

ВИКТОР МИХАЙЛОВИЧ ЛУКАШЕВИЧ

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования лесного комплекса лесоинженерного факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
lvm-dov@mail.ru

МЕЖОПЕРАЦИОННЫЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ В СКВОЗНЫХ ПРОЦЕССАХ ЛЕСОЗАГОТОВОВОК*

Представлены пути повышения эффективности процесса лесозаготовок за счет оптимизации межоперационных приемов. Операция каждой машины, задействованной внутри сквозного процесса лесозаготовок, делится на основные и дополнительные приемы. К основным относятся приемы, обязательные для выполнения, чтобы достичь цели операции. К дополнительным – приемы, направленные на повышение эффективности либо рассматриваемой машины, либо последующей в сквозной цепочке лесозаготовительного процесса. Приведены примеры основных и дополнительных приемов для сквозного процесса заготовки сортиментов системой машин в составе харвестера и форвардера. Моделирование каждого приема из основной и дополнительной групп позволит получить рекомендации по наиболее оптимальной организации всего сквозного технологического процесса лесозаготовок.

Ключевые слова: подготовительные работы, сквозные процессы лесозаготовок, харвестер, форвардер

Главная цель подготовительных работ связана с созданием оптимальных условий для выполнения последующих основных работ лесозаготовительного производства [12]. Для повышения эффективности системы лесоуправления и производства на лесозаготовительном предприятии необходимо осуществлять научно обоснованное проектирование подготовительных работ с учетом современного лесного законодательства, а также их места в сквозных процессах лесозаготовок, включающих технологические операции от заготовки деловой и энергетической древесины на лесосеке до ее первичной обработки и поставки потребителям [10], [11], [12].

Для обоснования оптимальных сквозных технологий освоения лесосек различными системами машин предлагается выделять межоперационные подготовительные работы. Основным критерием формирования систем машин в рамках оптимальных сквозных технологических процессов лесозаготовок является увязка последовательно используемых в этих процессах машин по производительности. Повышение производительности как отдельных машин, так и всей системы в сквозном процессе можно обеспечить тогда, когда на каждой предыдущей операции сквозного технологического процесса и до выполнения последующей операции будет обеспечено качественное осуществление межоперационных подготовительных работ. Определение всех возможных вариантов выполнения каждой лесозаготовительной операции позволит найти такой вариант, при котором сквозной технологический процесс будет оптимальным.

Исходя из этого сквозной процесс лесозаготовок необходимо организовывать таким образом, чтобы приемы предшествующих лесозаготови-

тельных машин или другие виды подготовительных работ способствовали лучшей работе последующих машин в системе.

Рассмотрим наиболее популярную в настоящее время систему машин в составе харвестера и форвардера [1]. В данном сквозном процессе образуются четыре операции. Первая операция включает в себя подготовку лесосек к рубке, вторая – это заготовка сортиментов харвестером, третья – трелевка и формирование штабелей сортиментов форвардером, четвертая – погрузка и вывозка сортиментов автопоездом. Внутри каждой операции приемы делятся на две группы (основные и дополнительные) и анализируются на предмет возможной оптимизации. К основным относятся приемы, направленные на выполнение основной работы, которые обязательно должны быть выполнены, чтобы достичь цели операции. К дополнительным относятся приемы, которые может использовать оператор машины для повышения эффективности своей работы (дополнительные приемы первой степени) или работы последующей машины (дополнительные приемы второй степени) в сквозном процессе лесозаготовок. Они могут использоваться только в определенных условиях при желании оператора либо вообще быть невостребованными. Выбор приемов из каждой группы и качество выполнения будут влиять на эффективность работы как текущей машины, так и последующей.

