

- снижение потерь зерна в 2...3 раза. Отчет о НИР/МИМСХ. Рук. П.А.Шабанов. – Тема 0270-Х; №ГР01860043979. – Мелитополь, 1988. – 44 с.
5. Леженкин А.Н. Энергетическая оценка стационарной технологии уборки зерновой части урожая [Текст] / А.Н. Леженкин // Механизация и электриф. сел. х-ва. – 2007. – №2. – С.5-7.
 6. Шабанов, П.А. Механико-технологические основы обмолота зерновых культур на корню [Текст] : дис... докт. техн. наук / П.А. Шабанов. – Мелитополь – 1988. – 336 с.
 7. Данченко, Н.Н. Обоснование параметров щеточного устройства для очесывания метелок риса на корню [Текст] : автореф. дис... канд. техн. наук. – Челябинск, 1983. – 15 с.
 8. Гончаров, Б.И. Исследование рабочего процесса очесывающего устройства для обмолота риса на корню с целью уменьшения потерь зерна [Текст] : дис... канд. техн. наук / Б.И. Гончаров. – М., 1982. – 217 с.
 9. Голубев, И.К. Обоснование основных параметров и режимов работы двухбарабанного устройства для очеса риса на корню [Текст] : дис... канд. техн. наук / ВСХИЗО. – М., 1989. – 201 с.
 11. Кендол, М. Геометрические вероятности: Пер. с англ. [Текст] / М. Кендол, П. Моран. – М.: Мир, 1972. – 273 с.
 12. Buffon, G. Essai d'arithmétique morale. Supplement «l'histoire Naturelle», Vol. 4, 1977.

Ivan Lezhenkin, PhD tech. sci.

Taurian State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine

Theoretical Analysis of Grain Passing Conditions Through a Layer of Combed Heap of Cereals

The article deals with the construction of a mathematical model for the probability of grain passing through a layer of combed heap of cereals, and an analysis of the model obtained.

As a result of the modelling it has been revealed that:

- in the case when the distance between the straws is bigger than the length of the grain and the diameter of the straw, the probability of sifting the grain is 0.875, under the condition that the distance between the straws is 10 mm;

- if the distance between the straw is less than the sum of the diameter of the straw and the grain length, and at the same time more than the sum of the diameter of the straw and the width of the grains, then the probability of passing the grains through the straw is within the range of 0.85 ... 0.877 at the distance between straws of 6.0 ... 8, 05 mm;

- if the distance between the straws is less than the sum of the straw diameter and the width of the grains, the probability of sifting both in the horizontal arrangement of the grains and in the vertical one is equal to zero.

In order to provide the necessary conditions for the grains to pass through layers of straw there should be used the operating element that has the potential of mechanical impact on the bundle.

mathematical model, probability of sifting, combed heap, grain, separation, segregation

Одержано 05.12.17

УДК 677.11.021

А.Ю. Лисих, канд. техн. наук

Первомайський політехнічний інститут НУК ім. адмірала Макарова, м. Первомайськ, Україна, E-mail: snezanad256@gmail.com

Механічний процес підготовки сировини для одержання короткого лляного волокна

Стаття присвячена процесу підготовки сировини з застосуванням кілкового живильника, запропонована конструкція якого забезпечує більш ефективне розпрямлення й паралелізацію волокон, полегшує їх подальшу механічну обробку, а отже сприяє підвищенню якості короткого волокна.

короткі лляні волокна, витяжний пристрій, коефіцієнт потоншення

© А.Ю. Лисих, 2017

А.Ю. Лысых, канд. техн. наук

Первомайский политехнический институт НУК им. адмирала Макарова, г. Первомайск, Украина

Механический процесс подготовки сырья для получения короткого льняного волокна

Статья посвящена процессу подготовки сырья с применением колкового питателя, предложенная конструкция которого обеспечивает более эффективное распрямление и параллелизацию волокон, облегчает их дальнейшую механическую обработку, а следовательно способствует повышению качества короткого волокна.

