

МЕТОД РОТАЦИОННОЙ ЗАМЕНЫ ПИЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ХАРВЕСТЕРА

аспирант **Д.А. Савенков**¹

аспирант **Н.В. Савенкова**¹

кандидат технических наук, профессор **М.В. Дербин**^{1,2}

региональный менеджер **А.В. Третьяков**³

1 – ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,
г. Архангельск, Российская Федерация

2 – ЧПОУ «Устьянский лесной колледж», Устьянский район, Архангельская область, Российская Федерация

3 – ООО «Блаунт», г. Москва, Российская Федерация

Ежегодно на Северо-Западе России увеличивается процент рубок с использованием сортиментной технологии заготовки, вследствие чего все большее значение приобретает вопрос о повышении производительности лесозаготовительных машин. Одним из ключевых моментов является правильное обслуживание и эксплуатация техники, в частности пильного аппарата харвестерной головки. Однако проведенные эксперименты показывают, что операторы лесозаготовительных машин недостаточно владеют правилами или зачастую пренебрегают необходимостью правильного и своевременного обслуживания пильного аппарата. Состояние пильных цепей и пильного аппарата в целом напрямую отражается на производительности лесозаготовительных машин. Одним из путей решения этого вопроса может стать применение метода ротационной замены пильных цепей. В ходе исследования были проведены серии полевых экспериментов на лесозаготовительном предприятии, расположенном в Архангельской области. Целью эксперимента было определение наиболее оптимального метода использования пильных цепей и шин, который позволит увеличить производительность многооперационных лесозаготовительных машин. В результате исследования было выявлено, что система замены пильных цепей, используемая в настоящее время на предприятиях, не обладает достаточной эффективностью и требует изменений. В данной работе представлено использование метода ротационной замены пильных цепей, который, исходя из практических и теоретических наблюдений, увеличивает время чистого пиления, объем заготовленной древесины на одной цепи и, соответственно, увеличивает производительность лесозаготовительной машины. Данная работа в целом призвана способствовать повышению эффективности использования харвестеров, а также сокращению затрат на расходные материалы.

Ключевые слова: пильный аппарат, пильные цепи, харвестер, лесозаготовка, производительность

ROTARY REPLACEMENT OF SAW CHAINS AS A WAY TO INCREASE HARVESTER PRODUCTIVITY

post-graduate student **D.A. Savenkov**¹

post-graduate student **N.V. Savenkova**¹

PhD (Engineering), Professor **M.V. Derbin**^{1,2}

Regional Manager **A.V. Tretyakov**³

1 – FSAEI HE "Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov", Arkhangelsk, Russian Federation

2 – PPEI "Ustyansky Forest College", Ustyansky district, Arkhangelsk region, Russian Federation

3 – Blaunt LLC, Moscow, Russian Federation

Abstract

Annually in the North-West of Russia, the percentage of cutting using assorted harvesting technology is increased. As a result, the issue of increasing productivity of forestry machines is becoming increasingly important. One of the key points is the proper maintenance and operation of equipment, in particular a saw of a harvester head. However, the experiments show that the operators of logging machines do not know the rules or, often, neglect the need for proper and timely maintenance of the saw apparatus. The condition of the saw chains and the saw apparatus as a whole is directly reflected in the performance of forestry machines. One way to solve this problem may be to use the method of rotational replacement of saw chains. During the study, a series of field experiments were conducted at a logging enterprise located in the Arkhangelsk region. The aim of the experiment was to determine the most optimal method of using saw chains. It will increase the productivity of multioperational forestry machines. As a result of the study, it was found that the saw chain replacement system currently used in enterprises does not have sufficient efficiency and requires changes. In this paper, we use the method of rotational replacement of saw chains, which, based on practical and theoretical observations, increases the time of clean sawing, the volume of harvested wood on one chain and, accordingly, increases the productivity of the forestry machine. This work, in general, helps increase the efficiency of harvesters, as well as reduce the cost of consumables.