Первая операция – подготовка лесосек к рубке. К основным приемам относятся установка деляночных столбов, закрепление и выделение границ лесосеки на местности, таксация, составление технологической карты и др. Для повышения эффективности отводов лесосек в ка-

честве дополнительных приемов первой степени возможно использование современных средств навигации, лесоучетных инструментов, оборудования и программного обеспечения. Например, использование навигаторов и электронных мерных вилок позволит существенно упростить такие виды работ, как промер линий, измерение углов, геодезическую привязку к квартальным просекам, таксационным визирам или другим постоянным ориентирам, закладку пробных площадей и перечет деревьев. Развитие автоматизации документооборота также является одним из приемов повышения эффективности лесозаготовительного производства на стадии подготовки. В настоящее время существуют программные средства, позволяющие вычерчивать абрис по координатам навигатора, составлять материально-денежную оценку и др., которые уже успешно работают на предприятиях отечественного ЛПК. Также идут разработки программного обеспечения по проектированию технологических карт с учетом природно-производственных условий лесосеки.

К дополнительным приемам второй степени при подготовке лесосек к рубке, направленным на повышение работы машин в сквозном процессе, относятся сбор как можно большей информации о природно-производственных условиях лесосеки и проектирование технологических карт с применением методов оптимизации. Большинство информации может быть получено при использовании навигатора (координаты расположения границ лесосеки, неэксплуатационных площадей, опасных мест, крутых склонов, ключевых биотопов, семенных куртин и др.). В перспективе возможна разработка методов и средств по анализу проб грунта, определение координат отдельных деревьев и их свойств для предварительного отбора при выборочной рубке или рубке ухода. База данных координат перечисленных объектов может быть использована для проектирования объектов инфраструктуры лесосеки (расположение погружочного пункта, его площадь, размещение волоков, их нагруженность и др.) заблаговременно с применением методов оптимизации [2], [4], [5]. Чем больше информации будет получено при отводе, тем более качественно можно спланировать последующие работы. Эта информация может быть передана операторам харвестера и форвардера, на основании чего они будут планировать свою работу либо разрабатывать рекомендации по освоению лесосек (например, технологическая карта с учетом слабых грунтов и др.).

Вторая операция – работа харвестера. К основным обязательным приемам харвестера относятся: переезд к месту работы, наводка харвестерной головки на дерево, захват, срезание и валка дерева, протаскивание и обрезка сучьев, раскряжевка, сортировка и формирование пачек. Для повышения эффективности работы

харвестера некоторые основные приемы можно совмещать. Например, переезд на новую стоянку и наводка харвестерной головки на дерево; валка дерева и частичное его протаскивание при переносе к месту раскряжевки, что также можно отнести к дополнительным приемам первой степени. Важно чтобы оператор провел предварительную оценку запроектированной технологической карты, ознакомился с расположением магистрального волока, лично прошел границы лесосеки, отметил места слабых грунтов, крупных уклонов, наличие водоема и др. При обнаружении несоответствий или замечаний нужно сообщить об этом ответственному на предприятии и внести при необходимости корректировки в проектную документацию.

К дополнительным приемам второй степени можно отнести укладку порубочных остатков на слабые участки лесосеки для повышения проходимости форвардера. О таких участках необходимо предупреждать оператора форвардера, который будет планировать уменьшение объема воза, количества перемещений или концентрацию дровяной древесины вблизи опасных мест. Несколько дополнительных приемов второй степени связаны с формированием пачек сортиментов на пасеке. При раскряжевке оператор должен следить, чтобы деловые сортименты не попадали на волок и не перекрывали путь форвардеру. При обрезке сучьев необходимо стремиться к тому, чтобы порубочные остатки не затеняли торцы сортиментов, а при большой высоте снежного покрова лесоматериалы были уложены на подкладочное дерево. Это позволит оператору форвардера оценивать качество и параметры сортиментов по торцам и более эффективно загружать их за счет рационального размещения в грузовой платформе. Для этих же целей можно оснастить харвестерную головку дополнительными функциями (цветовая маркировка, покрытие пней жидкостью). При формировании пачек сортиментов оператор харвестера должен стремиться выравнивать торцы, чтобы оператор форвардера тратил на это меньше времени. Дополнительным приемом можно считать начало разработки лесосеки с разрубки площади под погружочный пункт. Это позволит оператору форвардера формировать подштабельные места, пока оператор харвестера разрабатывает пасеку. При этом возможно частичное оставление растущих деревьев при расчистке места под погружочную площадку (для будущей подпорки штабеля с последующей их рубкой). Отбойные деревья можно оставлять и при выборочных рубках, чтобы устранить повреждения оставляемых для дальнейшего роста деревьев при перемещениях форвардера.

