

ТЕХНОЛОГИЯ РАБОТЫ ХАРВЕСТЕРА ПРИ ВЫБОРОЧНЫХ РУБКАХ

кандидат технических наук, доцент **В. М. Дербин**¹

кандидат технических наук **М. В. Дербин**¹

1 – «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,

г. Архангельск, Российская Федерация

В мировой практике широко распространены хлыстовая и сортиментная заготовка древесины. Хлыстовая заготовка древесины по сравнению с сортиментной имеет ряд существенных преимуществ: сосредоточение большого количества технологических операций на промышленных площадках; использование высокопроизводительного оборудования; использование более дешевой электрической энергии для привода лесозаготовительного оборудования; больший выход деловых сортиментов; более полное использование биомассы дерева. Несмотря на ряд существенных преимуществ хлыстовой технологии заготовки древесины по сравнению с сортиментной, в последние годы широко внедряется сортиментная заготовка древесины. Причинами этому послужили следующие обстоятельства: появление большого количества лесозаготовительных предприятий с малым объемом заготовки; физический износ и невозможность приобретения лесоскладского оборудования. Рассмотрено два варианта заготовки древесины при выборочных рубках. Опыт работы операторов харвестеров показывает, что для правильного выбора спиливаемых и оставляемых деревьев в поле зрения оператора должно быть 3-5 растущих деревьев. Поэтому для качественного проведения выборочных рубок оператору рекомендуется рабочую зону мысленно разбить на секторы. Представлены схемы работы харвестеров с разбивкой рабочей зоны на секторы. Показана очередность валки деревьев по секторам. Для правильной оценки технологического процесса рассмотрены критериальные показатели, по значению которых можно судить о ходе процесса и дать его качественную оценку. К таким показателям относятся производительность машин, энергоёмкость процесса, себестоимость продукции, приведенные затраты. Представлена формула производительности харвестера с разбивкой продолжительности обработки одного дерева на составляющие. Проведен анализ продолжительности составляющих времени цикла обработки дерева, сделан вывод о том, что при работе харвестера по разным технологиям меняется продолжительность манипуляций гидроманипулятора и составляющая продолжительности обработки одного дерева. По первой технологии с одной рабочей позиции обеспечивается валка большего количества деревьев и производительность по этой технологии выше, чем по второй. При выборе технологии работы харвестера необходимо учитывать конкретные условия работы (густота насаждений, почвенные условия).

Ключевые слова: хлыстовая технология, сортиментная технология, выборочные рубки, харвестер, рабочая зона, сектор.

THE TECHNOLOGY OF HARVESTER WORKING IN SELECTIVE FELLING

PhD in Engineering, Associate Professor **V. M. Derbin**¹

PhD in Engineering **M. V. Derbin**¹

1 – «Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov», Arkhangelsk, Russian Federation

Abstract

In the world practice tree-length and short-log wood harvesting are widely distributed. Tree-length logging compared to short-log has some significant advantages: the concentration of a large number of technological operations at the industrial sites; the use of high-performance equipment; the use of cheaper electricity to drive the logging equipment; higher yield industrial short logs; fuller use of tree biomass. Despite a number of significant advantages of tree-length technology wood harvesting compared to short-log, in recent years short-log wood harvesting are widely implemented. The reasons for this were the following circumstances: the emergence of a large number of logging companies with a small volume of logging; physical wear and impossibility to buy wood-yard equipment. Two variants of wood harvesting with selective felling are viewed. Work experience of harvester

operators shows that for correct choice of file down and the leaving trees in sight of the operator should be 3-5 growing trees. Therefore, working area divided into sectors mentally is recommended to operator for quality of selective logging. The schemes of harvesters work with divided of working area into sectors are viewed. Shows the order of felling trees across sectors. For correct evaluation of technological process criterion indicators are reviewed, the value of which possible to judge on the process and give a qualitative assessment of it. These indicators include performance of the machines, the energy intensity of the process, the cost of production, overhead costs. Formula of harvester performance with divided of processing time of one tree into components is represented. Analyzed duration of components the time cycle of wood processing, it is concluded that the manipulation duration of hydraulic manipulator is changing at work on different technologies of harvester and thus constituting the processing time of one tree. According to the first technology from one operating position felling is provided by a larger number of trees and by this technology performance is higher than the second. When selecting technology work of the harvester necessary to consider the particular working conditions (density of plantings, soil conditions).

