

## РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

кандидат технических наук, доцент **М.А. Зырянов**

магистрант **С.В. Сыромятников**

Лесосибирский филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», г. Лесосибирск, Российская Федерация

В настоящее время на территории лесосеки лесозаготовители оставляют от 20 до 30 % отходов, к которым относится низкотоварная древесина в виде вершин, сучьев, ветвей, пней, надломленных деревьев. Дальнейшее использование такого рода древесины идет на сжигание и захоронение на территории лесосеки при больших затратах машинного и трудового времени. На наш взгляд, отходы лесозаготовок являются ценной сырьевой базой для лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств и их можно и нужно использовать для дальнейшей переработки в древесноволокнистый полуфабрикат. Существующие технологии и оборудование по переработке порубочных остатков не позволяют в полной мере получать готовую продукцию в виде древесного волокна. В результате переработки лесосечных отходов по современным технологиям можно получить готовую продукцию из дровяных дров и топливной щепы. Разработанные нами технология и оборудование позволят получать древесноволокнистый полуфабрикат из лесосечных отходов на территории лесосеки. Такое древесное волокно может использоваться как дополнительное сырье в производстве древесноволокнистых плит различной плотности, которые могут найти применение в домостроении, мебелестроении и т.п. Предложена конструкция роторно-ножевой мельницы, позволяющей получать древесное волокно из отходов лесозаготовок. Предлагаемая роторно-ножевая мельница согласуется с различными существующими в лесопромышленном комплексе технологиями заготовки древесины. Таким образом, использование мельницы позволяет вовлекать в производство волокна в качестве сырья порубочные остатки. Более полное использование лесных ресурсов даст отечественному лесному комплексу не только дополнительную доходность, но и улучшит санитарное состояние, обеспечит снижение пожарной опасности на вырубленных лесных площадях.

**Ключевые слова:** размол, древесноволокнистый полуфабрикат, роторно-ножевая мельница, лесосечные отходы, комплексное использование древесины, гидродинамическая среда, аэродинамическая среда

## DEVELOPMENT OF ACTIVITIES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF PROCESSING OF PHYTOGENOUS INDUSTRIAL WASTE

PhD (Engineering), Associate Professor **M.A. Zyryanov**

Master's Degree Student **S.V. Syromyatnikov**

Lesosibirsk Branch of FSBEI HE Siberian State University of Science and Technology  
named after Academician M.F. Reshetnev, Lesosibirsk, Russian Federation

### Abstract

At present, loggers leave from 20 to 30% of waste on the territory, which includes low-grade wood in the form of tree-tops, limbs, branches, stumps, broken trees. Further use of this kind of wood is burning and disposing in the cutting area at high costs of machine and labor time. In our opinion, logging waste is a valuable raw material base for logging and wood processing industries and can and should be used for further processing into semi-finished wood fiber. Existing technologies and equipment for the processing of wood residue do not enable receive finished products in the form of wood fiber to the full extent. It is possible to obtain finished products from firewood and fuel chips as a

result of processing of logging waste using modern technologies. The technology and equipment developed by us makes it possible to obtain a fiber semi-finished product from logging waste on the territory of the cutting area. Such wood fiber can be used as an additional raw material in the production of fiberboard of various densities, which can be used in house building, furniture construction, etc. The design of the rotor-cutting mill is suggested. It allows obtaining wood fiber from logging waste. The proposed rotary-cutting mill is consistent with various wood harvesting technologies that exist in the timber industry. Thus, the use of the mill enables to use logging residues as a raw material for the fiber production. A more complete use of forest resources will not only give an additional return to the domestic forest complex, but will also improve the sanitary condition and ensure a reduction in fire danger on felled forest areas.

**Keywords:** grinding, fiber semi-finished product, rotary-cutting mill, logging waste, integrated use of wood, hydrodynamic environment, aerodynamic environment

### Введение

В процессе лесозаготовительных работ образуются отходы, к которым принято относить: ветки и сучья, вершину, крону, мелкие деревья, кустарники, надломленные деревья, пни и корни [4]. Количество лесосечных отходов может достигать до 25 % относительно стволовой части растущего дерева [3, 8]. В России с 2013 по 2017 г. лесосечные отходы составляли свыше 22 млн м<sup>3</sup> в год. Стоит отметить, что только 2 млн м<sup>3</sup> в год отходов используется рационально, а остальной объем подвергается сжиганию и захоронению на территории лесосеки с большой затратой рабочего и машинного времени [3, 12].