Третья операция связана с работой форвардера, основными приемами являются сбор сортиментов, трелевка их на погружочную площадку, формирование штабеля, порожний ход за но-

выми сортиментами. Одним из важных дополнительных приемов первой степени является выбор оптимальной полезной нагрузки на рейс. Оператор форвардера должен начинать работу при наличии необходимого запаса сортиментов в разработанных пасеках на полную загрузку с учетом безопасного расстояния от харвестера. В то же время возможно осуществлять трелевку с меньшей нагрузкой при работе на слабых грунтах, в периоды распутицы, при снегопаде и др., чтобы избежать образования глубокой колеи и застревания трактора. Оператор форвардера должен следить за состоянием волока, при необходимости укрепить его дровяными сортиментами (сделать сплошной настил). Оператор должен стремиться осуществлять трелевку с минимальным количеством перемещений и сбор сортиментов начинать с дальнего конца волока в сторону погрузочной площадки, чтобы уменьшить расстояние трелевки в груженом состоянии. При большом расстоянии трелевки и большом запасе сортиментов желательно иметь возможность использовать второй форвардер. Следующим дополнительным приемом первой степени является осуществление рационального размещения сортиментов в грузовой платформе. Желательно планировать набор пачки с учетом видов сортиментов, их количества в пасеках, наличия свободных мест в штабелях и др. В первую очередь необходимо загружать сортименты одного вида, затем, при наличии свободного пространства в грузовой платформе, другие. В дальнейшем это позволит ускорить разгрузку в штабеля на погрузочной площадке. При трелевке нельзя переезжать деловые лесоматериалы, так как снижается их последующее качество. К дополнительным приемам первой степени можно отнести постоянную трелевку нескольких неделовых сортиментов. При работе на заболоченной местности их можно будет использовать для укладки при увязании в слабом грунте, а при работе на склонах и выборочных рубках их укладка у комля оставляемого дерева позволит образовать буфер между деревом и колесом на ширину диаметра сортимента, позволяющий снизить повреждение растущего дерева при соскальзывании машины.

Дополнительные приемы второй степени связаны с формированием штабеля сортиментов на погрузочной площадке. Оператору форвардера необходимо планировать работу таким образом, чтобы повысить эффективность работы водителя автопоезда. Например, формировать плотные и высокие штабеля, выравнивать комли сортиментов, что позволит осуществлять загрузку с одной стоянки либо с минимальными переездами вдоль штабеля. При формировании подштабельных мест необходимо качественно уложить прокладки, чтобы будущие штабеля не рассыпались и не просели; при разгрузке и формировании штабеля создавать карманы, чтобы штабель был высоким

и прочным. Если лесозаготовка осуществляется зимой и точно известно, что сортименты не залежатся, то для сокращения времени формирования штабеля возможно на земле. Разгрузку сортиментов желательно осуществлять у колонны манипулятора, тогда сортименты будут укладываться перпендикулярно дороге и будет обеспечен хороший обзор. Оператору форвардера также необходимо планировать перемещения при формировании штабеля (например, создавать обходные пути, что позволит уменьшить простой либо автопоезда, либо форвардера при совпадении времени их работ на погрузочном пункте). При расположении лесовозного уса внутри границ лесосек нужно стремиться уменьшать количество переездов через дорогу. При заезде форвардера на дорогу между штабелями увеличивается вероятность ее разрушения до степени, когда автопоезд не сможет подъехать к штабелю, а также увеличивается расстояние трелевки. Канавы желательно заложить неделовыми сортиментами с последующей обязательной их очисткой.