Keywords: tree-length technology, Short log technology, selective cutting, harvester, work area, sector.

Введение

В настоящее время в мировой практике широко распространены хлыстовая и сортиментная заготовка древесины. До перестройки в России практически весь объем лесозаготовок осуществлялся по хлыстовой технологии.

Хлыстовая заготовка древесины по сравнению с сортиментной имеет ряд существенных преимуществ:

1. Сосредоточение большого количества технологических операций на промышленных площадках – нижних лесоскладах, которые располагаются в черте рабочих поселков.
2. Использование высокопроизводительного оборудования.
3. Использование электрической энергии для привода лесозаготовительного оборудования, которое значительно дешевле энергии, вырабатываемой двигателями внутреннего сгорания.
4. Большой выход деловых сортиментов.
5. Более полное использование биомассы дерева.

Перестройка в России внесла существенные коррективы в технологию заготовки древесины. Несмотря на ряд существенных преимуществ хлыстовой технологии заготовки древесины по сравнению с сортиментной, в последние годы широко внедряется сортиментная заготовка древесины. Эта тенденция связана в первую очередь с исключением из лесозаготовительного процесса нижних лесоскладов. Причинами этому явлению послужили следующие обстоятельства:

1. Развитие в лесозаготовительном производстве малого и среднего бизнеса. Практика пока-

зывает, что экономически целесообразными являются нижние лесосклады при годовом грузообороте не менее 100 тыс. кубометров. Только такой объем производства обеспечивает достаточную загрузку всего нижнескладского оборудования (краны для выгрузки хлыстов с подвижного состава и для выполнения штабелевочных работ, раскрывочные установки, сортировочные лесотранспортеры, оборудование для отгрузки и штабелевки готовой продукции).

2. Физический износ и невозможность приобретения лесоскладского оборудования.

Объект и методика

Сортиментную заготовку древесины при выборочных рубках можно производить с использованием бензомоторных пил, процессоров, харвестеров, форвардеров и других механизмов. В настоящее время наибольший интерес представляет заготовка древесины харвестерами и форвардерами, позволяющая механизировать весь лесозаготовительный процесс [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

При выборочных рубках следует выполнять ряд лесохозяйственных требований, например, исключение повреждений растущих деревьев технологическим оборудованием харвестера или другими деревьями во время валки [14, 15]. Поэтому при валке каждого дерева следует индивидуально выбирать направление его падения.

Эффективная работа харвестера достигается в том случае, если при валке всех деревьев в рабочей зоне полностью обеспечивается контролируемое управление манипулятором, то есть для оператора создан достаточный обзор в зоне работы

харвестерной головки.

Опыт работы операторов харвестеров показывает, что для правильного выбора спиливаемых и оставляемых деревьев в поле зрения оператора должно быть 3-5 растущих деревьев. Поэтому для качественного проведения выборочных рубок оператору рекомендуется рабочую зону мысленно разбить на секторы.

В зависимости от конкретных условий можно использовать две технологии выборочных рубок. Первый вариант предусматривает валку деревьев на трелевочном волоке параллельно направлению движения харвестера. Выработанные сортименты укладываются сбоку харвестера в основном под углом к трелевочному волоку, отличным от 90°. По второй технологии валка деревьев на трелевочном волоке и других секторах производится перпендикулярно направлению движения харвестера, и сортименты укладываются сбоку харвестера перпендикулярно трелевочному волоку.