Для решения задачи повышения эффективности использования промышленных отходов растительного происхождения разработана система комплексной переработки древесины, которая позволяет сортировать по видам и породам отходы растительного происхождения, транспортировать и перерабатывать их в кондиционную щепу.

С целью реализации системы был разработан способ сортировки порубочных остатков, который характеризуется механизацией операции сортировки порубочных остатков по их видам и породам [10].

Для осуществления данного способа был разработан прицеп форвардера, который позволяет осуществлять сортировку и транспортировку веток, вершин и сучьев [4, 9].

Одним из приоритетных направлений использования отсортированных по видам и породам отходов можно перерабатывать в кондиционную щепу. В результате с целью получения кондиционной щепы из порубочных остатков в систему

комплексной переработки лесосечных отходов использования древесины включена усовершенствованная модернизированная мобильная много-резцовая рубительная машина, позволяющая перерабатывать лесосечные отходы в кондиционную щепу [4].

В дальнейшем щепы, полученная из отходов лесозаготовок, используется в производстве твердого топлива в виде древесных пеллет или подвергается сжиганию на территории лесосеки [6, 7]. На наш взгляд, приоритетным направлением использования щепы из лесосечных отходов является получение древесноволокнистого полуфабриката, который можно использовать в качестве дополнительного сырья в производстве плитной или целлюлозно-бумажной продукции [1, 11, 13].

Существующее размалывающее оборудование не позволяет получать древесноволокнистый полуфабрикат в условиях лесозаготовок ввиду того, что размол на таком оборудовании осуществляется в водной среде, где значительная часть энергии расходуется на преодоление гидродинамического сопротивления, а также отсутствие мобильности существующего размалывающего оборудования [5, 14, 15].

В результате вышесказанного, целью настоящей работы является повышение эффективности использования отходов лесозаготовок за счет внедрения в систему комплексного использования древесины усовершенствованного размалывающего устройства, позволяющего получать древесноволокнистый полуфабрикат из порубочных остатков на территории лесозаготовок.

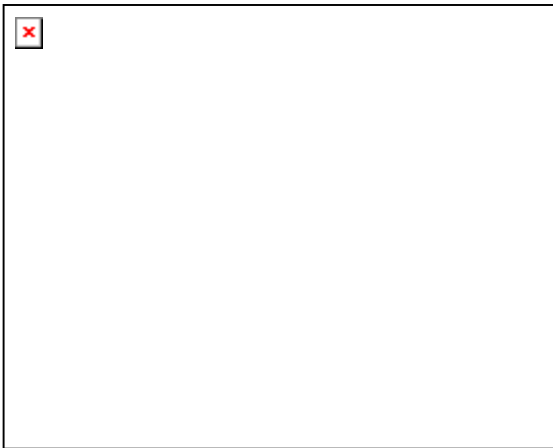


Рис. 1. Роторно-ножевая мельница

### Материалы и методы

Материалами исследования в процессе работы послужили научные статьи, размещённые в журналах, публикации, диссертации, учебная литература и электронные ресурсы.

Для достижения цели исследования используется системный и комплексный подход. Применительно к научной проблематике использован комплекс современных методов исследований: числового моделирования, физической, математического планирования и статистического анализа.

Усовершенствованная роторно-ножевая мельница (рис. 1) работает следующим образом: щепа поступает через загрузочный патрубок 1 в первую зону размола, характеризующуюся механическим воздействием на щепу и пучки волокон [2]. В первой зоне происходит размол щепы и пучков волокон в регулируемом рабочем зазоре величиной от 0,1 мм до 5 мм между ножами 2 с углом заострения 33°-36°, установленными по четыре ножа в каждую из двух фрез 3 и контрножом 4 с углом заострения 40°-45° за счет сил резания, смятия, сплющивания. После того, как древесные волокна выходят из рабочего зазора, они попадают во вторую зону размола, характеризующуюся роспуском, мятием, разбиванием и фибриллизацией древесных волокон в пространстве между ножами ротора 2 и поверхностью сепараторов 5. Древесное волокно, имеющие требуемые геометрические размеры, проходит через отверстия сепараторов 5 и попадает в отсек между двух открывающихся люков 6 и крышки 7. После наполнения отсека люки 6 открываются, и

полученный древесноволокнистый полуфабрикат выгружается.

