

## Совершенствование технологии сортировки по смолистости щепы, полученной из пневой и некондиционной древесины

И.А. Полянин<sup>a</sup>, В.Е. Макаров<sup>b</sup>

Поволжский государственный технологический университет, пл. Ленина 3, Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, Россия

<sup>a</sup>PolyaniinIA@volgatech.net, <sup>b</sup>MakarovVE@volgatech.net

Статья поступила 7.10.2016, принята 16.11.2016

*Рассмотрены вопросы сортировки в электростатическом поле по смолистости технологической щепы, полученной из пневой и некондиционной древесины. Получена математическая модель отклонения технологической щепы в электростатическом поле в зависимости от расстояния между электродами и напряжения между ними. Представлены результаты экспериментальных исследований по сортировке технологической щепы. Получены зависимости влияния смолистости и влажности технологической щепы на ее отклонение в постоянном электростатическом поле при свободном падении. Предложены технологические схемы сортировки щепы, полученной на лесозаготовительных предприятиях из пневой и некондиционной древесины. Сделаны основные выводы и рекомендации.*

**Ключевые слова:** технологическая схема; сортировка; технологическая щепка; смолистость; электростатическое поле; напряжение; пневая древесина; влажность.

## Advancing the sorting technology based on the gummosity of the pulpchips, obtained from stumpwood and non-standard timber

I.A. Polyaniin<sup>a</sup>, V.E. Makarov<sup>b</sup>

Volga State University of Technology, 3 Lenin Sq., Yoshkar-Ola, Republic of Mari El, Russia

<sup>a</sup>PolyaniinIA@volgatech.net, <sup>b</sup>MakarovVE@volgatech.net

Received 7.10.2016, accepted 16.11.2016

*The article deals with the issue of sorting in the electrostatic field the pulpchips, obtained from stumpwood and non-standard timber, on its gummosity. Mathematical model has been received for the pulpchips deviations in the electrostatic field, depending on the distance between the electrodes and the voltage between them. Results of experimental research on sorting the pulpchips have been presented. Dependences have been obtained for the influence of pulpchips gummosity and humidity on the deviation in constant electrostatic field in free fall. Flow diagrams have been offered for sorting the pulpchips, obtained from stumpwood and non-standard timber. Conclusions and recommendations have been also proposed.*

**Key words:** technological scheme; sorting; pulpchips; gummosity; electrostatic field; voltage; stumpwood; humidity.

### Введение

Одними из важнейших условий успешного выполнения задач в области лесной промышленности являются повышение механизации технологических процессов и внедрение передовой ресурсосберегающей технологии на основе полного использования биомассы всех видов сырья лесозаготовительного производства. Полное использование биомассы дерева подразумевает широкое применение побочных видов сырья — пневой древесины, горбыля, сучьев, вершинок дерева и т. д., которые при современных условиях лесозаготовок составляют 15–25 % от общего объема заготавливаемой древесины. Кроме того, полное использование отходов деревообрабатывающих предприятий является одним из факторов безотходной технологии производства [1–3].

Большое народнохозяйственное значение имеет использование отходов лесопиления и деревообработки, а также пневой древесины для производства технологи-

ческой щепы как исходного материала для целлюлозно-бумажной отрасли и гидролизных предприятий.

Основным сырьем для канифольно-экстракционных и смоло-скипидарных предприятий являются просолившаяся 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. В качестве сырья для канифольно-экстракционного производства наиболее рационально использовать древесину и пни свежей порубки путем отделения смолистой части дерева от не смолистой. Свежие пни и отходы перерабатывающих предприятий следует превращать в технологическую щепу и сортировать ее на щепу малой (менее 13 %) и высокой (выше 13 %) смолистости. Первая может быть успешно использована на целлюлозно-бумажных комбинатах, вторая — на канифольно-экстракционных и смоло-скипидарных предприятиях.

**Цель исследования.** Совершенствование эффективности электростатической сортировки технологической щепы из пневмой древесины для канифольно-экстракционных и целлюлозно-бумажных предприятий лесного комплекса.