Технология работы харвестера по первому варианту следующая. Валка деревьев на трелевочном волоке производится «от харвестера» (параллельно трелевочному волоку). При этом выделяются следующие секторы: трелевочный волок, полоса у трелевочного волока, левый передний сектор, правый передний сектор, левый боковой сектор, правый боковой сектор (рис. 1, а).

Рабочая зона оператора харвестера, включающая все указанные секторы, составляет примерно 220°. При 10-метровом вылете манипулятора харвестера обработка 3-5 деревьев на трелевочном волоке и в передних секторах соответствует вылету манипулятора около 8 м. Боковые секторы можно обрабатывать на максимальном вылете манипулятора, достигая расстояния между волоками 20 м. При размещении сортиментов в рабочей зоне следует учитывать, что около 80 % деревьев спиливается на трелевочном волоке и в передних зонах и 20 % – в боковых зонах.

При разработке харвестером очередной рабочей зоны рекомендуется:

- произвести валку деревьев на трелевочном волоке и прореживание его границ;
- произвести прореживание переднего и бокового секторов на одной стороне волока;
- произвести прореживание переднего и бокового секторов на другой стороне волока.

Обработка рабочей зоны по секторам упрощает

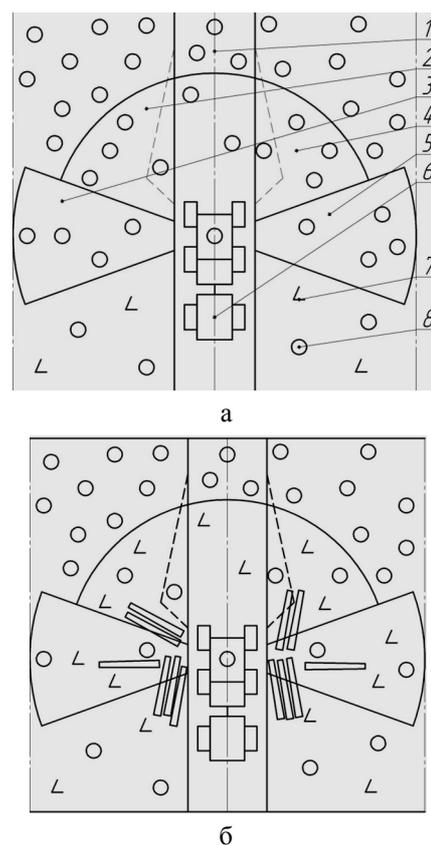


Рис. 1. Технологические схемы: а – расположения секторов при валке деревьев (технологическая схема разработки делянки при выборочной рубке со смешанным направлением валки – первая технология); б – схема обработанной рабочей зоны с одной рабочей позиции харвестера; 1 – трелевочный волок; 2 – левый передний сектор; 3 – левый боковой сектор; 4 – правый передний сектор; 5 – правый боковой сектор; 6 – харвестер; 7 – пень; 8 – растущее дерево

выбор деревьев для валки. Следует учесть, что после разработки передних секторов на предыдущей рабочей зоне улучшается обзор в боковых секторах в очередной рабочей зоне, что упрощает работу оператора харвестера и способствует уменьшению повреждений деревьев при валке.

На рис. 1, б показана схема обработанной рабочей зоны с одной рабочей позиции харвестера, на рис. 2, а – схема общей последовательности валки деревьев в рабочей зоне харвестера. При выполнении оператором харвестера указанной методики разработки делянки обеспечивается правильное расположение сортиментов около трелевочного волока и производи-