короткие льняные волокна, вытяжное устройство, коэффициент утонения

Постановка проблеми. Виробництво коротких лляних волокон пов'язано з обробкою сплутаних, тобто неорієнтованих волокнистих відходів тіпання з великою кількістю костриці. Облагороджування відходів тіпання та перетворення їх у придатне до прядіння коротке волокно полягає, в основному, у видаленні костриці та зміні структури продукту – роз'єднанні нерозщеплених волокон, розпрямленні та паралелізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існуюча технологія одержання короткого лляного волокна з відходів тіпання включає такі операції: збагачення відходів тіпання на тіпальних машинах; підсушування збагачених відходів на сушильній машині; обробку на куделеприготувальному агрегаті, яка складається з операцій формування шару волокна, м'яття, тіпання, трясіння; сортування короткого лляного волокна з наданням йому товарного вигляду [4]. Основним недоліком існуючих способів механічної обробки лляної сировини є погана підготовка напівфабрикатів до подальшої переробки, недостатнє розпушування і паралелізація волокон та значна енерго- і матеріалоємність існуючих куделеприготувальних агрегатів. У складі застосовуваних технологічних ланцюжків відсутнє обладнання, яке дозволило б максимально роздробити й очистити лляне волокно, максимально скоротити кількість волокон пухової групи, забезпечити вкорочення волокон, довжина яких перевищує 40-50 мм.

Основна технологічна операція підготовки шару волокна з відходів тіпання є обробка його на кілковому живильнику марки ПКМ, який входить до складу куделеприготувального агрегату. Він здійснює потоншення шару та часткову паралелізацію коротких волокон за рахунок проходження їх через колкові барабани, але рівень їх параметрів дуже низький, що ускладнює подальшу якісну їх переробку [1].

Одним з останніх досліджень, які проводились з метою усунення недоліків процесу підготовки та переробки відходів тіпання – це застосування дезінтегратора.

Порівняльний аналіз параметрів лляного волокна, отриманого з перележаної сланкої трести при наведених технологічних характеристиках роботи дезінтегратора, свідчить, що в ньому міститься найбільша кількість волокон завдовжки 0-10 мм – 35,34%. Вміст волокон з довжиною 10-50 мм коливається в межах від 10,81% до 13,02%, а волокна завдовжки 50-100 мм становлять 1,07-5,12% від загальної кількості. Вміст волокон з довжиною понад 100 мм не перевищує 1% [2].

Другий напрямок удосконалення вище вказаного технологічного процесу здійснюється таким чином, що попередньо пром'ята луб'яна сировина за допомогою живильного транспортера надходить до тіпального барабана. У кожух барабана за допомогою завиткового живильника завантажуються молотьні кулі. При обертанні барабану за допомогою рівнобіжних бильних лопатей та молотьних куль відбуваються наступні процеси.

Злам в результаті згину, який утворюється за рахунок зрізу та скобління шару сирцю між молотьними кулями та внутрішньою футерівкою тіпальної секції забезпечує

зсув між волокнистою та деревинною частинами стебла, за рахунок чого здійснюється процес м'яття. Тиск повітря, який створюється у барабані за рахунок додаткового вентилятора, сприяє інтенсифікації процесу сепарації костриці.

Потоншення та штабелювання волокна здійснюється в другій тіпальній секції за рахунок процесу стирання, який відбувається завдяки внутрішній ковзкій робочій поверхні барабану, при якому зовнішні елементарні волокна піддаються деформації зсуву з подальшим відділенням-відокремленням внаслідок переходу дотичних напружень за межі міцності [3].

В останніх наукових дослідженнях пропонують у модернізованій м'яльній частині КПАЛ-М змінити умови диференціації м'яття в останній м'яльній парі вальців за рахунок зубчастого зчеплення, що дає можливість змодельовати процес тіпання й штапелювання на м'яльному обладнанні та забезпечити кероване дроблення відходів тіпання внаслідок збільшення інтенсивності оброблення, вводячи до процесу м'яття додаткові сили, які характеризують процес тіпання [4].

Аналіз існуючих теоретичних основ розроблених вітчизняними та закордонними вченими, щодо отримання модифікованого льняного волокна з відходів тіпання виявив, що всі вони направлені на застосування теорії механічної модифікації з використанням додаткових хіміко-механічних процесів, які призводять до здороження продукції.