### Результаты и обсуждение

Конструктивными особенностями данной роторно-ножевой мельницы являются нож с ножевыми отверстиями (рис. 2) и сектора рифленых планок (рис. 5).

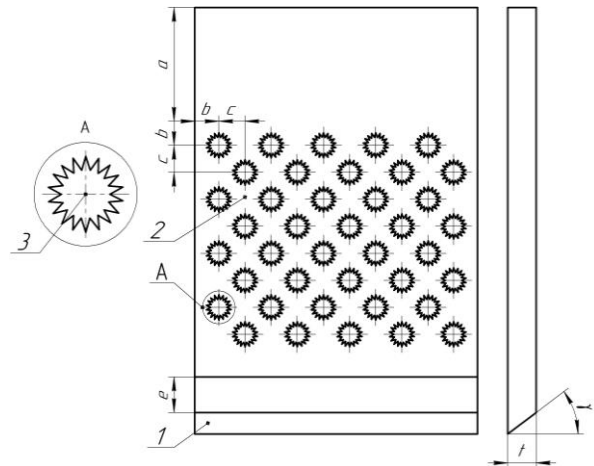


Рис. 2. Нож ротора с ножевыми отверстиями

Как показано на рис. 1, расстояние от вершины основания до отверстий, предназначенное для крепления устройства в держателе, должно составлять  $a = 70-80$  мм. Отверстия выполнены таким образом, чтобы межосевое расстояние составляло  $b = 17-19$  мм, а между осями и краем основания  $c = 20-22$  мм. Расстояние от передней грани ножа до маркера индикации износа составляет  $e = 20-25$  мм и предназначено для запаса металла перед заточкой ножа. Угол наклона передней грани составляет  $\gamma = 35-37^\circ$  для создания необходимого удельного давления в зазоре между ротором и статором, которое необходимо для размола древесных частиц. Толщина основания ножа составляет  $t = 20-25$  мм.

Каждое отверстие имеет 18 острых зубьев (рис. 2), высота которых составляет  $h = 0,5-1,0$  мм и углом при вершине  $\alpha = 39-41^\circ$ .

В процессе переработки в роторно-ножевой мельнице происходит размол древесных частиц передней гранью 1, которое сопровождается силами смятия, раздавливания и резания. Далее волокна, имеющие требуемые геометрические размеры, проходят через отверстия 3, выполненные в

основании ножа 2, и подвергаются дополнительному фибриллированию благодаря острым зубьям. Зубья высотой  $h = 0,5-1,0$  мм и углом при вершине  $\alpha = 39-41^\circ$  (рис. 3) способствуют как внутреннему, так и внешнему фибриллированию, разделению волокна по фракциям и при этом не уменьшают площадь проходного сечения отверстия.

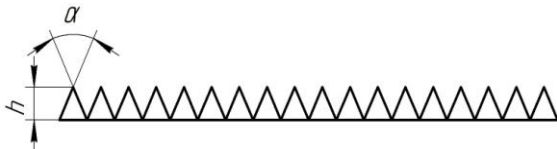


Рис. 3. Развертка отверстия с острыми зубьями

Сохранение постоянства выступа устройства и величины рабочего зазора осуществляется с помощью двух регулировочных отверстий 4 (рис. 4). Регулировочные отверстия 4 расположены на расстоянии  $k = 15-20$  мм от боковой грани устройства.

Рифленая планка (рис. 5) состоит из ножей 1 в количестве 25 шт., межножевых ячеек 2, отверстий с зубьями 3, выполненных в межножевых ячейках, в количестве 26 шт. на каждой.

