УДК 621.928

# ТЕХНОЛОГИЯ СОРТИРОВКИ ЩЕПЫ ПО СМОЛИСТОСТИ, ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ ПНЕВОЙ И НЕКОНДИЦИОННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

### Полянин И.А., Поздеев А.Г., Пугачёва Е.Л., Юкина Н.А.

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола, e-mail: www.volgatech.net

Рассмотрены вопросы сортировки технологической щепы, полученной из пневой и некондиционной древесины, в электростатическом поле по смолистости. Сделан анализ существующих способов сортировки технологической щепы по смолистости. Разработан новый способ сортировки технологической щепы на мало- и высокосмолистую в постоянном электростатическом поле высокого напряжения и может быть рекомендован для промышленного внедрения. Получена математическая модель отклонения технологической щепы в электростатическом поле в зависимости от расстояния между электродами и напряжением между ними. Разработана экспериментальная установка и приведены результаты экспериментальных исследований. Определены основные режимы работы установки по сортировке технологической щепы в электростатическом поле. Предложены технологические схемы сортировки щепы, полученной из пневой и некондиционной древесины на лесозаготовительных предприятиях. Сделаны основные выводы и рекомендации.

Ключевые слова: технологическая схема, сортировка, технологическая щепа, смолистость, электростатическое поле, напряжение, пневая древесина, влажность

## SORTING TECHNOLOGICAL WOOD SHIPS ON GUMMOSITY PREPARATION FROM STUMP AND SUBSTANDART WOOD

### Polyanin I.A., Pozdeev A.G., Pugacheva E.L., Yukina N.A.

VPO «Povolozhsky State Technological University», Yoshkar-Ola, e-mail: www.volgatech.net

The questions of the sort of wood chips derived from pneumatic and substandard wood, in an electrostatic field on gummosity. The analysis of the existing methods for sorting pulpchips gummosity. A new way to sort of wood chips on small and vysokosmolistuyu constant electrostatic field of high voltage and can be recommended for industrial application. The mathematical model deviations pulpchips in an electrostatic field, depending on the distance between the electrodes and the voltage between them. The experimental setup and the results of experimental studies. The basic operation modes for sorting of wood chips in an electrostatic field. Flow diagrams for sorting chips obtained from pneumatic and substandard wood logging enterprises. Made major findings and recommendations

Keywords: technological scheme, sorting, technological wood chips, gummosity, electrostatic field, the voltage deviation, stump wood, humidity

Одним из важнейших условий для успешного выполнения задач в области лесной промышленности является повышение механизации технологических процессов и внедрения передовой ресурсосберегающей технологии на основе полного использования биомассы всех видов сырья лесозаготовительного производства. Одним из направлений полного использования биомассы дерева является широкое использование побочного вида сырья пневой древесины, горбыля, сучьев, вершинок дерева и т.д., которое при современных условиях лесозаготовок составляет 15-25% от общего объема заготавливаемой древесины. Кроме того, полное использование отходов деревообрабатывающих предприятий является одним из факторов безотходной технологии производства [3–5].

Производство технологической щепы как исходного материала для целлюлознобумажного, гидролизного производства имеет большое народнохозяйственное значение. Максимальная переработка на технологическую щепу отходов древесины в лесопилении, деревообработке, а также пневой древесины приобретает огромное значение.

Основным сырьем канифольно-экстракционных и смоло-скипидарных предприятий является просмолившаяся хвойная древесина, а также пневой осмол, накапливающийся на вырубках в течение последующих 10-15 лет. За этот период заболонная часть пня сгнивает и остается ядровая древесина с высоким содержанием смолистых веществ. Рациональнее использовать в качестве сырья канифольно-экстракционного производства древесину и пни свежей порубки путем отделения смолистой части дерева от несмолистой. Так, например, свежие пни и отходы перерабатывающих предприятий следует превращать в технологическую щепу и сортировать её на щепу малой смолистости (менее 13%) и щепу высокой смолистости (выше 13%). Первая может быть успешно использована на целлюлозно-бумажных комбинатах, а вторая – на канифольно-экстракционных и смоло-скипидарных предприятиях.