**Постановка и решение задач, направленных на достижение цели.** В отечественной и зарубежной практике промышленного производства существуют различные способы сортировки твердых и сыпучих материалов, однако специфические особенности сортировки технологической щепы по смолистости исключают использование известных технологий для ее разделения на высоко- и низкосмолистую. Единственным способом, позволяющим достичь положительного результата, на наш взгляд, является разделение технологической щепы с помощью электростатического сепаратора [4–8].

В Сибирском технологическом институте разработан способ отделения частиц коры от стружечной массы в электрическом поле в специальном сепараторе с биполярной короной [10]. Основные узлы сепаратора — проволочные и пластинчатые электроды. Принцип работы сепаратора заключается в создании поля коронного разряда путем подачи на электроды высокого полярного напряжения. При этом стружечная смесь равномерно сбрасывается с транспортера по направляющей в поле с биполярной короной, частицы коры приобретают избыточный отрицательный заряд и перемещаются в сторону положительных электродов, собираясь в секции приемного бункера. Древесные частицы приобретают положительный заряд и перемещаются к отрицательным электродам.

В КирНИИЛПе (Кировский научно-исследовательский и проектный институт лесной промышленности) разработан способ сортировки технологической щепы по смолистости, в основу которого положен принцип электростатического разделения материалов, включающий доведение до одинаковой степени влажности и обработку исходного материала в электрическом поле [11].

Предлагаемый способ [11] осуществляют в сепараторе свободного падения, конструкция которого включает электроды размером 1000x1000 мм, размещенные под углом к вертикали, причем, расстояние между электродами сверху и внизу составляет соответственно 100 и 200 мм. На электроды подают напряжение 100 кВ, при этом в межэлектродном пространстве образуется электростатическое поле, напряженность которого находится в пределах от 5 до 10 кВ/см. Пневмой 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, их диэлектрические свойства 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 энергоемкость.

**Математическое моделирование.** Нами установлено, что в однородном электрическом поле за появление пондеромоторных сил ответственны только свободные электрические заряды, поэтому со стороны электрического поля напряженностью  $\vec{E}$  на диэлектрический заряженный шар действует сила:

$$\vec{F} = Ne\vec{E}, \quad (1)$$

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

Как известно [12], напряженность поля плоского конденсатора имеет величину:

$$E = \frac{U_0}{d}, \quad (2)$$

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

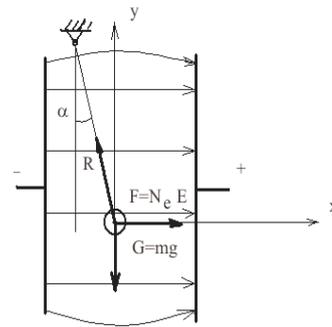


Рис. 1. Смещение щепы в электрическом поле

Полагая щепу подвешенной на невесомой, электрически нейтральной нити, которая в проекции на ось  $x$  (рис. 1) будет иметь вид:

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

в проекции на ось ординат  $y$  имеет:

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

откуда непосредственно находим:

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

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

Если задана длина нити  $l_0$ , то смещение щепы в электрическом поле будет:

$$l = l_0 \sin \alpha = l_0 \sin \operatorname{arctg} \frac{\rho U_0}{G(l_1 + l_2)}, \quad (4)$$

или, заменяя объемный заряд, получим:

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

где  $F$  — сила притяжения щепы к пластине.

**Результаты исследования.** 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 % [13; 14]. Исследования проводились на экспериментальной установке (рис. 2), дающей электрическое поле выпрямленного синусоидального напряжения [15].

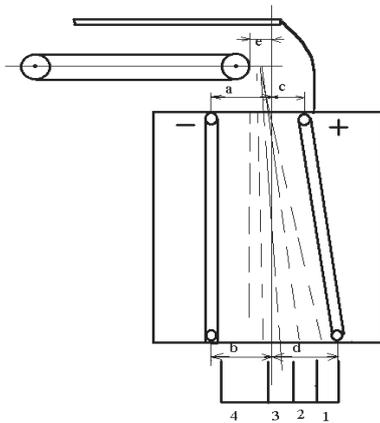


Рис. 2. Сортировка технологической щепы по смолистости

Для усиления эффекта сортировки по смолистости щепы предварительно заряжалась отрицательными зарядами. Зарядка осуществлялась на подающем транспортере, при подаче 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 мин. 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 ее 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 на рис. 2) [15; 16].