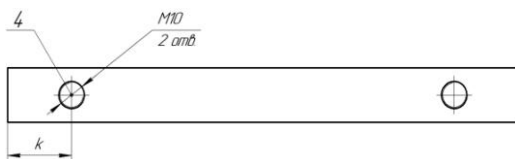


Рис. 4. Регулировочные отверстия ножа

Как показано на рис. 5, толщина рифленой планки составляет  $t = 9-12$  мм и ширина составляет  $b_1 = 190-200$  мм при главном угле, равном  $\alpha = 40-43^\circ$  (рис. 6).

Ширина межножевой ячейки составляет  $b_2 = 5-6$  (рис. 6). Ширина ножа планки составляет  $l = 3-4$  мм, а высота составляет  $h_1 = 1-2$  мм (рис. 6).

Таким образом, соотношение ширины ячейки к высоте ножа каждой планки равно  $3/2$  при циклической элементарной длине размола, равной  $46,2-51,7$  м. Если данное соотношение размеров ширины ячейки и длины ножа больше 3, то циркуляция древесноволокнистой массы в межножевой ячейке практически будет отсутствовать, канавки просто забьются массой, снижая ударную нагрузку на кромки ножа, образуя ровную поверхность. Соотношение размеров с размерами

меньше 2 будет способствовать снижению прочности ножа рифленой планки и повышенному износу рабочей поверхности ножей.

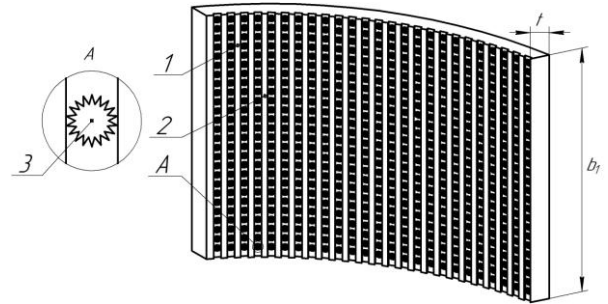


Рис. 5. Сектор рифленой планки с ножевыми отверстиями

При таком соотношении количество движущихся точек пересечения ножей планок статора с ножами крестовины ротора остается постоянным и равно единице, что способствует повышению эффективности размола растительного сырья и улучшению качества получаемого древесноволокнистого полуфабриката.

Каждое отверстие имеет 18 острых зубьев (рис. 7), высота которых составляет  $h_1 = 0,7-1,0$  мм и угол при вершине  $\beta = 33-35^\circ$ .

Отличительной особенностью предлагаемой размалывающей установки является размол, проводимый в три стадии. Рассмотрим более детально процесс размола древесины в предлагаемой роторно-ножевой установке, разбив процесс на стадии.

Первая (начальная) стадия процесса размола (рис. 8) будет происходить в зазоре между контр-ножом 1 и ножом фрезы 2. На данной стадии размола происходит разрушение относительно крупных частиц. Необходимо принять во внимание тот факт, что при попадании в размольную камеру древесина имеет различный размер частиц. Исходя из этого, на первой стадии размола будет происходить механическое воздействие на древесные частицы, в результате чего они будут способны размалывать непосредственно на второй стадии процесса размола ввиду уменьшенных геометрических размеров.

Вторая (промежуточная) стадия процесса размола (рис. 9) будет происходить в зоне контакта ножа фрезы 2 и впадины между рифлеными планками 1. На данной стадии размола происходит

разрушение тех древесных частиц, которые уже не подлежат размолу на первой стадии и не способны пройти третью стадию ввиду их относительно большого размера по сравнению с размерами отверстий непосредственно рифленых планок.

