосова Н.М. *Исследование свойств льна-межеумка и обоснование метода прогнозирования его технологической ценности*: дис... канд. техн. наук. Кострома, 2002. 188 с.
- Березовський Ю.В. Оцінка передумов розвитку ринку товарів з льону в Україні. *Товарознавчий вісник: зб. наук. праць*. Вип. 7. Луцьк, 2014. С. 19–27.
- Пашин Е.Л., Федосова Н.М. *Технологическое качество и переработка льна-межеумка*. Кострома, 2003. 88 с.
- Федосова Н.М., Пешкова А.С. Анатомическое строение масличного льна. *Достижения науки и техники АПК*. 2005. № 10. С. 17–18.
- Смирнова В.А., Федосова Н.М., Рысаков Д.С. Исследование декортикационной способности соломы масличного льна. *Научные труды молодых ученых КГТУ. В 2 ч.* Кострома, 2007. С. 54–58.
- Тиравский В. В евросоюзе огромный спрос на украинский лен. URL: <http://ubr.ua/market/agricultural-market/v-evrosouze-ogromnyi-spros-na-ukrainskii-len-443421> (дата звернення: 26.10.2016).
- Малык И. Украина увеличила экспорт льна. URL: <http://ubr.ua/market/agricultural-market/ukraina-velichila-eksport-lna-400381> (дата звернення: 12.05.2016).
- Обзор рынка льна Украины в 2016 году. URL: <http://marketing.rbc.ua/news/21.09.2016/8445> (дата звернення: 21.09.2016).
- Живетин В.В., Гинзбург Л.Н. *Маслиный лен и его комплексное развитие*. Москва, 2000. 389 с.
- Гілязетдінов Р.Н. *Розвиток наукових основ створення інноваційних технологій первинної переробки луб'яних культур*: дис. ... д-ра техн. наук. Глухів, 2009. 329 с.
- Валько П.М. *Удосконалення технології одержання тіпаного лляного волокна з використанням очищувальних вальків*: дис. ... канд. техн. наук. Херсон, 2011. 179 с.
- Ипатов А.М. *Теоретические основы механической обработки лубяных культур*. Москва, 1989. 144 с.
- Валько М.І., Домбровська О.П., Коб'яков С.М. Визначення оптимальної кількості пар м'яльних вальців у лінії підготовки лляної сировини до котування. *Проблеми легкої та текстильної промисловості України*. Херсон, 2004. № 1(8). С. 92–95.
- Левитский И.Н. *Совершенствование процессов обескостривания лубяных волокон*: автореф. дис. д-ра техн. наук. Кострома, 1983. 25 с.
- Патент України № 97290*. Вузол очищення сирцю з лляної трести м'яльно-тіпального агрегату. заяв. 15.08.2014; Бюл. № 5. опубл. 10.03.2015.
- Патент України № 111417*. Вузол очищення сирцю з лляної трести м'яльно-тіпального агрегату: заяв. 26.04.2016; Бюл. № 21. опубл. 10.11.2016.

Стаття надійшла до редакції 18.12.16

REFERENCES

- Berezovskiy Yu.V. Vplyv llyanoi syrovyny ta tekhnolohij ii pererobky na formuvannya yakosti ta bezpechnosti tovariv. In: *Innovatsii v upravlinni asortymentom, yakistiu ta bezpekoiu tovariv i posluh: Materialy IV-oi mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. November 24, 2016, Lviv [in Ukrainian].
- Evdokymova Zh.V., Votchynynkova S.N. Volshebnyk synyj len. Portal «Perspektyva». URL: <http://www.rea-centre.narod.ru/analis/lien-st-02.htm>. (Last accessed: 07.12.2001).
- Makarenko P. M. *The market transformation of the agricultural sector: theory and practice*. Zaporozhye, 2006 [in Ukrainian].