На движение и сортировку технологической щепы существенное влияние оказывает положение электродов (пластин). В ходе экспериментов плоские электроды (имея подвижность за счет разработанного крепления) устанавливались на различном расстоянии от вертикальной оси сепаратора, а также 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 (рис. 2) [15; 16].

Экспериментальные исследования по разделению технологической щепы в электрическом поле по степени смолистости проводились со щепой с заранее известным процентом смолистости и влажности. Результаты исследований для смолистости: 22, 17 и 13 % при напряжении между электродами 75 кВ (табл. 1). Графическая зависимость влияния величины смолистости технологической щепы на величину ее отклонения показана на рис. 3.

Таблица 1

Влияние смолистости щепы на величину ее 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

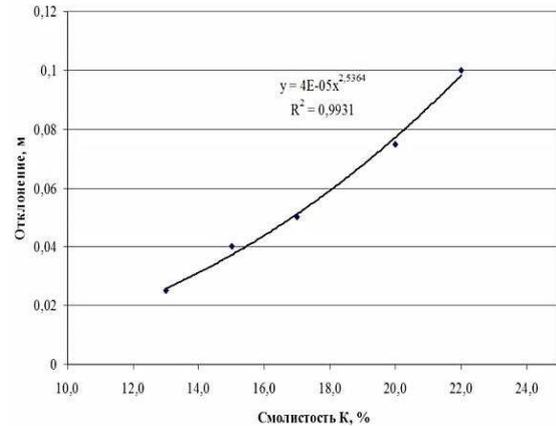


Рис. 3. Зависимость отклонения щепы от величины ее смолистости

Существенное влияние на сортировку технологической щепы оказывает ее влажность. Исследуемая щепка увлажнялась в отдельном сосуде до влажности более 60 %, затем, в ходе экспериментов, подсушивалась до влажности: 60, 24, 23, 22, 15, 14, 7 %. Влажность щепы измерялась электронным влагомером. Объем щепы измерялся весовым способом, на весах с точностью до 0,1 г [17–19].

Как показали проведенные исследования, щепка повышенной влажности (60 %) сильнее отклоняется в сторону отрицательного электрода. В этом случае влияние влажности сказывается больше, чем величина смолистости. С уменьшением влажности до 22 % это влияние значительно уменьшается — щепка отклоняется в область кармана 2, как и при влажности 7,3 %. Как и для щепы естественного просмоления, влажность в пределах от 7 до 22 % мало влияет на отклонение щепы, и в этом диапазоне возможна сортировка технологической щепы с помощью постоянного напряжения на высоко- и малосмолистую.

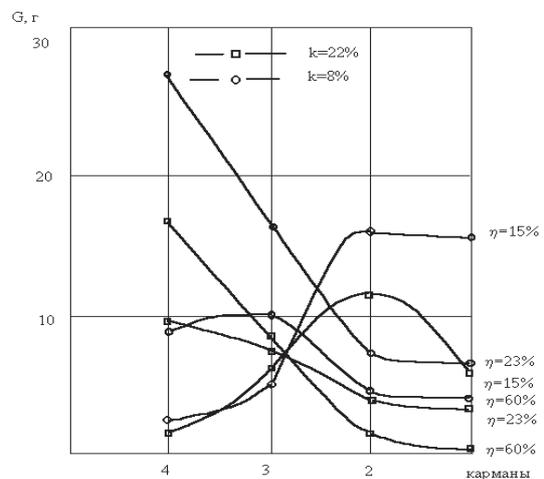


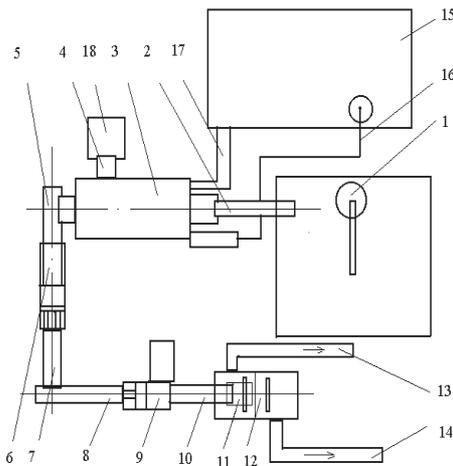
Рис. 4. Влияние влажности щепы на ее сортировку: G — вес технологической щепы;  $\eta$  — влажность щепы; k — смолистость щепы