Keywords: saw unit, saw chains, harvester, logging, performance

Введение

В настоящее время более 80 % объема заготовленной древесины экспортируется с лесозаготовительных участков в сортиментах. Скандинавские технологии преобладают на северо-западе России, предполагая получение сортиментов непосредственно на пасеке и дальнейшую их трелевку форвардером [12]. Из-за нехватки квалифицированного персонала большинство предприятий перешли на скандинавскую технологию заготовки древесины, которая включает использование двухмашинных комплексов, состоящих из харвестера (валочно-сучкорезно-раскряжевой машины) и форвардера. Таким образом, метод заготовки хлыстами постепенно отходит на второй план, уступая «сортиментной» заготовке древесины. В связи с этим все большее значение приобретает вопрос о повышении производительности лесозаготовительных машин. В частности, как указано в работе Ю.Ю. Гера-

симова и К.Н. Сибирякова [9], производители лесозаготовительных машин заинтересованы в повышении энергоэффективности режущего аппарата лесозаготовительных машин для максимизации рабочих характеристик и продолжительности оперативной работы.

Для более эффективной конструкции режущего аппарата лесозаготовительных машин необходимо лучше понять механику резки пильной цепи. В работе А. Отто и А. Пармигани [6] указано, что влияние различных ключевых параметров, таких как влажность заготовки, плотность заготовки, скорость резания и глубина резания, в значительной степени не исследовано для пильных цепей. В работе Т. Кувика и др [3, 7] сделан вывод, что виды деревьев оказывают сильное влияние на силу резания; чем тяжелее порода деревьев, тем больше сила резания. Входная мощность резания рассчитывается исходя из силы резания, поэтому влияние

видов деревьев на входную мощность так же велико, как и на силу резания. Было подтверждено, что на силу резания и входную мощность резания также влияет влажность древесины. По данным Е.Г. Ивановского [15], проектирование пильного аппарата для удовлетворения этих потребностей требует понимания механики резки, что обычно предполагает проведение экспериментов. Это осложняется вариациями физических свойств древесины, используемой в испытаниях. В работах авторов С.А. Воскресенского [8], М.А. Дешевого [13], И.Т. Глебова [10] излагается, что двумя важными аспектами механики резки цепных пил являются роли скорости цепи и глубины резания. В исследовании Дж. Нордсторма [5] износ зубьев пилы для распиловки древесины был оценен с целью установления экспериментального метода для развития стали. Изменение скорости цепи и глубины резания могут повлиять на силы резания и, следовательно, на энергопотребление и эффективность. В своей работе А. Масияк [4] показал, что процесс резки цепными пилами является прерывистым, и отношение времени зацепления режущего инструмента было определено как отношение времени активной резки к общему времени работы бензопилы при выполнении резки. Однако большая часть исследований в этой области направлена исключительно на теоретическое обоснование применения какой-либо технологии и включает в себя только лабораторные эксперименты. Таким образом, существует значительный пробел в понимании этих эффектов при использовании пильной цепи. В них не учитываются факторы, влияющие на пильный аппарат в условиях натурального производства, например климатические условия или человеческий фактор. Они не могут быть применены к условиям естественного производства. Данная работа призвана заполнить этот пробел.

Одним из путей решения этой проблемы является применение метода ротационной замены пильных цепей. Состояние пильных цепей и пильного аппарата в целом напрямую отражается на производительности лесозаготовительных машин, так как неправильная эксплуатация пильного аппарата приводит к браку продукции, потере времени,

и в подавляющем числе случаев – к поломке механизма.

В данной статье приведена методика работы, обеспечивающая максимальную производительность. Целью исследования является применение метода ротационной замены пильных цепей. Метод заключается в использовании комплекта, складывающегося из некоторого количества пильных цепей, на протяжении полного времени работы, с конкретным интервалом их замены. Использование данного метода предоставит возможность для равномерного распределения нагрузки на каждую цепь, тем самым увеличив срок износа и, как следствие, уменьшив нагрузку на пильный аппарат в целом.