**Цель исследования.** Совершенствование эффективности электростатической сортировки технологической щепы из пневой древесины для канифольно-экстракционных

и целлюлозно-бумажных предприятий лесного комплекса.

## Решаемые задачи, направленные на достижение цели

В отечественной и зарубежной практике промышленного производства существуют различные способы сортировки твёрдых и сыпучих материалов. Однако специфические особенности сортировки технологической щепы по смолистости исключают использование существующих способов для её разделения на высоко- и низкосмолистую. Единственным способом, позволяющим достичь положительного результата, на наш взгляд, является разделение технологической щепы с помощью электростатического сепаратора [1].

В Сибирском технологическом институте разработан способ отделения частиц коры от стружечной массы в электрическом поле [2] в специальном сепараторе с биполярной короной. Основные узлы сепаратора – проволочные и пластинчатые электроды. Принцип работы сепаратора заключается в создании поля коронного разряда путём подачи на электроды высокого полярного напряжения. Стружечная смесь равномерно сбрасывается с транспортёра по направляющей в поле с биполярной короной.

При этом частицы коры приобретают избыточный отрицательный заряд и перемещаются в сторону положительных электродов, собираясь в секции приёмного бункера. Древесные частицы приобретают положительный заряд и перемещаются к отрицательным электродам.

В КирНИИЛПе разработан способ сортировки технологической щепы по смолистости, в основу которого положен способ электростатического разделения материалов, включающий доведение исходного материала до одинаковой степени влажности и обработку его в электрическом поле [7].

Предлагаемый способ [7] осуществляют в сепараторе свободного падения, который включает электроды размером 1000×1000 мм, размещённые под углом к вертикали, причем расстояние между электродами вверху и внизу составляет соответственно 100 и 200 мм. На электроды подают напряжение 100 кВ, при этом в межэлектродном пространстве образуется электростатическое поле, напряжённость которого находится в пределах от 5 до 10 кВ/см. Пневой осмол, содержащий древесину двух видов, например заболонную и ядровую, измельчают, доводят до одинаковой степени влажности 4,3%, сортируют по крупности и направляют в электростатическое пространство. Поскольку содержание канифоли в указанных видах древесины различно, диэлектрические свойства их при влажности 4,3 % значительно отличаются, что приводит к тому, что частицы с разным количеством канифоли получают заряды разной величины и притягиваются к разным электродам, при этом происходит отделение заболонной древесины от ядровой. Основным недостатком данного способа является его высокая энергоёмкость.

### Математическое моделирование

Нами установлено, что в однородном электрическом поле за появление пондеромоторных сил ответственны только свободные электрические заряды, поэтому со стороны электрического поля напряженностью E на диэлектрический заряженный шар действует сила

$$\overline{F} = Ne\overline{E}, \tag{1}$$

где e — заряд электрона; N — число свободных электрических зарядов.

Как известно [6], напряженность поля плоского конденсатора имеет величину

$$E = \frac{U_0}{d},\tag{2}$$

где  $U_0$  – разность потенциалов между пластинами; d – расстояние между ними.

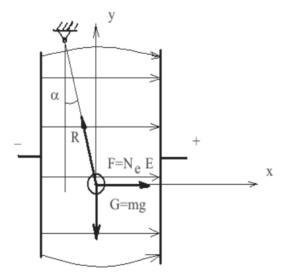


Рис. 1. Смещение щепы в электрическом поле

Полагая щепу подвешенной на невесомой, электрически нейтральной нити, которые в проекции на ось x (рис. 1) будут иметь вид

$$\sum X = 0; \quad F - R\sin\alpha = 0.$$

В проекции на ось ординат у имеет

$$\sum Y = 0; \quad R\cos\alpha - G = 0.$$

Откуда непосредственно находим

$$tg\alpha = \frac{F}{G} = \frac{NeU_0}{Gd} = \frac{\rho U_0}{G(l_1 + l_2)}, \quad (3)$$

где  $\rho = eN$  — объемный заряд щепки;  $d = l_1 + l_2$  — расстояние между электродами.