**Интерпретация и анализ результатов.** В ходе экспериментов изменялись положение электродов относительно осевой линии и величина подаваемого на электроды высокого напряжения. Было установлено, что при влажности от 13 до 28 % наилучшее разделение щепы происходит при напряжении 75 кВ и положении электродов, характеризующемся следующими величинами параметров:  $a = 5$  см,  $b = 20$  см,  $c = 15$  см,  $d = 40$  см,  $e = 17$  см. При данных начальных параметрах технологическая щепка повышенной смолистости в основном отклонялась к отрицательному электроду, а щепка малой смолистости — к положительному электроду.

Как показывают экспериментальные исследования, щепка с повышенной смолистостью (более 13 %) отклоняется в сторону карманов 3 и 4, а технологическая щепка меньшей смолистости (менее 13 %) в карманы 1 и 2. Таким образом, в процессе сортировки щепы в конструкции установки необходимо предусмотреть шторку для разделения технологической щепы на высоко- и низкосмолистую. Необходимо установить между карманами 2 и 3 разделительную шторку, а в нижней части установки — два бункера для сбора технологической щепы.

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

Очистка пневмой древесины производится следующим образом (рис. 5).



**Рис. 5.** Технологическая схема переработки спелого пневного осмола

Целые пни (спелый осмол), заготовленные путем корчевания, подвозятся погрузочно-транспортной машиной на площадку к загрузочному конвейеру. С помощью манипулятора 1 пни подаются на загрузочный конвейер 2 и направляются 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 МРПП-30 для переработки в тех-

нологическую щепу. Полученная щепка скребковым конвейером 10 подается на подзаряжающий транспортер 11, а затем в установку 12 (ЛО-115) для сортировки технологической щепы на высоко- и низкосмолистую. Через пневмотрубопроводы 13 и 14 разделенная щепка поступает для дальнейшей переработки.

### Выводы

1. Разработан и может быть рекомендован для промышленного внедрения новый способ сортировки технологической щепы на мало- и высокосмолистую в постоянном электростатическом поле высокого напряжения с предварительной подзарядкой отрицательным зарядом.

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, не эффективны.

4. Технологическая щепка повышенной влажности (60 %) сильнее отклоняется в сторону отрицательного электрода. В этом случае влияние влажности на отклонение щепы сказывается больше, чем величина смолистости. С уменьшением влажности до 22 % это влияние значительно уменьшается, а в пределах от 7 до 22 % мало влияет на отклонение щепы. В этом диапазоне возможна сортировка технологической щепы с помощью постоянного напряжения на высоко- и малосмолистую.

5. 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.

6. Разработаны схемы для технологического процесса лесозаготовительных предприятий с использованием предлагаемой установки для переработки пневмой древесины на технологическую щепу.

### Литература

1. Гелес, И.С., Коржицкая З.А. Биомасса дерева и ее использование. Петрозаводск, 1992. 230 с.
2. Коробов В.В., Рушнов Н.П. Комплексное использование древесины. М.: Лесная промышленность, 1981. 88 с.
3. Коробов В.В., Рушнов Н.П. Переработка низкокачественного сырья (проблемы безотходной технологии). М.: Экология, 1991. 288 с.
4. Баруллин В.Н. Сортировка древесных частиц в производстве древесно-стружечных плит. М.: Лесная промышленность, 1977. 45 с.
5. Induction Sorting System ISS [Электронный ресурс] = Индукционная система сортировки // Magnetic Separations Ltd: компания. URL. <http://www.magneticseparations.com/products/recycling/induction-sorting-system-iss>. (дата обращения: 16.04.2016).
6. Apparatus for sorting wood chips in separate fractions: [Электронный ресурс] (Аппарат для разделения древесной щепы на фракции): заявка США US2004035763 / автор KOKKO PEKKA; патентообладатели KOKKO PEKKA, ANDRITZ OY (FL). заявл. 19.09.01; опубл. 26.02.04 (сортировка щепы по толщине за счет

взаимодействия с импульсным воздушным потоком). URL: <http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=2004035763A1&KC=A1&FT=D> (дата обращения: 14.05. 2016).