4. Povazhnyj A.S., Batchenko L.O., Djatlova Ju.V. State-owned agricultural sector development support Economy: Experience and its contemporary trends. Collection of scientific works of Donetsk State University of Management: «State control of economic development of the region and enterprises». 2004. T. V, Vyp. 38: 40–46 [in Russian].
5. Fedosova N.M. *Studying the properties of flax-intermediate and justification of the method of forecasting its technological value*. Kostroma, 2002 [in Russian].
6. Berezovskiy Iu. V. Otsinka peredumov rozvytku rynku tovariv z lonu v Ukraini. *Tovaroznachnyi visnyk*. 2014. 7: 19–27 [in Ukrainian].
7. Pashyn E.L., Fedosova N.M. *Technological quality and processing of flax-intermediate*. Kostroma, 2003 [in Russian].
8. Fedosova N.M., Peshkova A.S. Anatomicheskoe stroenye maslychnogo l'na. *Dostyzeniya nauky y tehyky APK*. 2005. 10: 17–18 [in Russian].
9. Smyrnova V.A., Fedosova N.M., Risakov D.S. Yssledovanye dekortykacyonnoj sposobnosti solomi maslychnogo l'na. *Nauchnije trudi molodikh uchenikh KGTU*. 2007. 2 (1): 54–58 [in Russian].
10. Tiravskij V. V evrosojuze ogromnyj spros na ukrainskij len. Portal «Ukrainskij Biznes Resurs». URL: <http://ubr.ua/market/agricultural-market/v-evrosozue-ogromnyi-spros-na-ukrainskii-len-443421>. (Last accessed: 26.10.2016) [in Russian].
11. Malyk I. Ukraina uvelichila jeksport l'na. Portal «Ukrainskij Biznes Resurs». URL: <http://ubr.ua/market/agricultural-market/ukraina-uvelichila-eksport-lna-400381>. (Last accessed: 12.05.2016) [in Russian].
12. Obzor rynku l'na Ukrainy v 2016 godu. «RBK - Ukraina «Issledovaniya rynkov». URL: <http://marketing.rbc.ua/news/21.09.2016/8445>. (Last accessed: 21.09.2016).
13. Zhyvetyn V.V., Gynzburg L.N. *Oilseed flax and its complex development*. Moskva, 2000 [in Russian].
14. Hiliazetdinov R.N. *Development of scientific bases of creating innovative technology of primary processing of bast crops*. Kherson, 2009 [in Ukrainian].
15. Valko P.M. *Improving the technology of flax fiber tipanoho using cleaning rolls*. Kherson, 2011 [in Ukrainian].
16. Ipatov A.M. *Theoretical basis of the machining stems fiber crops*. Moskva, 1989 [in Russian].
17. Val'ko M.I., Dombrov'ska O.P., Kob'iakov S.M. Vyznachennia optymal'noi kil'kosti par m'ial'nykh val'tsiv u linii pidhotovky llianoi syrovyny do kotuvannia. *Problemy lehkoi y tekstyl'noi promyslovosti Ukrainy*. Kherson, 2004. 1(8): 92-95 [in Ukrainian].
18. Levitskij I. N. *Perfection of a design and technological parameters of machines for scutching flax*. Kostroma, 1983 [in Russian].
19. *Patent of Ukraine No. 97290*. Cleaning unit of flax raw material of crumple aggregate [in Ukrainian].
20. *Patent of Ukraine No.111417*. Cleaning unit of flax raw material of crumple aggregate [in Ukrainian].

Received 18.12.16

Berezovsky, Yu.V.

Kherson National Technical University,
24, Beryslavske Highway, Kherson, 73008, Ukraine,
tel. +380 552 326 981

TECHNICAL SOLUTION FOR PROCESSING OF FLAX RAW MATERIALS

Theory and practice of technical upgrade of factories processing flax raw material, modernization of production, the application of advanced technologies and equipment have been discussed. The results of simulation of cleaning of flax fibers from non-fibrous impurities have been analyzed for various options and configurations of equipment. The possibility and expedience of application of innovative solutions for improving physical and mechanical properties and quality of flax raw material have been proved. The conditions for development of the processing industry in Ukraine and achieving of positive results from processing of stem flax material using innovative processing technologies, advanced technical solutions, and original methods of processing by new equipment have been described.

Keywords: fiber, flax, raw material, quality, cleaning, processing, equipment, and production.

Ю.В. Березовский

Херсонский национальный технический
университет, Бериславское шоссе, 24,
Херсон-8, 73008, Украина, тел. +380 552 326 981

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНЯНОГО СЫРЬЯ

Охарактеризовано теорию и практику технического переоснащения предприятий по переработке льняного сырья, модернизацию производства, применения современных технологий и оборудования. В статье проанализированы результаты моделирования процесса очистки льняных волокон от неволокнистых примесей. Представлено воспроизведение процессов очистки для различных параметров и конфигураций оборудования. На основе проведенных исследований доказана возможность и целесообразность применения нововведений для повышения физико-механических показателей качества льняного сырья. Выяснено основания развития перерабатывающей промышленности Украины для достижения положительных результатов по обработке стеблевого материала льна через использование инновационных технологий переработки, прогрессивных технических решений и оригинальных приемов обработки новыми устройствами.

Ключевые слова: волокно, лен, сырье, качество, очистка, переработка, оборудование, производство.