Основним недоліком пропонованих способів механічної обробки лляної сировини є погана підготовка напівфабрикатів до подальшої переробки, недостатнє розпушування і паралелізація волокон та значна енерго- і матеріалоемність існуючих куделеприготувальних агрегатів. У складі застосовуваних технологічних ланцюжків відсутнє обладнання, яке дозволило б максимально роздробити й очистити лляне волокно, максимально скоротити кількість волокон пухової групи, забезпечити вкорочення волокон, довжина яких перевищує 40-50 мм.

Постановка завдання. Метою роботи є визначення шляхом експериментальних досліджень оптимальних параметрів роботи механізмів, які переробляють відходи тіпання та одержання короткого лляного волокна підвищеної якості за новою енерго- та ресурсозберігаючою технологією.

Розроблювана технологія одержання високоякісного короткого волокна з відходів тіпання і низькосортної трести повинна забезпечувати максимальне видалення костриці, збереження міцності та досягнення високого ступеня паралелізації волокон, оскільки саме такі вихідні характеристики короткого волокна обумовлюють його придатність до подальшої переробки в прядінні, целюлозно-паперовій і медичній промисловості.

Крім того, під час розробки прийомів удосконалення існуючих технологічних процесів необхідно здійснювати кількісну оцінку впливу того або іншого технологічного фактора на показники якості волокна. Тільки за цих умов нову технологію можна рекомендувати льонопереробним підприємствам для широкого впровадження.

Виклад основного матеріалу. Відходи тіпання збираються від м'яльно-тіпального агрегату і пневмотранспортом подаються на трясильну машину, від якої збагачений матеріал подається в живильник транспортером. Кілки в живильній парі завдяки їх підвищеній глибині заходження розділяють шар волокна на окремі жмути. Жмути волокон, які містять короткі волокна з довжиною до 40 мм та пухову групу завдовжки до 15 мм, ущільнюються між кілками завдяки площинності конусних кілків. При цьому, чим глибше кілки пронизують шар волокна, тим більше ущільнюються жмути волокон. В процесі ущільнення жмутів виникає сила тиску на волокно і, завдяки збільшенню сили тертя між волокнами, коротке волокно пухової групи зчіплюється з

довшим волокном і отримує примусовий рух до витяжної пари при взаємному заходженні кілків на визначену величину. При цьому конструктивно передбачено, що крок між кілками на барабанах, який є розрахунковою величиною, може змінюватися від 4 до 15 мм. Це перешкоджає випадінню короткого волокна на відрізку вільної зони і сприяє розпрямленню й паралелізації волокна.

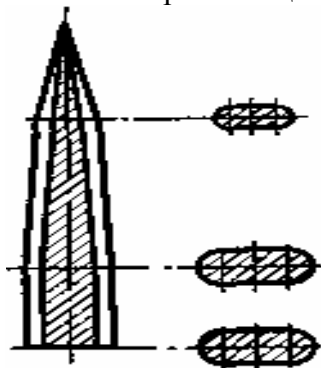


Рисунок 1 – Загальний вигляд кілків

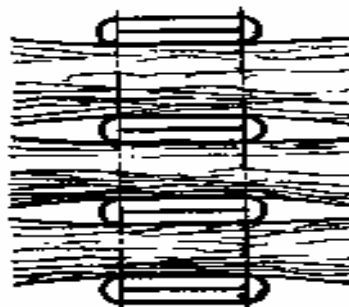


Рисунок 2 – Принципова схема розділення жмутів волокон

При русі шару волокна через комплект кілкових барабанів максимальна початкова висота шару становить 250 мм. Для входження в м'яльну пару шар сировини, згідно з попередніми розрахунками, необхідно потоншити до висоти $h=5$ мм, що відповідає щільності завантаження $\rho = 0,4$ кг/м². Щільність завантаження визначаємо за формулою:

$$g = \rho \cdot h, \quad (1)$$

де ρ – щільність волокна у вільному стані, $\rho = 80$ кг/м³ [5];
 h – висота шару волокна.

Потоншення шару волокна до заданої величини здійснюється рифленими витяжними парами, що забезпечують потоншення на кожному технологічному переході. Це обумовлено тим, що в шарі, потоншеному до необхідної щільності, відбувається розпрямлення волокон, вони орієнтуються в напрямку руху, перпендикулярному осі рифлених вальців.