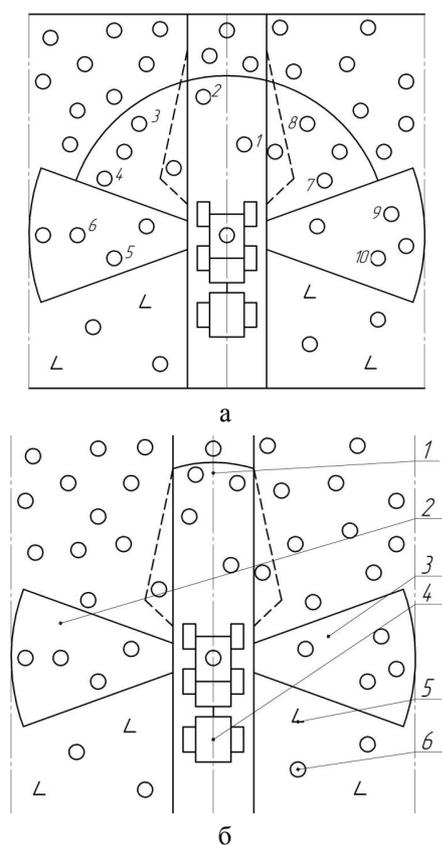


Рис. 2. Схемы: а – общей последовательности валки деревьев в рабочей зоне харвестера; б – расположения секторов валки деревьев (технологическая схема разработки делянки при выборочной рубке с валкой деревьев перпендикулярно трелевочному волоку – вторая технология); 1 – трелевочный волок; 2 – левый боковой сектор; 4 – правый боковой сектор

тельная работа форвардера при формировании пачки сортиментов.

При разработке делянки по рассмотренной технологии выработанные сортименты укладываются сбоку харвестера в основном под углом к трелевочному волоку, отличным от 90°.

Технология разработки рабочей зоны с валкой перпендикулярно трелевочному волоку при обработке деревьев обеспечивает концентрацию порубочных остатков на трелевочном волоке (рис. 2, б). Поэтому рассматриваемую технологию целесообразно применять при слабой несущей способности грунтов, так как порубочные остатки используются для укрепления трелевочных волоков. В отличие от предыдущей технологии оператор выделяет сектор валки деревьев на трелевочном волоке и боковые секторы.

На рис. 3, а показана схема общей последовательности валки деревьев в рабочей зоне харвестера, на рис. 3, б – схема обработанной рабочей зоны с одной рабочей позиции харвестера.

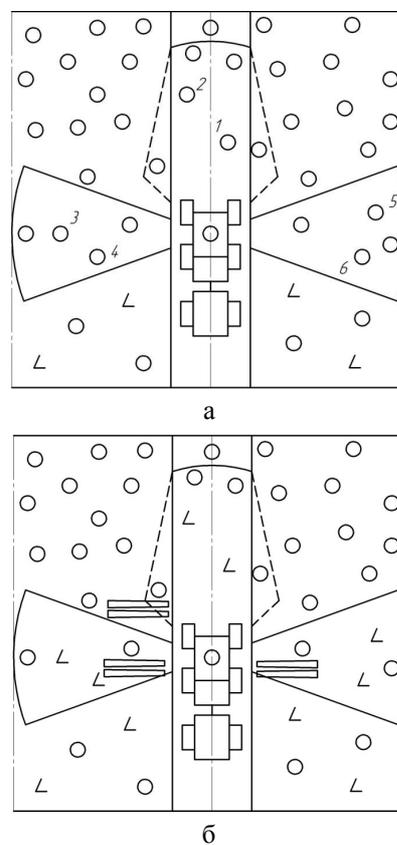


Рис. 3. Схемы: а – общей последовательности валки деревьев в рабочей зоне харвестера; б – обработанной рабочей зоны с одной рабочей позиции харвестера

Валка деревьев на трелевочном волоке производится примерно в 6-метровой зоне перпендикулярно волоку. Укладывают выработанные сортименты слева и справа от трелевочного волока. Деревья, поваленные влево, во время обработки перемещают вправо, и сортименты укладывают справа от трелевочного волока.

В боковом секторе валку начинают с ближайшего к харвестеру дерева перпендикулярно трелевочному волоку. Поваленное дерево перемещают, обрабатывают, и выработанные сортименты укладывают на другой стороне трелевочного волока. Деревья в боковых секторах валят в пределах максимального вылета манипулятора. Поваленные деревья, расположенные на расстоянии 6 и более метров от харвестера, можно обрабатывать в том же секторе без перемещения

через трелевочный волок.