Если задана длина нити  $l_{\rm o}$ , то смещение щепы в электрическом поле будет

$$l = l_0 \sin \alpha = l_0 \sin \arctan \frac{\rho U_0}{G(l_1 + l_2)}$$
 (4)

или, заменяя объемный заряд, получим

$$l = l_0 \sin \arctan \frac{4\pi F (l_2 - l_1)^3}{3G(l_1 + l_2)},$$
 (5)

где F – сила притяжения щепы к пластине.

# Результаты исследования и их обсуждение

Для изучения разделения технологической щепы по смолистости на отдельные фракции были выбраны образцы щепы одинаковой крупности и веса (350 мг), но разной смолистости: 8, 10, 13, 17 и 22%. Каждый образец был помечен своей меткой. В экспериментах изменялась влажность щепы от 7 до 26%. Исследования проводились на экспериментальной установке (рис. 2), дающей электрическое поле выпрямленного синусоидального напряжения [8].

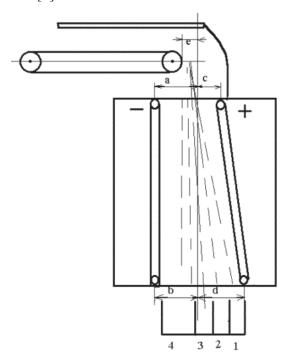


Рис. 2. Сортировка технологической щепы по смолистости

Для усиления эффекта сортировки щепы по смолистости щепа предварительно заряжалась отрицательными зарядами. Зарядка щепы осуществлялась на подающем транспортере при подаче её в электрическое поле сепаратора. Для этой цели транспортер был выполнен из медной эластичной сетки и соединен шиной с отрицательным электродом, а над транспортером была помещена металлическая пластина, соединенная с положительным электродом. При заданной скорости движения сетки транспортера время зарядки технологической щепы составляло 3 минуты. На электроды сепаратора подавалось напряжение от 44 до 91 кВ. В экспериментах образцы технологической щепы загружались на подзаряжающий транспортер, где происходила зарядка щепы, затем, при дальнейшем её движении в электрическом поле, происходило разделение щепы по смолистости и экспериментальные образцы попадали в карманы сепаратора, расположенные в его нижней части (1, 2, 3, 4) [8].

На движение и сортировку технологической щепы существенное влияние оказывает положение электродов (пластин). В ходе экспериментов плоские электроды (имея подвижность за счет разработанного их крепления) устанавливались на различных расстояниях от вертикальной оси сепаратора, а также и под различными углами к оси. Наиболее эффективное разделение щепы по смолистости (при всех прочих начальных условиях) происходило при следующем положении пластин в пространстве: a = 5 см, b = 20 см, c = 15 см, d = 40 см [8].

Экспериментальные исследования по разделению технологической щепы в электрическом поле по степени смолистости проводились со щепой с известными заранее процентами смолистости и влажности. Результаты исследований для смолистости 22, 17 и 13% при напряжении между электродами 75 кВ приведены в таблице. Графическая зависимость влияния величины смолистости технологической щепы на величину её отклонения показана на рис. 3.

# Интерпретация результатов и их анализ

При эксперименте менялось положение электродов относительно осевой линии и величина подаваемого на электроды высокого напряжения. В ходе экспериментов было установлено, что при влажности щепы от 13 до 28% наилучшее разделение щепы происходит при напряжении 75 кВ и положении электродов, характеризующееся следующими величинами параметров:

a=5 см, b=20 см, c=15 см, d=40 см, e=17 см. При данных начальных параметрах технологическая щепа повышенной

смолистости в основном отклонялась к отрицательному электроду, а щепа малой смолистости — к положительному электроду.