Материалы и методы

С целью определения наиболее оптимального метода использования пильных цепей и шин, который позволит увеличить производительность многооперационных лесозаготовительных машин, была проведена серия натуральных экспериментов. Эксперименты проводились в ноябре 2018 года и июле 2019 года на производственном участке «Сия» «Усть-Покшеньгского ЛПХ», Архангельская область, Пинежский район, поселок Ясный. Эксперименты проводились на харвестерной головке Logmax 6000В путем замены пильных цепей с определенной периодичностью и использованием специализированного цепного масла марки Oregon.

Каждый оператор харвестера осуществлял ведение журнала учета пильных цепей, в котором указывал время замены цепи, наработку в кубометрах, температуру воздуха и комментарии. Эксперименты проводились в разные периоды года, чтобы учесть климатический фактор, а также на разном среднем объеме хлыста. Далее производилась обработка журналов. За время проведения экспериментов было использовано шесть пильных цепей, две шины и одна ведущая звездочка.

Методология применения метода ротационной замены будет следующей.

В полной мере исключить использование старой пильной цепи на новой ведущей звездочке и новой пильной цепи на старой (изношенной) ведущей звездочке. Ведущую звездочку необходимо заменять после использования не более десяти

пильных цепей, либо тогда, когда глубина износа достигнет 0,6 мм, либо при повреждении. Согласно исследованиям И.Т. Глебова [11], пильные цепи меняются с определенным интервалом в 3 часа и используются методом ротационной замены параллельно. Заточка пильной цепи производится с использованием круглого напильника с использованием направляющей обоймы либо специализированного заточного станка. Правку цепи необходимо осуществлять через каждые 3-4 часа работы. Далее после 5-8 заточек цепи напильником необходимо рассмотреть и откорректировать высоту ограничителя глубины пропила режущих звеньев цепи. Высота ограничителя глубины пропила всех режущих звеньев цепи должна быть тождественна. От высоты ограничителя глубины пропила зависит глубина врезания верхнего лезвия в древесину и, тем самым, производительность.

При повреждении режущих звеньев следует привести дефектное место участка в пригодный вид, подточить до чистого хрома, соблюдая требуемый угол заточки верхней кромки режущего звена, либо полностью заменить поврежденный участок. Эталонный угол заточки принят 35°, однако необходимо учесть, что при пилении высокотвердой и мерзлой древесины угол заточки принимается равным 25°. Равная длина всех режущих звеньев должна быть обеспечена. Необходимо каждый день переворачивать пильную шину ввиду равномерного износа направляющих рельс. Требуется очищение паза шины и отверстия для смазки в зависимости от времени года. Ежедневное очищение следует производить при положительных температурах окружающей среды или при замене пильной цепи. Зимой или при низких температурах окружающей среды очищение производится каждые 3-4 часа. Вместе с тем при появлении заусениц на рельсах шины как сбоку, так и в верхней части появляется необходимость их удаления при помощи плоского напильника. Направляющий рельс надлежит удерживать в безупречном, неизменном положении [1]. Отметим, что необходимость смазывания цепи и шины остается. Для этого рекомендуется использовать адгезионное масло. При его использовании во время работы образуется масляная пленка на направляющих шины, что тем самым

обеспечивает смазывание подшипников пильной цепи [2].

Применение использованного масла, масла для двигателей внутреннего сгорания, гидравлического масла, трансмиссионного, трансформаторного и других текучих горюче-смазочных материалов однозначно не допускается ввиду того, что отработанные масла не обладают достаточными смазывающими и протективными свойствами, плохо удерживаются на цепях, шине и не образуют в достаточной степени масляную прослойку, что обуславливает усугубление износа элементов пильного аппарата.