Виходячи з вищевикладеного, на початковій стадії розволокнення і видалення костриці згідно з вибраною нами схемою, дотримуючись умови потоншення шару волокна до висоти 5 мм, необхідно використовувати комплект з трьох кілкових барабанів з витяжними парами для потоншення шару. Аналіз результатів попередніх розрахунків з визначення впливу м'яльних рифлених вальців на процес формування шару свідчить, що операція проминання відходів тіпання в м'яльних вальцях з дрібним кроком рифлів при висоті шару 5 мм є ефективною й сприяє вирівнюванню волокон у шарі та усуненню їх сплутаності [6].

Кількість ступенів витягування, а отже, і габарити механізму залежать від прийнятого загального коефіцієнта потоншення $\tilde{\gamma}_{\text{заг}}$. Чим більше витягування на переходах, тим менше можливість сплутування волокон у процесі витягування, менше габарити витяжних механізмів.

Для розгляду процесу витягування шару введемо певні терміни й поняття, що характеризують його. Полем витягування R називаємо простір, на якому відбувається розщеплення волокон відносно одне одного. Довжина поля витягування може:

- дорівнювати відстані між сусідніми робочими органами L , що здійснюють витягування, якщо ця відстань перевищує максимальну довжину волокна $\ell_{\max}$;

$$R = L, \text{ якщо } L > \ell_{\max}; \quad (2)$$

- перевищувати відстань між сусідніми робочими органами, якщо ця відстань менше максимальної довжини волокна;

$$R > L, \text{ якщо } L < \ell_{\max}. \quad (3)$$

Сусідні робочі органи витяжного приладу назовемо витяжними вальцями. Витяжна пара має більш високу швидкість обертання порівняно з живильною, $V_2 > V_1$. Волокна рухаються від живильної до витяжної пари, яка задає їм велику швидкість V_2 , внаслідок чого вони зміщуються вперед щодо волокон, які ще не досягли витяжної пари, і тому рухаються з меншою швидкістю живильної пари. Таким чином, волокна розташовуються на більшій довжині – шар потоншується, витягується.

Мірою потоншення шару є величина його витягування E :

$$E = \frac{V_2}{V_1}. \quad (4)$$

Визначимо зміну деяких характеристик шару при його витягуванні. Нехай за час t живильна пара вводить у витяжний прилад шар волокна довжиною $L_1 = V_1 \cdot t$, а витяжна пара виводить шар волокна довжиною $L_2 = V_2 \cdot t$. Помноживши чисельник і знаменник на t , отримаємо:

$$E = \frac{V_2 t}{V_1 t} = \frac{L_2}{L_1}, \quad (5)$$

тобто в результаті витягування довжина шару збільшується в кількість разів, яка дорівнює витягці.

При витягуванні у витяжних парах волокна розпрямляються й орієнтуються уздовж шару. Нерозпрямлене волокно, що має довжину ℓ , рухається із шаром волокон, що входять у витяжні пари зі швидкістю V_1 живильної пари. Передній кінець волокна з цією швидкістю просувається в зону, де частина волокон рухається зі швидкістю витяжної пари. В міру просування волокна, що швидко рухаються, здійснюють на передній кінець усе більший вплив, тому він розпрямляється й у такому вигляді надходить в зону дії витяжної пари і змінює свою швидкість на V_2 .

Оскільки висота шару відходів тіпання, який потрапляє в живильно-потоншувальний механізм, становить 250 мм, а висота шару, який подається в експериментальну м'яльну машину – 5 мм, то ступінь потоншення шару в даному комплекті повинен дорівнювати 50.

Таким чином, загальний коефіцієнт потоншення запропонованого нами пристрою дорівнює:

$$\tilde{t}_{\text{заг}} = \tilde{t}_1 \cdot \tilde{t}_2 \dots \cdot \tilde{t}_n, \quad (6)$$

де $\tilde{t}_1$ – коефіцієнт потоншення першої пари;

$\tilde{\tau}_n$ – коефіцієнт потоншення останньої пари.