При применении оператором харвестера указанной методики разработки делянки обеспечивается правильное расположение сортиментов около трелевочного волока и производительная работа форвардера при формировании пачки сортиментов.

Результаты и их обсуждение

Для правильной оценки технологического процесса необходимы критериальные показатели, по значению которых можно судить о ходе процесса и дать его качественную оценку. К таким показателям относятся производительность машин, энергоёмкость процесса, себестоимость продукции, приведенные затраты [16].

Себестоимость продукции и приведенные затраты включают в себя эксплуатационные расходы, которые зависят от многих субъективных факторов, таких как квалификация и мастерство оператора, организация технического обслуживания, техническое состояние машин, технологическая схема разработки лесосек и т. п. Сравнительная оценка технологий лесосечных работ по значениям указанных показателей возможна только при наличии объективных показателей.

Производительность – один из важнейших технологических показателей работы машин. Принципом формирования машин в системы являются равные или кратные их производительности.

Часовая производительность харвестера определяется по формуле

$$P_{\text{ч}} = \frac{3600\varphi_1 V_{\text{хл}}}{t_{\text{ц}}}, \quad (1)$$

где 3600 – переводной коэффициент (продолжительность часа в секундах);

φ_1 – коэффициент использования рабочего времени;

$V_{\text{хл}}$ – средний объем хлыста, м³;

$t_{\text{ц}}$ – продолжительность обработки одного дерева, с.

Продолжительность цикла обработки одного дерева по предложенной технологии работы харвестера включает следующие составляющие:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{н}} + t_{\text{с}} + t_{\text{о}} + t_{\text{н}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{н}}$ – продолжительность наводки харвестерной головки на ствол дерева и его захват, с;

$t_{\text{с}}$ – продолжительность спиливания дерева с пня, с;

$t_{\text{о}}$ – продолжительность обрезки сучьев и раскряжевки на сортименты, с;

$t_{\text{н}}$ – продолжительность переездов харвестера на смежную рабочую позицию, с.

Анализируя продолжительность составляющих времени цикла обработки дерева, можно сделать вывод, что при работе харвестера по разным технологиям меняется продолжительность манипуляций гидроманипулятора и, соответственно, составляющая продолжительности обработки одного дерева. Например, при заготовке древесины по второй технологии для перемещения обрабатываемых деревьев через трелевочный волок требуются дополнительные перемещения манипулятора.

Заключение

По первой технологии с одной рабочей позиции обеспечивается валка большего количества деревьев, и производительность по этой технологии выше, чем по второй. Перемещение деревьев для обработки на другую сторону трелевочного волока (вторая технология) приводит к увеличению общей продолжительности цикла на валку и обработку дерева и снижению производительности харвестера на 5-10 % [11]. Однако при высокой густоте лесонасаждений обработка перемещенного дерева на освобожденную от растущих деревьев зону, наоборот, может привести к уменьшению общей продолжительности цикла на валку и обработку дерева (за счет удобства обработки дерева) и увеличению производительности харвестера. Поэтому при выборе технологии работы харвестера необходимо учитывать конкретные условия работы.

Библиографический список

1. Азаренок, В.А. Сортиментная заготовка леса [Текст] / В.А. Азаренок, Э.Ф. Герц, А.В. Мехренцев. – Екатеринбург, 2001. – 129 с.
2. Дербин, В.М. Сортиментная технология заготовки древесины [Текст] / В.М. Дербин, М.В. Дербин // Актуальные направления научных исследований XXI века: Теория и практика: Материалы международной заочной научно-практической конференции. – Воронеж: ООО «Диамант-принт». – 2014. – № 5. – Ч. 4 (10-4). – С. 87-91.