Порядок использования пильного аппарата в работе заключается в следующем:

1. Установка новой, ранее не использованной ведущей звездочки, шины, пильной цепи;
2. Предварительно ставится задача произвести несколько «пропилов» воздуха, сопровождающихся подачей смазки. То есть необходимо осуществить розогрев и смазку пильного аппарата;
3. По истечении 3-4 часов пиления есть необходимость замены пильной цепи на новую. Осуществляется очистка паза шины, и снова производится смазка пильного аппарата.

Вышеизложенный порядок действий следует повторять на протяжении всей смены. Также в перерывах при пилении необходимо осуществлять некоторое количество «пропилов» воздуха с целью удаления влаги, образующейся в области наконечника шины [3]. Это необходимо для удаления возможного абразива и смазки пильного аппарата летом, а также прогрева пильного аппарата при минусовых температурах.

Пересменка операторов производится через 12 часов, при этом оперативное время работы составляет 10 часов. Первые 3-4 цепи в зависимости от продолжительности смены оператор первой смены забирает с собой для приведения их в порядок – проверить и подправить напильником. После каждой замены цепи оператор переворачивает шину, чистит паз и устанавливает новую цепь. Оператор второй смены через 2,5-3 часа оперативного времени работы производит аналогичные действия. Состояние рельсов шины, особенно нижней, рабочей части контролируется при смене цепи и чистке

паза шины. В случае появления заусениц устанавливается вторая шина, а шина, требующая ремонта, в конце смены забирается в слесарный участок для удаления заусениц. Рекомендуемый комплект для использования состоит из 2 шин, 1 звездочки и 10 цепей. Таким образом происходит равномерный износ пильных цепей, ведущей звездочки и шин.

Результаты и обсуждение

Проведенная серия натурных экспериментов показала, что уже через 2,5-3 часа работы цепь теряет свои режущие свойства даже при условии, что при работе не попадался абразив: грунт, камень, инородные материалы. В результате это приводит к потерям времени на каждом пропилах за счет увеличения сопротивления резания. На рисунках ниже представлены фотографии режущих зубьев до начала работы (рис. 1, а), после трех часов работы (рис. 1, б) и при попадании абразива (рис. 1, в). Так, через 3 часа работы сделан контрольный рез дерева диаметром 32 см. Время пропила составило 1,1 с. После пропила этого же бревна цепью поле заточки время пропила составило 0,8 с. Даже при условии продолжения работы данной цепью, если считать, что характеристики цепи будут оставаться в таком состоянии и не будут ухудшаться дальше, потери времени составят 0,3 секунды за каждый пропил. Потери времени за месяц при среднем количестве пропилов (115 тысяч пропилов в месяц при объеме заготовки 6000 м³) составят 9,6 часа, что составляет 1,5 % от общего времени работы машины за месяц. Результаты экспериментов представлены в табл. 1.

Также было установлено, что при длительной работе на одной цепи стремительно сокращается ресурс не только самой пильной цепи, но и ведущей звездочки, шины и наконечника. Соответствующие замеры износа всех частей пильного аппарата были выполнены.



Рис. 1, а. Состояние нового режущего зуба



Рис. 1, б. Состояние режущего зуба после 3 часов работ

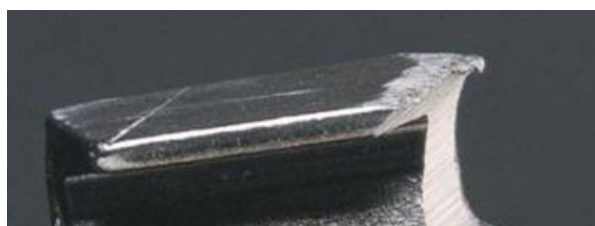


Рис. 1, в. Состояние режущего зуба после попадания абразива

Таблица 1

Результаты экспериментов

№ цепи	Норма расхода, м ³	Заготовлено, м ³	Превышение нормы, %
Цепь № 1	800	1022	21,7
Цепь № 2	800	1258	36,4
Цепь № 3	800	1026	22,0
Шина пильная № 1	1800	3306	45,5
Цепь № 4	800	1183	32,3
Цепь № 5	800	1050	23,8
Цепь № 6	800	914	12,5
Шина пильная № 2	1800	3147	42,8

На рис. 2–5 представлены наиболее часто встречающиеся виды повреждений пильного аппарата [14]. На основании вышеизложенного можно сделать вывод: чтобы избежать большого вида повреждений, использование метода ротационной замены пильных цепей целесообразно.