7. Apparatus for sorting wood chips in separate fractions [Электронный ресурс]: заявка США US7328808 (Аппарат для разделения древесной щепы на фракции) / автор КОККО ПЕККА (FL); патентообладатель ANDRITZ OY (FL). заявл. 19.09.01; опубл. 12.02.08. URL: <http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=7328808B2&KC=B2&FT=Dhttps://www.google.com/patents/US7328808> (дата обращения: 14.05. 2016).

8. Рябков В.М., Пронкин А.А. Анализ методов и технических средств идентификации параметров щепы в производстве древесностружечных плит // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2012. № 34. С. 88-89.

9. Васильев С.Б. Изучение возможности сортирования щепы по толщине на плоских гирационных сортировках // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. 2005. № 172. С. 105-111.

10. Вайс А.А. Отделение частиц коры от стружечной массы // Деревообрабатывающая промышленность. 1975. № 1. С. 5-6.

11. Санныков Ю.Г., Мыров Ю.Г., Ивонин Ю.П., Ротаренко П.И., Андреев Г.А. Способ электростатического разделения материалов преимущественно древесины: а.с. 858920 СССР. № 2788745/22-03; заяв 02.07.79; опубл. 30.08.81, Бюл. № 32. 2 с.

12. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М.: Наука, 1968. 624 с.

13. Ding F., Benaoudia M., Bédard P., Lanouette R., Lejeune C., Gagné P. Wood chip physical quality definition and measurement = Определение и измерение физических свойств древесной щепы) // Pulp & Paper Canada. 2005. Vol. 3, № 106: 2. С. 27-32.

14. Рябков В.М., Пронкин А.А. Анализ методов и технических средств идентификации параметров щепы в производстве древесностружечных плит // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2012. № 34. С. 88-89.

15. Полянин И.А., Полянин А.Я. Устройство для сортировки древесных материалов в электростатическом поле по смолистости: пат. 2235607 Рос. Федерация. № 2003103199/03; заявл. 03.02.03; опубл. 10.09.03, Бюл. № 3. 4 с.

16. Полянин И.А., Полянин А.Я. Способ электростатического разделения древесных материалов по смолистости: пат. 2231395 Рос. Федерация. № 2002132607/03; заявл. 12.04.02; опубл. 27.06.04, Бюл. № 10. 4 с.

17. Humimeter online wood chips moisture transmitter [Электронный ресурс] = Измеритель влажности древесной щепы в непрерывном режиме // Schaller Anniversary: компания. URL: <http://www.humi-meter.com/bioenergy/online-wood-chips-moisture-trans-mitter/> (дата обращения: 03.09.2016).

18. Системы непрерывного бесконтактного измерения влажности [Электронный ресурс] // Интернет-сайт компании «MoistTech Corp.». URL: <http://www.moisttech.com/wood-moisture/> (дата обращения: 04.09.2016).

19. Kofman, Pieter D. Quality wood chip fuel [Электронный ресурс] = Качество топлива из древесной щепы. URL: [http://www.seai.ie/Renewables/Bioenergy/Quality\\_wood\\_chip\\_fuel.pdf](http://www.seai.ie/Renewables/Bioenergy/Quality_wood_chip_fuel.pdf) (дата обращения: 05.04. 2016).

20. Суровцева Л.С., Иванов Д.В., Царева М.М. Анализ параметров технологической щепы, используемой в целлюлозно-бумажной промышленности // Изв. высш. учеб. заведений. Лесной журнал. 2004. № 6. С. 48-52.

3. Korobov V.V., Rushnov N.P. Processing of low-grade raw materials (waste technology issues). М.: Ekologiya, 1991. 288 p.

4. Barullin V.N. Sorting of wood particles in the manufacture of particle boards. М.: Lesnaya promyshlennost', 1977. 45 p.

5. Induction Sorting System ISS: [Elektronnyi resurs] // Magnetic Separations Ltd: kompaniya. URL: <http://www.magneticseparations.com/products/recycling/induction-sorting-system-iss>. (data obrashcheniya: 16.04.2016).