Влияние смолистости щепы на величину её отклонения от вертикальной оси сепаратора

Смолистость, К, %	13	15	17	20	22
Отклонение, L, м	0,025	0,04	0,05	0,075	0,1

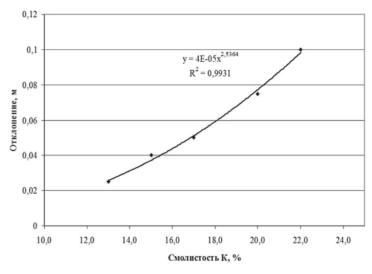


Рис. 3. Зависимость отклонения щепы от величины её смолистости

Как показывают экспериментальные исследования, щепа с повышенной смолистостью (более 13%) отклоняется в сторону 3 и 4 кармана, а технологическая щепа меньшей смолистости (менее 13%) – в карманы 1 и 2. Таким образом, в процессе сортировки щепы необходимо в конструкции установки предусмотреть шторку для разделения технологической щепы на высокои низкосмолистую. Разделительную шторку

необходимо установить между карманами 2 и 3, а в нижней части установки два бункера для сбора технологической щепы.

С учетом проведённых экспериментальных исследований разработана технологическая схема переработки пневой древесины с использованием установки сортировки технологической щепы.

Очистка пневой древесины производится следующим образом (рис. 4).

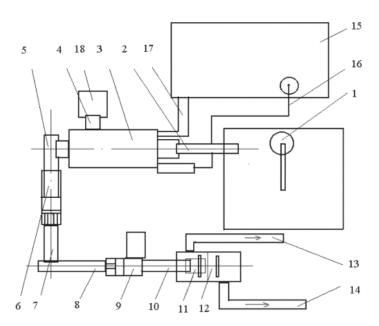


Рис. 4. Технологическая схема переработки спелого пневого осмола

Целые пни (спелый осмол), заготовленные путем корчевания, подвозятся погрузочно-транспортной машиной на площадку к загрузочному конвейеру. С помощью манипулятора I пни подаются на загрузочный конвейер 2 и конвейером в установку гидроимпульсной очистки 3. Целые пни при прохождении вдоль установки ЛО-107 подвергаются воздействию гидравлических импульсных струй, создаваемых гидроимпульсаторами. За счет этого происходит их очистка от грунта и гнили. Отходы попадают на вибросито, где происходит отделение воды, и затем удаляются ленточным конвейером 4. Очищенные пни выгружаются из установки гидроимпульсной очистки, попадают на выгрузочный конвейер 5 и подаются в приемный бункер 6 установки ЛО-109. Измельченные куски выгрузочным конвейером 7 и ленточным конвейером 8 подаются в рубильную машину 9 МРНП-30 для переработки в технологическую щепу. Полученная щепа скребковым конвейером 10 подается на подзаряжающий транспортёр 11, а затем в установку 12 для сортировки технологической щепы на высоко- и низкосмолистую ЛО-115. Пневмотрубопроводами 13 и 14 разделённая щепа поступает для дальнейшей переработки.

### Выводы

- 1. Разработан новый способ сортировки технологической щепы на мало- и высокосмолистую в постоянном электростатическом поле высокого напряжения с предварительной подзарядкой отрицательным зарядом и может быть рекомендован для промышленного внедрения.
- 2. Основываясь на законах физики и механики, получены математические зависимости отклонения технологической щепы при свободном падении в электростатическом поле.
- 3. Оптимальная величина выпрямленного высокого синусоидального напряжения для разделения щепы на высоко- и малосмолистую (критерий 13%) равна 75 кВ. Постоянное напряжение может меняться в пределах от 65 до 85 кВ. Напряжения, лежащие за этими пределами, неэффективны.
- 4. При установке в сепараторе свободного падения на уровне нижних кромок плоских электродов вертикальной твердой шторки разделяет технологическую щепу на две фракции соответственно ниже и выше 13% смолистости.
- 5. Разработаны схемы для технологического процесса лесозаготовительных предприятий с использованием предлагаемой

установки для переработки пневой древесины на технологическую щепу.