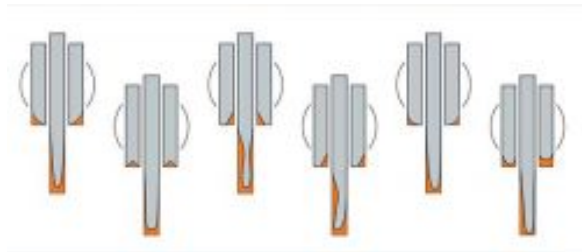


Рис. 2. Износ поверхностей скольжения всех звеньев

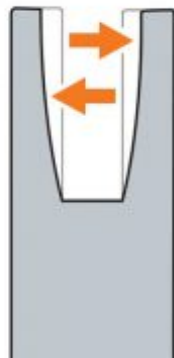


Рис. 3. Изношенный паз шины

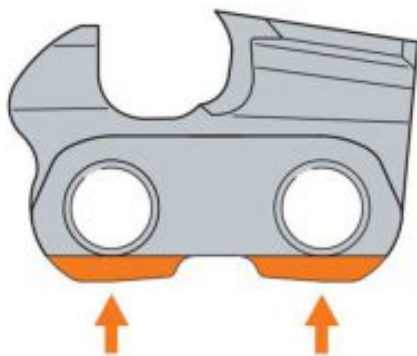


Рис. 4. Износ поверхностей скольжения режущих и соединительных звеньев при незначительном износе лопаток зубьев

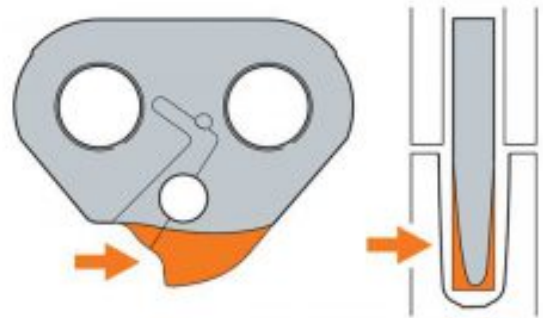


Рис. 5. Износ боковых поверхностей носиков всех ведущих звеньев, закругление вершин

Необходимо отметить, что при использовании метода ротационной замены происходит синхронное и равномерное изнашивание звездочки, шин и всех цепей. Цепи постоянно садятся в звездочку, при этом выработка в соединительных элементах, звездочке и шине происходит плавно, что существенно увеличивает долговечность, а также снижает нагрузку на гидромотор пилы.

Заключение

При проведении экспериментов были получены следующие результаты. Объем заготовленной древесины составил 6453 м³, что на 26 % ниже нормы расхода пильных цепей, установленной на предприятии. Расход направляющих шин уменьшился на 44 %, ведущих звездочек – на 72 %. Данные эксперименты направлены на разработку инновационной технологии производства, которая учитывает человеческие и природные факторы при лесозаготовительных работах. Результаты исследования показывают целесообразность применения данного метода. На их основе можно сделать выводы о том, что применение данного метода позволит увеличить время чистого пиления и объем заготовленной древесины на одной цепи и, соответственно, увеличить производительность лесозаготовительной машины. Также при применении данного метода снижается расход цепей на единицу производимой продукции, увеличивается время оперативной работы и уменьшается нагрузка на пильный аппарат.

Благодарности

Авторы выражают благодарность ООО «Блаунт» за предоставление необходимых расходных материалов для проведения экспериментов.