Для забезпечення заданого загального коефіцієнта потоншення в живильно-потоншувальному механізмі встановлено п'ять витяжних пар, при цьому вони приймаються рівними. Таким чином:

$$\tilde{\tau}_{заг} = (\tilde{\tau}_n)^5 = 50,$$

звідси

$$\tilde{\tau}_n = \sqrt[5]{50} = 2,19.$$

Вибираючи часткові коефіцієнти потоншення, необхідно дотримуватися умови:

$$\tilde{\tau}_1 = \tilde{\tau}_2 = \tilde{\tau}_3 = \dots = \tilde{\tau}_n. \quad (7)$$

Таким чином, деякий час передній та задній кінці нерозпрямленого волокна рухаються з різною швидкістю і волокно розпрямляється. При цьому всі волокна, які захоплені живильною парою, рухаються перпендикулярно осі витяжного вальця, а отже розпрямляються.

Технологічними параметрами кілкових барабанів є їх діаметр і кількість кілків, а також кут нахилу кілка. При взаємодії кілків із шаром матеріалу виникають сили, величини і напрямки дії яких залежать від відносного розташування кілків двох взаємодіючих робочих органів, швидкості й напрямку їх руху, а також кута нахилу і кроку кілка. Згідно із запропонованою схемою обробки відходів тіпання кілки нижнього барабана розташовані між кілками верхнього барабана.

Розглянемо взаємодію двох робочих поверхонь. Для простоти аналізу припустимо, що кожний із взаємодіючих барабанів представлений одним кілком (рис. 3).

Барабани А і В обертаються назустріч один одному, при цьому барабан В обертається швидше, ніж барабан А, тобто $V_B > V_A$.

Кілок барабана А вносить у зону взаємодії двох барабанів жмут волокон. При проходженні кілка барабана В, внаслідок різниці у швидкостях обертання обох барабанів, кілки розволокнюють шар волокна. При цьому на обидва кілки діють рівні й протилежно направлені сили опору шару розтаскуванню P . Силу P можна розкласти на дві складові. Одна з них S спрямована уздовж передньої грані кілка у бік основи відповідного барабана, друга складова N спрямована перпендикулярно кілку.

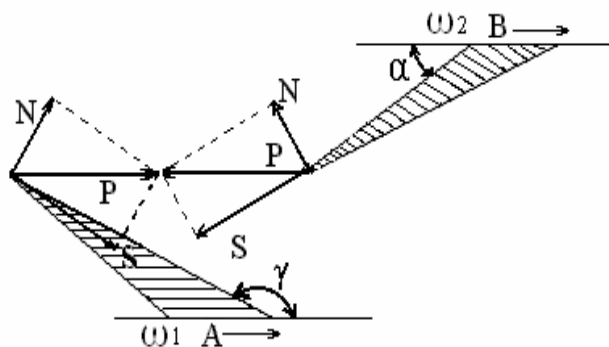


Рисунок 3 – Схема взаємодії двох робочих поверхонь

Сила S заглиблює жмут волокон до поверхні барабана, а сила N притискає його до кілка, утворюючи силу тертя F , що діє в протилежному напрямку, ніж сила S . Для кілка барабана В сила S спрямована в протилежний бік, завдяки чому шар волокна зісковзує з кілка барабана В. Очевидно, що найбільш ефективно розволокнення відбувається, коли шар волокна розташований на вершинах кілків. Це можливо, якщо

$$F = S. \quad (8)$$

Згідно зі схемою, наведеною на рис. 3, сили S і N можна виразити через опір шару розтаскуванню P .

$$S = P \cdot \cos \alpha; \quad N = P \cdot \sin \alpha, \quad (9)$$

де α – кут нахилу кілка до основи барабана.

Сила тертя F дорівнює добутковій силі N , що притискає жмут волокон до кілка, і коефіцієнта тертя f між жмутом і кілком.

$$F = f \cdot N = f \cdot P \cdot \sin \alpha; \quad \cos \alpha = \frac{S}{P}. \quad (10)$$

Коефіцієнт тертя f для лляного волокна становить 0,2 – 0,6.