6. Apparatus for sorting wood chips in separate fractions: [Elektronnyi resurs]: заявка SShA US2004035763 / avtor КОККО ПЕККА; patentoobladateli КОККО ПЕККА, ANDRITZ OY (FL). заявл. 19.09.01; opubl. 26.02.04. URL: <http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=2004035763A1&KC=A1&FT=D> (data obrashcheniya: 14.05.2016).

7. Apparatus for sorting wood chips in separate fractions: [Elektronnyi resurs]: заявка SShA US7328808 / avtor КОККО ПЕККА (FL); patentoobladatel' ANDRITZ OY (FL). заявл. 19.09.01; opubl. 12.02.08. URL: <http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=7328808B2&KC=B2&FT=D> <https://www.google.com/patents/US7328808> (data obrashcheniya: 14.05.2016).

8. Ryabkov V.M., Pronkin A.A. Analysis of methods and means of identification chip parameters in the production of particle boards // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa. 2012. № 34. P. 88-89.

9. Vasil'ev S.B. Studying the possibility of sorting the chip in thickness on flat gyratory sort orders // Izvestia SPbLTA. 2005. № 172. P. 105-111.

10. Vais A.A. Separation of bark particles from particleboard masses // Derevoobrabativaushaya promishlennost' (Woodworking industry). 1975. № 1. P. 5-6.

11. Sannikov Yu.G., Myrov Yu.G., Ivonin Yu.P., Rotarenko P.I., Andreev G.A. The process of electrostatic separation of materials mainly wood: a.s. 858920 SSSR. № 2788745/22-03; заяв 02.07.79; opubl. 30.08.81, Byul. № 32. 2 p.

12. Tamm I.E. Fundamentals of the theory of electricity. М.: Nauka, 1968. 624 p.

13. Ding F., Benaoudia M., Bédard P., Lanouette R., Lejeune C., Gagné P. Wood chip physical quality definition and measurement // Pulp & Paper Canada. 2005. Vol. 3, № 106: 2. P. 27-32.

14. Ryabkov V.M., Pronkin A.A. Analysis of methods and means of identification chip parameters in the production of particle boards // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa. 2012. № 34. P. 88-89.

15. Polyaniin I.A., Polyaniin A.Ya. An apparatus for sorting wood materials in the electrostatic field on gummosity: pat.2235607 Ros. Federatsiya. № 2003103199/03; заявл. 03.02.03; opubl. 10.09.03, Byul. № 3. 4 p.

16. Polyaniin I.A., Polyaniin A.Ya. A method of electrostatic separation of woody materials on gummosity: pat. 2231395 Ros. Federatsiya. № 2002132607/03; заявл. 12.04.02; opubl. 27.06.04, Byul. № 10. 4 p.

17. Humimeter online wood chips moisture transmitter: [Elektronnyi resurs] // Schaller Anniversary: kompaniya. URL: <http://www.humimeter.com/bioenergy/online-wood-chips-moisture-transmitter/> (data obrashcheniya: 03.09.2016).

18. Systems of continuous contactless measurement of humidity: [Elektronnyi resurs] // Internet-sait kompanii «MoistTech Corp.». URL: <http://www.moisttech.com/wood-moisture/> (data obrashcheniya: 04.09.2016).

19. Kofman, Pieter D. Quality wood chip fuel: [Elektronnyi resurs]. URL: [http://www.seai.ie/Renewables/Bioenergy/Quality\\_wood\\_chip\\_fuel.pdf](http://www.seai.ie/Renewables/Bioenergy/Quality_wood_chip_fuel.pdf) (data obrashcheniya: 05.04.2016).

20. Surovtseva L.S., Ivanov D.V., Tsareva M.M. The analysis of parameters of the technological chips used in pulp and paper industry // Bulletin of higher educational institutions. Lesnoy zhurnal. 2004. № 6. P. 48-52.

## References

1. Geles I.S., Korzhitskaya Z.A. The biomass of wood and its use. Petrozavodsk, 1992. 230 p.

2. Korobov V.V., Rushnov N.P. Complex use of wood. М.: Lesnaya promyshlennost', 1981. 88 p.