Приведем несколько примеров межоперационной оптимизации в других технологических процессах лесозаготовок. Например, заготовка деревьев валочно-пакетирующими машинами (ВПМ) и последующая их трелевка скиддерами. ВПМ с одной стоянки формирует пачки небольшого объема, и для повышения производительности оператор скиддера может использовать дополнительный прием – сдавивание пачек, что позволяет увеличить полезную нагрузку на один груженый ход скиддера. С другой стороны, при больших расстояниях трелевки возможна ситуация, когда производительность скиддера будет меньше производительности ВПМ. Тогда оператор ВПМ может использовать дополнительный прием, направленный на увеличение объема пачки для скиддера за счет переноса спиленных деревьев с текущей стоянки к пачке, сформированной на предыдущей стоянке. В этом случае уменьшается время технологического цикла скиддера за счет исключения времени на сдавивание, и, следовательно, повышается его производительность. Поэтому для повышения эффективности сквозного процесса по заготовке деревьев ВПМ и скиддером необходима оптимизация приемов между операциями.

Рассмотрим другой пример при разработке лесосек вальщиками и трелевке сортиментов форвардером. При заготовке сортиментов вальщиками может выполняться вспомогательный прием по окучиванию сортиментов. Это позволяет оператору форвардера быстрее загрузить пространство грузовой платформы сортиментами. Но это увеличивает трудозатраты вальщика и снижает его производительность. Поэтому при небольшом количестве вальщиков для ускорения их работы можно использовать следующий вспомогательный прием оператором форвардера. При валке дерева (особенно удаленного от центральной оси

волока) вальщик первый рез при раскряжевке делает не полностью и получается длинный сдвоенный сортимент (например, два шестиметровых сортимента, соединенных недопилом). Затем оператор форвардера с помощью манипулятора подтягивает к себе этот сортимент, обламывает его в месте среза и загружает в форвардер. Представленный вспомогательный прием позволяет освободить вальщика от тяжелого труда по окучиванию (особенно первых сортиментов) и увеличить ширину пасеки (уменьшить количество волоков на лесосеке). Оптимизация этих приемов позволит повысить эффективность технологического процесса по заготовке сортиментов вальщиками и их трелевке форвардерами.

Моделирование каждого приема из основной и дополнительной групп позволит получить рекомендации по наиболее оптимальной организации всего сквозного технологического процесса лесозаготовок [4], [5], [8], [9], [15]. Для проведения пооперационной оптимизации сквозного технологического процесса необходимо:

- сформировать перечень всех возможных приемов по операциям [1], [3], [5];
- оценить их значимость внутри операции и во всем сквозном процессе [1], [3], [13], [14];
- определить количественные показатели каждого приема и провести их математическую обработку (построить функцию распределения приема; определить математическое ожидание, дисперсию, пределы; построить модели и зависимости и т. п. по каждому приему) [5];
- сформулировать рекомендации по оптимизации сквозного технологического процесса [6], [7], [8], [9].