Підставивши значення F і S у наведену вище рівність (10), отримаємо:

$$f \cdot P \cdot \sin \alpha = P \cdot \cos \alpha, \quad (11)$$

звідси

$$f = \frac{P \cdot \cos \alpha}{P \cdot \sin \alpha} = \operatorname{ctg} \alpha. \quad (12)$$

$$\text{Тоді} \quad \beta = \arccos \frac{F}{P} = \arccos \frac{f \cdot P \cdot \sin \alpha}{P} = \arccos(f \cdot \sin \alpha); \quad \gamma = 90 - \beta.$$

Користуючись цією рівністю і знаючи величину коефіцієнта тертя f , визначаємо кут нахилу кілка γ . Оскільки кут нахилу кілка визначається за формулою (7), будь-яка зміна цього кута призводить до порушення рівності цих сил. При зменшенні кута γ сила S збільшується, а сили N і F зменшуються. У результаті цього інтенсивність розволокнення жмутів волокон знижується. Другим фактором, який впливає на характер взаємодії двох робочих поверхонь, є швидкість живлення. Підвищення швидкості обертання барабана А призводить до того, що повз кожний кілок барабана А за одиницю часу проходить більша кількість кілків барабана В, що спричиняє подрібнення шару і збільшення кількості волокон пухової групи. При зменшенні відносних швидкостей руху обох барабанів інтенсивність розволокнення знижується, а при рівності цих швидкостей розволокнення припиняється.

Для дотримання всіх умов розволокнення матеріалу за запропонованою схемою співвідношення швидкостей обертання кілкових барабанів має становити 1:2. Знаючи величину коефіцієнта тертя $f = 0,3$, визначаємо, що кут нахилу кілка повинен дорівнювати 68° .

Діаметри кілкових барабанів обрані, виходячи з технологічних міркувань. При збільшенні діаметра барабана і кількості кілків зростає кількість кілків, які одночасно знаходяться в зоні обробки, збільшується натяг волокна.

Висновки. Таким чином, застосування кілкового живильника запропонованої конструкції забезпечує більш ефективне розпрямлення й паралелізацію волокон, полегшує їх подальшу механічну обробку, а отже сприяє підвищенню якості короткого волокна. При цьому переобладнання барабанів новими кілками не потребує значних затрат і не призводить до зростання матеріалоємності обладнання.

Список літератури

1. Справочник по заводской первичной обработке льна [Текст] / [под ред. В.Н. Храмцова]. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1984. – 510 с.
2. Соболев, О.А. Доцільність використання дезінтегратора для переробки відходів тіпання [Текст] / О.А. Соболев, К.М. Клевцов // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – 2013. – Т.1, №10. – С. 153-156.
3. Клевцов, К.М. Визначення оптимальних технологічних параметрів декортикації луб'яної сировини [Текст] / К.М. Клевцов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – № 5. – С. 97-100.
4. Круглий, Д.Г. Модель процесу дроблення технічних комплексів луб'яного волокна при механічних впливах [Текст] / Д.Г. Круглий // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2017. – № 60 (1). – С.113-119.
5. Пат. України № 14280, МПК D01B 1/32. Живильник куделеприготовувальних машин. С.М. Коб'яков, Ю.Є. Мешков, Заявл. 21.10.2005; Опубл. 15.05.2006. Бюл. № 5. – 2 с.
6. Пат. України № 14379, МПК D01D1/00. Спосіб одержання короткого волокна з відходів тіпання і низькосортної лляної трести. С.М. Коб'яков, Ю.Є. Мешков, Заявл. 14.11.2005; Опубл. 15.05.2006. Бюл. № 5. – 2 с.

Alla Lisikh, PhD. tech. sci.

Pervomasky polytechnic institute of the Mykolaiv university of shipbuilding of the name of admiral Makarov, Pervomaysk, Ukraine

Mechanicprocess of Preparation of Raw Material for the Receipt of Short Linen Fibre

Article is devoted to process of preparation of raw material with application peg a feeder which provides more effective straightening and parallelizing of fibres.

Thinning a layer of a fibre up to the set size it is carried out by the corrugated exhaust pairs, providing thinning on each technological transition. It is caused by that in a layer, thinning up to necessary density, there is a straightening fibres, they are guided in a direction of movement, perpendicular axes of corrugated rollers. Quantity of steps drawing out and consequently, and dimensions of the mechanism depend on the accepted common factor of thinning. The more drawing out on transitions, the probability confusing there is less than fibres in process drawing out, it is less dimensions of exhaust mechanisms.

It is established, that at an initial stage division of fibres it is necessary to use the complete set from three peg drums with exhaust pairs for thinning a layer.

short linen fibres, the exhaust device, factor of thinning

Одержано 09.11.17