3. Кочегаров, В.Г. Заготовка леса с сортировкой хлыстов в процессе очистки деревьев от сучьев [Текст] / В.Г. Кочегаров, В.М. Дербин // Лесной журнал. – 1981. – №5. – С.45-50.
4. Матвейко, А.П. Технология и машины лесосечных работ [Текст] : учебник для вузов / А.П. Матвейко, А.С. Федоренчик. – Мн.: Технопринт, 2002. – 480 с.
5. Behrnt, W. Stand und Entwicklung der Mechanisierung in Holzernte als Beitrag zur Effizienzsteigerung des Staatsforstbetriebes Niedersachsen. [Текст] / W. Behrnt. – In: FNW, 1998. – pp. 363-371.
6. Brokmeier, H. Struktur und Geschäftsfelder niedersächsischer Forstunternehmen [Text] / H. Brokmeier, M. Strunk // Forst und Technik, 2008. – pp. 24-27. (in German)
7. Drewes, D. Bestandesvorbereitung in der hochmechanisierten Holzernte [Text] / D. Drewes. – Forsttechnik, 2010. – 12 p. (in German)
8. Drushka, Ken Tracks in the Forest. The Evolution of Logging Machinery [Text] / Ken Drushka, Hannu Konttinen. – Timberjack Group. – Helsinki, 1997. – 253 p. ISBN 952-90-8616-4 (in English)
9. Fleischer, M. Geschichte der Holzernte in Handarbeit [Text] / M. Fleischer. – Proekte Verlag Cornelius GmbH, Halle/S. – 1. Auflage, 2009. – 212 p. ISBN 978-3-86634-664-2. (in German)
10. Fleischer, M. Geschichte der mobile Holzerntemaschinen [Text] / M. Fleischer. – Proekte Verlag Cornelius GmbH, Halle/S. – 1. Auflage, 2007. – 366 p. ISBN 978-3-86634-412-9. (in German)
11. Kokkarinen, J. Koneellinen puunkorjuu. Hallitusti hyvään tulokseen [Text] / J. Kokkarinen. – Metsäteho Oy: Helsinki, 2013. – 91 p.
12. Stampfer, K. Harvester und Seilgerät im Steilgelände [Text] / K. Stampfer, T. Strinmuller, Valmet 911 und Synchronfalke. Universität für Bodenkultur, Institut für Forsttechnik. Eigenverlag Wien, 2004. – 25 p.
13. Thieme, F. Naturgemäße Waldwirtschaft und modern Foresttechnik [Text] / F. Thieme. –In: FT, 1999. pp. 12-13.
14. Лесной кодекс Российской Федерации [Текст]. – М.: Издательство ЭЛИТ, 2007, – 48 с.
15. Правила заготовки древесины. Утверждены приказом МПР России № 184 от 16.07.2007 [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_124947/?frame=5.
16. Дербин, В.М. Лесосечные работы с сортировкой хлыстов или деревьев [Текст] / В.М. Дербин, М.В. Дербин. – Архангельск: ИД САФУ, 2014. – 103 с.

References

1. Azarenok V.A., Gerc Je.F., Mehrencev A.V. *Sortimentnaja zagotovka lesa* [CTL logging]. Ekaterinburg, 2001, 129 p. (in Russian)
2. Derbin V.M., Derbin M.V. *Sortimentnaja tehnologija zagotovki drevesiny* [Short log technology of wood harvesting]. *Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: Teorija i praktika: Materialy mezhdunarodnoj zaochnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Actual research directions of the XXI century: Theory and Practice: Proceedings of the international correspondence scientific-practical conference]. – Voronezh, 2014, no. 5, Part 4 (10-4), pp. 87-91 (in Russian)
3. Kochegarov V.G., Derbin V.M. *Zagotovka lesa s sortirovkoj hlystov v processe ochistki derev'ev ot such'ev* [Timber harvesting with sorting of tree-length during the cleaning process from tree branches]. *Lesnoj zhurnal* [Forest magazine]. 1981, no. 5, pp. 45-50 (in Russian)
4. Matvejko A.P., Fedorenchik A.S. *Tehnologija i mashiny lesosechnyh rabot* [Technology and machines of logging operations]. Minsk, 2002, 480 p. (in Russian)
5. Behrnt, W. Stand und Entwicklung der Mechanisierung in Holzernte als Beitrag zur Effizienzsteigerung des Staatsforstbetriebes Niedersachsen. In: FNW, 1998, pp. 363-371. (in German)
6. Brokmeier H., Strunk M. Struktur und Geschäftsfelder niedersächsischer Forstunternehmen. Forst und Technik, 2008, pp. 24-27.
7. Drewes D. Bestandesvorbereitung in der hochmechanisierten Holzernte. Forsttechnik, 2010, 12 p.
8. Drushka Ken, Hannu Konttinen Tracks in the Forest. The Evolution of Logging Machinery. Timberjack Group. Helsinki, 1997, 253 p. ISBN 952-90-8616-4.