Библиографический список

1. The effect of wood provenance and density on cutting forces while sawing scots pine / D. Chuchala, K. Orlowski, A. Sandak [et al.] // *BioResources*. – 2014. – No. 9(3). – P. 5349–5361.
2. Itkonen, K. Ideas, practices and tools for the development of wood procurement / K. Itkonen ; Mikkeli University of Applied Sciences. – 2014. – 80 p.
3. Kuvik, T. Impact of the selected factors on the cutting force when using a chainsaw / T. Kuvik, J. Krilek // *Wood research*. – 2017. – No. 62 (5). – P. 17–22.
4. Maciak, A. Instantaneous Cutting Force Variability in Chainsaws / A. Maciak, A. Kubuška // *Forests*. – 2018. – No. 9(10), 660. – P. 35–42.
5. Nordstrom, J. Wear testing of saw teeth in timber cutting / J. Nordstrom, J. Bergstrom // *Wear*. – Vol. 250. – Iss. 1–12. – October, 2001. – P. 19–27.
6. Otto, A. Depth-of-Cut, and Physical Property Effects on Saw Chain Cutting / A. Otto, J. Paul, P. Velocity // *Bio Resources*. – 2015. – Vol. 10. – No. 4. – P. 7–12.
7. Stawicki, T. Study of the impact of lubricant type on selected operational parameters of a chainsaw used in beech timber cutting / T. Stawicki // *Drewno*. – 2016. – Vol. 59. – No. 196. – P. 7–12. – DOI: 10.12841/wood.1644-3985.121.12.
8. Воскресенский, С. А. Резание древесины / С. А. Воскресенский. – Москва : Гослесбумиздат, 1955. – 250 с.
9. Герасимов, Ю. Ю. Расчет эксплуатационных затрат лесосечных машин / Ю. Ю. Герасимов, К. Н. Сибиряков ; НИИ леса Финляндии Йёнсуу. – 2009. – 44 с.
10. Глебов, И. Т. Расчет режимов резания древесины : моногр. / И. Т. Глебов ; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «Уральский ГЛТУ». – Екатеринбург, 2005. – 155 с.
11. Глебов, И. Т. Дереворежущий инструмент : учеб. пособие / И. Т. Глебов ; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «УГЛТУ». – Екатеринбург, 2002. – 197 с.
12. Григорьев, И. В. Машинная заготовка древесины по скандинавской технологии : учеб. пособие / И. В. Григорьев ; Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений. – Санкт-Петербург, 2019. – 192 с.
13. Дешевой, М. А. Механическая технология дерева / М. А. Дешевой. – Ленинград : Гостехиздат, 1939. – Т. I–III.
14. Заточка пильных цепей STIHL: руководство по применению бензопилы / ANDREAS STIHL AG & Co. KG, 2013. – 33 с.
15. Ивановский, Е. Г. Книга о резании древесины / Е. Г. Ивановский // *Деревообрабатывающая промышленность*. – 1956. – № 5. – С. 27–28.

References

1. Chuchala D., Orlowski K., Sandak A. (et al.) (2014) The effect of wood provenance and density on cutting forces while sawing scots pine. *BioResources*, no. 9(3), pp. 5349-5361.
2. Itkonen K. Ideas, practices and tools for the development of wood procurement; Mikkeli University of Applied Sciences. 2014. 80 p.
3. Kuvik T., Krilek J. (2017) Impact of the selected factors on the cutting force when using a chainsaw. *Wood research*, 2017, no. 62 (5), pp. 17-22.
4. Maciak A., Kubuška A. (2018) Instantaneous Cutting Force Variability in Chainsaws. *Forests*, no. 9(10), 660, pp. 35-42.
5. Nordstrom J., Bergstrom J. Wear testing of saw teeth in timber cutting. *Wear* Vol. 250, Iss. 1–12, October, 2001, pp. 19-27.