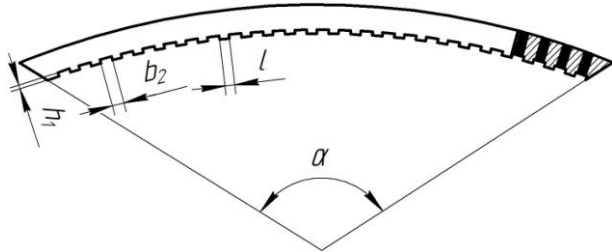


Рис. 6. Рифленая планка в разрезе

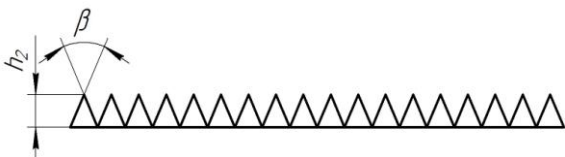


Рис. 7. Развертка ножевого отверстия рифленой планки

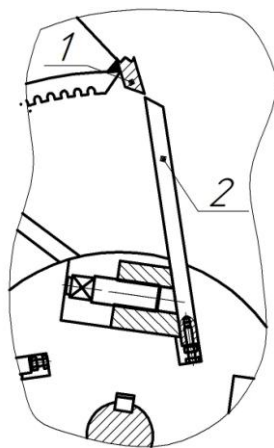


Рис. 8. Первая стадия размола

Третья (заключительная) стадия процесса размола (рис. 10) будет происходить в зазоре между рифленой планкой 1 и ножом фрезы 2. На данной стадии размола происходит окончательное разрушение древесных частиц, которое происходит следующим образом: при надвигании ножа фрезы на ножи рифленой планки происходит смятие древесной частицы; после прохождения ножа рифленой планки происходит частичное отделение древесины; отделившаяся древесина попадает в отверстие рифленой планки, а оставшаяся

древесина движется к следующему ножу рифленой планки, и эффект повторяется снова.

### Выводы

Разработанная роторно-ножевая мельница имеет ряд преимуществ по сравнению с существующими аналогами:

- способность получать древесноволокнистый полуфабрикат на территории лесосеки за счет мобильности установки;
- получение древесноволокнистой массы в аэродинамической среде, что исключает большие расходы энергии на преодоление гидродинамического сопротивления, а также сточные воды, что улучшает экологическую обстановку.

Как показали результаты литературных и экспериментальных [1-15] исследований, внедрение усовершенствованной роторно-ножевой мельницы в систему комплексной переработки древесины позволит повысить эффективность использования лесосечных отходов с 10 % до 80 % за счет получения древесного волокна. Древесное волокно можно использовать в качестве дополнительного сырья в производстве плитной продукции, домостроении, мебельстроении и т. п.

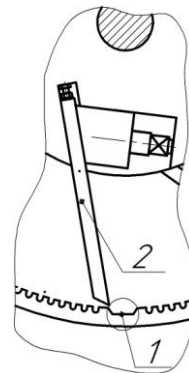


Рис. 9. Вторая стадия размола

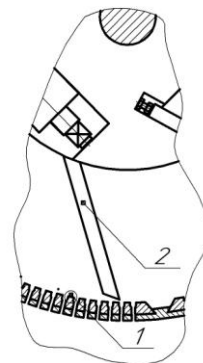


Рис. 10. Третья стадия размола

*Исследование выполнено при поддержке Красноярского краевого фонда науки в рамках конкурса по организации участия студентов,*

*аспирантов и молодых ученых в конференциях, научных мероприятиях и стажировках 2018 года*