#### Список литературы

- 1. Баруллин В.Н. Сортировка древесных частиц в производстве древесно-стружечных плит. М.: Лесная промышленность, 1977.-45 с.
- 2. Вайс А.А. Отделение частиц коры от стружечной массы //Деревообрабатывающая промышленность. 1975. № 1. С. 5–6.
- 3. Гелес И.С. Биомасса дерева и ее использование / И.С. Гелес, З.А. Коржицкая. Петрозаводск, 1992. 230с.
- 4. Коробов В.В. Комплексное использование древесины / В.В. Коробов, Н.П. Рушнов. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 88 с.
- 5. Коробов В.В. Переработка низкокачественного сырья (проблемы безотходной технологии) / В.В. Коробов, Н.П. Рушнов. М.: Экология, 1991.-288 с.
- 6. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М.: Наука, 1968. 624 с.
- 7. А.с. 858920 СССР, МКИЗ В 03 С 1/00. Способ электростатического разделения материалов преимущественно древесины / Ю.Г. Санников, Ю.Г. Мыров,Ю.П. Ивонин, П.И. Ротаренко, и Г.А. Андреев (СССР). № 2788745/22-03; Заяв 02.07.79; Опубл. 30.08.81, Бил. № 32. 2 с.
- 8. Патент РФ № 2231395, МКИ7 В 03 С 7/00. Способ электростатического разделения древесных материалов по смолистости / И.А. Полянин, А.Я. Полянин (Россия). № 2002132607/03; Заявлено 12.04.02 Опубл. 27.06.2004 4 с.

#### References

- 1. Barullin V.N. Sort of wood particles in the production of wood-based panels. M.: Forest Industry, 1977. 45 p.
- 2. Weiss A.A. Branch bark particles from particleboard weight // Wood promyshlennost. 1975, no. 1. pp. 5-6
- 3. Geles I.S. Tree biomass and its use / I.S. Geles, Z.A. Korzhitskaya. Petrozavodsk, 1992. 230 p.
- 4. Korobov V. Integrated use of wood / V.V. Korobov, N. Rushni. M.: Forest. prom-st, 1981. 88.
- 5. Korobov V. Processing of low-grade raw materials (waste technology problems) / V. Korobov, N. Rushni. M.: Ecology, 1991. 288.
- 6. Tamm, IE Fundamentals of the theory of electricity. M. Science, 1968. 624 p.
- 7. s Certificate 858920 USSR MKI3 of 03 C 1 /00. Electrostatic separation method materials mainly wood / Y.G. Sannikov, Y. Myrov, Y.P. Ivonin, P.I. Rotarenko and G.A. Andreev (USSR). no. 2788745/22-03; Alleged 02/07/79; Publ. 08.30.81, Bill. no. 32. 2 p.
- 8. RF Patent number 2,231,395, MKI7 In 03 C 7 /00. Electrostatic separation method for wood materials gummosity / I.A. Polyanin, A.J. Polyanin (Russia). no. 2002132607 / 03; Reported 12.04.02 Publ. 27.06.2004. 4 p.

#### Репензенты:

Алибеков С.Я., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой машиностроения и материаловедения Поволжского государственного технологического университета, г. Йошкар-Ола;

Смирнов М.Ю., д.т.н., профессор, начальник центра профориентационной работы и довузовской подготовки Поволжского государственного технологического университета, г. Йошкар-Ола.

Работа поступила в редакцию 18.04.2014.