6. Otto A., Paul J., Velocity P. (2015) Depth-of-Cut, and Physical Property Effects on Saw Chain Cutting. *Bio Resources*, Vol. 10, no. 4, pp. 7-12.
7. Stawicki T. (2016) Study of the impact of lubricant type on selected operational parameters of a chainsaw used in beech timber cutting. *Drewno*, Vol. 59, No. 196, pp. 7-12. DOI: 10.12841/wood.1644-3985.121.12.
8. Voskresenskiy S.A. *Rezanie drevesiny* [Wood cutting]. Moscow: Goslesbumizdat, 1955, 250 p. (in Russian).
9. Gerasimov Yu.Yu., Sibiryakov K.N. *Raschet ekspluatatsionnykh zatrat lesosechnykh mashin* [Calculation of operating costs of logging machines]. *Nil lesa Finlyandii* Yoensuu, 2009, 44 p. (in Russian).
10. Glebov I.T. *Raschet rezhimov rezaniya drevesiny: monogr.* [Calculation of wood cutting modes: monograph]. Ekaterinburg, 2005, 155 p. (in Russian).
11. Glebov I.T. *Derevorezhushchiy instrument: ucheb. posobie* [Wood cutting tool: tutorial]. Ekaterinburg, 2002, 197 p. (in Russian).
12. Grigoryev I.V. *Mashinnaya zagotovka drevesiny po skandinavskoy tekhnologii: ucheb. posobie* [Scandinavian machine harvesting of wood: tutorial]. Saint-Petersburg, 2019, 192 p. (in Russian).
13. Deshevoy M.A. *Mekhanicheskaya tekhnologiya dereva* [Mechanical wood technology]. Leningrad: Gostekhizdat, 1939. P. I-III (in Russian).
14. *Zatochka pil'nykh tsepey STIHL: rukovodstvo po primeneniyu benzopily* [Sharpening chains STIHL: a guide for the use of chainsaws]. ANDREAS STIHL AG & Co. KG, 2013, 33 p. (in Russian).
15. Ivanovskiy E.G. (1956) *Kniga o rezanii drevesiny* [Book about woodcutting]. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'* [Woodworking industry], No. 5, pp. 27-28 (in Russian).

Сведения об авторах

Савенков Дмитрий Александрович – аспирант очной формы обучения, кафедра лесопромышленных производств и обработки материалов, высшая инженерная школа ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», г. Архангельск, Российская Федерация; e-mail: savenkov_dm@mail.ru.

Савенкова Надежда Владимировна – аспирант очной формы обучения, кафедра лесопромышленных производств и обработки материалов, высшая инженерная школа, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», г. Архангельск, Российская Федерация; e-mail: ignasheva_92@mail.ru.

Дербин Михаил Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры лесопромышленных производств и обработки материалов, высшая инженерная школа ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», г. Архангельск, Российская Федерация; директор ЧПОУ «Устьянский лесной колледж», Устьянский район, Архангельская область, Российская Федерация; e-mail: m.v.derbin@mail.ru.

Третьяков Александр Васильевич – региональный менеджер по продажам, ООО «Блаунт», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: alexander.tretjakov@blount.com.

Information about authors

Savenkov Dmitry Aleksandrovich – post-graduate student, higher engineering school, FSAEI HE "Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov", Arkhangelsk, Russian Federation; e-mail: savenkov_dm@mail.ru.

Savenkova Nadezhda Vladimirovna – post-graduate student, higher engineering school, FSAEI HE "Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov", Arkhangelsk, Russian Federation; e-mail: ignasheva_92@mail.ru.

Derbin Mikhail Vasilyevich – PhD (Engineering), Associate Professor, FSAEI HE "Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov", Arkhangelsk, Russian Federation; Head of PPEI "Ustyansky Forest College", Ustyansky district, Arkhangelsk region, Russian Federation; e-mail: m.v.derbin@mail.ru.

Tretjakov Aleksandr Vasilyevich – regional sales manager, Limited Liability Corporation «Blount», Moscow, Russian Federation; e-mail: alexander.tretjakov@blount.com.