### Библиографический список

1. Pizzi, A. Advanced Wood Adhesives Technology / A. Pizzi. – Basel : Marcel Dekker Inc., 1994. – 289 p.
2. Alber, W. Der Einfluss des Feinstoffs auf die Faserstoff- und Papiereigenschaften / W. Alber, K. Erhard, B. Reinhardt // Wochenbl. Papierfabr. : Fachzeitschrift für die Papier-, Pappen- und Zellstoff-Industrie. – 2000. – № 19. – S. 1308-1312.
3. Рациональное природопользование в условиях устойчивого развития экономики промышленных предприятий лесного комплекса / Ю. А. Безруких, С. О. Медведев, Ю. Д. Алашкевич, А. П. Мохирев // Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 12-2. – С. 994-996.
4. Зырянов, М. А. Проектирование и моделирование оборудования для повышения эффективности использования порубочных остатков / М. А. Зырянов, А. П. Мохирев, С. В. Сыромятников // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2017. – № 3. – С. 31-33.
5. Выбор оптимальных режимов процесса производства древесноволокнистых плит средней плотности / В. Н. Матыгулина, А. В. Рубинская, Н. Г. Чистова, Ю. Д. Алашкевич // Химия растительного сырья. – 2011. – № 4. – С. 315-317.
6. Медведев, С. О. Возможности рационального использования древесных отходов в Лесосибирском лесопромышленном комплексе : моногр. / С. О. Медведев, С. В., Соболев, Р. А. Степень. – Красноярск, 2010. – 85 с.
7. Морозов, И. М. Подготовка вторичного волокна при производстве древесноволокнистых плит мокрым способом : дис. ... канд. техн. наук: 05.21.03 / И. М. Морозов. – Красноярск, 2016. – 195 с.
8. Мохирев, А. П. О рациональном природопользовании и эксплуатации ресурсов в Красноярском крае [Электронный ресурс] / А. П. Мохирев, Н. В. Аксенов, О. В. Шеверов // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 4. – Режим доступа: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2569](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2569).
9. Пат. 167846 Рос. Федерация: МПК А01G 23/00. Прицеп форвардера / Мохирев А.П., Зырянов М.А. – № 2015152472; заявл. 07.12.2015; опубл. 10.01.2017, Бюл. № 1. – 7 с.
10. Пат. 2624738 Рос. Федерация: МПК А01G 23/02. Способ сортировки порубочных остатков / Мохирев А.П., Зырянов М.А., Безруких Ю.А. – № 2015149090; заявл. 16.11.2015; опубл. 06.07.2017, Бюл. № 19. – 8 с.
11. Эффективность использования вторичного волокна в производстве древесноволокнистых плит / Н. А. Петрушева [и др.] // Химия растительного сырья. – 2009. – № 2. – С. 145-148.
12. Чистова, Н. Г. Переработка древесных отходов в технологическом процессе получения древесноволокнистых плит: дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.03 / Н. Г. Чистова. – Красноярск, 2010. – 461 с.
13. Чистова, Н. Г. Производство древесноволокнистых плит сухим способом // Химия растительного сырья. – 2009. – № 2. – С. 141-144.
14. Чистова, Н. Г. Оптимизация процесса размола в производстве древесноволокнистых плит / Н. Г. Чистова, Ю. Д. Алашкевич // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2009. – № 4. – С. 129-132.
15. Чистова, Н. Г. Подготовка древесного волокна в производстве древесноволокнистых плит / Н. Г. Чистова, Ю. Д. Алашкевич // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2009. – № 4. – С. 123-128.