- 9 Fleischer M. Geschichte der Holzernte in Handarbeit. Proekte Verlag Cornelius GmbH, Halle/S. 1. Auflage, 2009, 212 p. ISBN 978-3-86634-664-2.
- 10 Fleischer M. Geschichte der mobile Holzerntemaschinen. Proekte Verlag Cornelius GmbH, Halle/S. 1. Auflage, 2007, 366 p. ISBN 978-3-86634-412-9.
11. Kokkarinen, J. Koneellinen puunkorjuu. Hallitusti hyvään tulokseen. Metsäteho Oy: Helsinki, 2013, 91 p. (in Finnish)
12. Stampfer K., Strinmuller T. Harvester und Seilgerät im Steilgelände. Valmet 911 und Synchronfalke. Universität für Bodenkultur, Institut für Forsttechnik. Eigenverlag Wien, 2004, 25 p. (in German)
13. Thieme, F. Naturgemäße Waldwirtschaft und modern Foresttechnik. In: FT, 1999, pp. 12-13. (in German)
14. *Lesnoj kodeks Rossijskoj Federacii* [Forest Code of the Russian Federation]. Moscow, 2007, 48 p. (in Russian)
15. Pravila zagotovki drevesiny. Utverzhdeny prikazom MPR Rossii № 184 ot 16.07.2007 [Rules of wood harvesting. Approved by order of Russian Ministry of Natural Resources № 184 from 16.07.2007] Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_124947/?frame=5 (in Russian)
16. Derbin V.M., Derbin M.V. Lesosechnye raboty s sortirovkoj hlystov ili derev'ev [Harvesting with Sorting of Tree-lengths or Trees]. Arhangelsk, 2014, 103 p. (in Russian)

Сведения об авторах

Дербин Василий Михайлович – доцент кафедры технологии лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств, «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», кандидат технических наук, доцент, г. Архангельск, Российская Федерация; e-mail: v.derbin@mail.ru.

Дербин Михаил Васильевич – старший преподаватель кафедры технологии лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств, «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», кандидат технических наук, г. Архангельск, Российская Федерация; e-mail: m.v.derbin@mail.ru.

Information about authors

Derbin Vasily Mikhailovich – Head of the Department Technology of logging and woodworking industries of «Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov», Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Arkhangelsk, Russian Federation; e-mail: v.derbin@mail.ru.

Derbin Mikhail Vasilyevich – Senior Lecture of the Department Technology of logging and woodworking industries of «Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov», Ph.D. in Engineering, Arkhangelsk, Russian Federation; e-mail: m.v.derbin@mail.ru.

DOI: 10.12737/19957

УДК 656*4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ГРАФОВ

кандидат технических наук, доцент **И. Н. Кручинин**

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
г. Екатеринбург, Российская Федерация

Работа лесотранспортных машин связана со специфическими условиями эксплуатации, а именно движением по временным дорогам и в условиях бездорожья. Перемещения по этим поверхностям связаны со значительными динамическими процессами в узлах и агрегатах машин. Нами разработана математическая модель для проведения анализа динамических колебаний лесотранспортной машины с учетом физико-механических свойств опорной поверхности. В качестве опорной поверхности принят деформируемый грунт с низкой несущей способностью. Построенная математическая модель колебаний лесотранспортной машины содержит мо-