## References

1. Pizzi A. *Advanced Wood Adhesives Technology*. Basel: Marcel Dekker Inc., 1994. 289 p.
2. Alber W., Erhard K., Reinhardt B. Der Einfluss des Feinstoffs auf die Faserstoff- und Papiereigenschaften. *Wochenbl. Papierfabr. : Fachzeitschrift für die Papier-, Pappen – und Zellstoff-Industrie*. 2000. № 19. ss. 1308-1312.
3. Armless Yu. A., Medvedev S. O., Alashkevich Y. D., Mohirev A. P. *Racional'noe prirodopol'zovanie v usloviyah ustojchivogo razvitiya ehkonomik i promyshlennyh predpriyatij lesnogo kompleksa* [Environmental management in the conditions of sustainable economic development of industrial enterprises of the forest complex]. *Ehkonomika i predprinimatel'stvo* [Economy and entrepreneurship], 2014, no. 12-2. pp. 994-996 (in Russian).
4. Zyryanov M. A., Mohirev A. P., Syromyatnikov S. V. *Proektirovanie i modelirovanie oborudovaniya dlya povysheniya ehffektivnosti ispol'zovaniya porubochnyh ostatkov* [Design and modeling of equipment to improve the efficiency of the use of cutting residues]. *Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya* [Repair. Recovery. Modernization], 2017, no. 3, pp. 31-33 (in Russian).
5. Matyugulina V. N., Rubinskaya A. V., Chistova N. G., Alashkevich Yu. D. *Vybor optimal'nyh rezhimov processa pro-izvodstva drevesnovoloknistyh plit srednej plotnosti* [Selection of optimal modes of production process of medium-density fibreboard]. *Himiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2011, no. 4, pp. 315-317 (in Russian).
6. Medvedev S. O., Sobolev S. V., Stepen' R. A. *Vozmozhnost iracional'nogo ispol'zovaniya drevesnyh othodov v Lesosibirskom lesopromyshlennom komplekse* [Possibilities of rational use of wood waste in the timber industry Complex]: monograph. Krasnoyarsk, 2010. 85 p. (in Russian)
7. Morozov I. M. *Podgotovka vtorichnogo volokna pri proizvodstve drevesnovoloknistyh plit mokrym sposobom: 05.21.03* [Preparation of secondary fiber in the production of wood fiber boards wet]: dis... kand. tech. nauk [PhD thesis: 05.21.03]. Krasnoyarsk, 2016. 195 p. (in Russian)
8. Mohirev A. P., Aksenov N. V., Sheverev O. V. *O racional'nom prirodopol'zovanii i ehkspluatatsii resursov v Krasnoyarskom krae* [About rational nature management and exploitation of resources in the Krasnoyarsk region]. *Inzhenernyj vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don], 2014, no. 2, URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2569](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2569) (in Russian).
9. Mogilev A. P., Zyryanov M. A. *Pritsep forvardera* [Forwarder trailer]. Patent RF, no. 167846, 2017 (in Russian).
10. Mogilev A. P., Zyryanov M. A., Bezrukikh A. Yu. *Sposob sortirovki porubochnykh ostatkov* [How to sort debris]. Patent RF, no. 2624738, 2017 (in Russian).
11. Petrusheva N. A. et al. *Ehffektivnost' ispol'zovaniya vtorichnogo volokna v proizvodstve drevesnovoloknistyh plit* [Efficiency of using secondary fiber in the production of fibreboard]. *Himiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2009, no. 2, pp. 145-148 (in Russian).
12. Chistova N. G. *Pererabotka drevesnyh othodov v tekhnologicheskom processe polucheniya drevesnovoloknistyh plit* [Processing of wood waste in the technological process of obtaining fibreboard] dis. ... d-ra tech. nauk [Doctoral thesis]. Krasnoyarsk, 2010. 461 p. (in Russian)
13. Chistova N. G. *Proizvodstvo drevesnovoloknistyh plit suhim sposobom* [Production of fibreboard by the dry method]. *Himiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2009, no. 2, pp. 141-144 (in Russian).
14. Chistova N. G., Alashkevich YU. D. *Optimizaciya processa razmola v proizvodstve drevesnovoloknistyh plit* [Optimization of the grinding process in the production of wood-fiber plates]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal* [News of higher educational institutions. Forest magazine]. 2009, no. 4, pp. 129-132 (in Russian).
15. Chistova N. G., Alashkevich YU. D. *Podgotovka drevesnogo volokna v proizvodstve drevesnovoloknistyh plit* [Preparation of wood fiber in the production of wood-fiber plates]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal* [News of higher educational institutions. Forest magazine]. 2009, no. 4, pp. 123-128 (in Russian).

### Сведения об авторах

*Зырянов Михаил Алексеевич* – доцент кафедры информационных и технических систем Лесосибирского филиала ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», кандидат технических наук, доцент, г. Лесосибирск, Российская Федерация; e-mail: zuryanov13@mail.ru.

*Сыромятников Сергей Васильевич* – магистрант кафедры технологии лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств Лесосибирского филиала ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», г. Лесосибирск, Российская Федерация; e-mail: serzh.syromyatnikov@mail.ru.

### Information about authors

*Zuryanov Mihail Alekseevich* – Associate Professor of information and technical systems Department of Lesosibirsk Branch of the FSBEI HE «Reshetnev Siberian State University of Science and Technology», PhD in Engineering, Associate Professor, Lesosibirsk, Russian Federation; e-mail: zuryanov13@mail.ru.

*Syromyatnikov Sergej Vasil'evich* – master's student of the Department of technology of logging and wood processing industries of Lesosibirsk Branch of the FSBEI HE «Reshetnev Siberian State University of Science and Technology», Lesosibirsk, Russian Federation; e-mail: serzh.syromyatnikov@mail.ru.