Критериями оптимизации могут быть: производительность, прибыль, уменьшение затрат (в т. ч. трудозатрат), снижение ручного труда, экологизация, повышение эффективности лесовосстановления, снижение объемов нарушений, минимум простоев или их совокупность. При этом можно отсортировать критерии по значимости либо выработать комплексный критерий.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования РФ в рамках реализации Программы стратегического развития Петрозаводского государственного университета (ПетрГУ) на 2012–2016 гг. «Университетский комплекс ПетрГУ в научно-образовательном пространстве Европейского Севера: стратегия инновационного развития».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будник П. В., Демчук А. В. Исследование системы заготовки сортиментов с использованием комплекса машин «харвестер + форвардер» // Перспективы науки. 2012. № 8 (35). С. 88–90.
2. Воронова А. М., Воронов Р. В., Пискунов М. А. Моделирование схемы волоков при помощи покрытия гиперсети взвешенным корневым деревом // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер. «Естественные и технические науки». 2012. № 2 (123). С. 114–117.
3. Галактионов О. Н., Кузнецова А. В. Исследование взаимосвязи технологической проходимости лесозаготовительных машин с параметрами лесной среды // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1145>
4. Морозов Е. В., Шегельман И. Р. О применении вероятностного моделирования для анализа некоторых технологических процессов лесозаготовок // Глобальный научный потенциал. 2011. № 9. С. 67–71.
5. Суханов Ю. В., Селиверстов А. А., Соколов А. П., Сюнёв В. С. Имитационное моделирование работы харвестера: алгоритмы и реализация // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер. «Естественные и технические науки». 2012. № 8 (129). Т. 2. С. 49–51.
6. Шегельман И. Р. Анализ сквозных процессов заготовки биомассы дерева и ее переработки на щепу // Современные проблемы развития лесопромышленных производств: научные труды. 2001. № 6. С. 13–23.
7. Шегельман И. Р. Концепция развития технологических процессов лесозаготовок с комплексным использованием древесины // Труды лесоинженерного факультета Петрозаводского государственного университета. 2001. № 3. С. 102–104.
8. Шегельман И. Р. Функционально-технологический анализ: метод формирования инновационных технических решений для лесной промышленности. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2012. 96 с.
9. Шегельман И. Р., Щеголова Л. В., Пономарев А. Ю. Математическая модель выбора сквозных потоков заготовки, транспортировки и переработки древесного сырья // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2005. № 172. С. 32–36.
10. Шегельман И. Р., Будник П. В. Классификация сквозных технологий заготовки биомассы дерева // Перспективы науки. 2012. № 4 (31). С. 90–92.
11. Шегельман И. Р., Васильев А. С. Потенциал совмещения операций очистки деревьев от сучьев и коры в рамках сквозных технологий лесопромышленных производств // Инженерный вестник Дона. 2013. Т. 25. № 4. С. 52 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1744>
12. Шегельман И. Р., Лукашевич В. М. Трансформация системы лесосырьевой и технологической подготовки в организации лесопользования // Фундаментальные исследования. 2012. № 3 (3). С. 739–743 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://search.rae.ru>
13. Шегельман И. Р., Скрыпник В. И., Кузнецова А. В. Анализ показателей работы и оценка эффективности лесозаготовительных машин в различных природно-производственных условиях // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер. «Естественные и технические науки». 2010. № 4 (109). С. 66–75.
14. Шегельман И. Р., Щеголова Л. В., Пономарев А. Ю., Щукин П. О. Экспертная оценка факторов, характеризующих сквозные технологии лесозаготовок // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2009. № 189. С. 89–95.
15. Щеголова Л. В., Лукашевич В. М. Задача формирования парка машин и оборудования для проведения лесозаготовительных работ при разделении лесосеки на зоны летней и зимней вывозки // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2009. № 4. С. 119–121.

Lukashevich V. M., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

INTEROPERATIONAL PREPARATORY WORKS IN THROUGH PROCESSES OF FOREST LOGGING

A set of credible ways increasing productive efficiency of the forest logging process by means of optimization of interoperational methods are presented in the article. The operation of each machine enabled in the chain process of forest logging consists of the main and additional methods. The main methods are those that are obligatory to execute in order to reach the goal of the operation. The additional methods are those that are intended to increase efficiency of either the machine under consideration or the following machine employed in the through process of forest work. The article gives examples of the main and additional methods for the through process of short log operations by the system of machines represented by a harvester and a forwarder. Modeling of each method from the main and additional groups will allow receiving recommendations on the most optimal organization of the whole technological process of forest logging works.

Key words: preparatory works, through processes of forest logging, harvester and forwarder

REFERENCES

1. Budnik P. V., Demchuk A. V. The study of the logging system with complex machinery “harvester + forwarder” [Issledovanie sistemy zagotovki sortimentov s ispol’zovaniem kompleksa mashin “kharvester + forwarder”]. *Perspektivy nauki* [Science prospects]. 2012. № 8 (35). P. 88–90.
2. Voronova A. M., Voronov R. V., Piskunov M. A. Skid trail network simulation by means of hypernetwork covered with weighted rooted tree [Modelirovaniye skhemy volokov pri pomoshchi pokrytiya giperseti vzveshennym kornevym derevom]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. “Estestvennye i tekhnicheskie nauki”* [Proceedings of Petrozavodsk State University. Natural & Engineering Sciences]. 2012. № 2 (135). P. 114–117.
3. Galaktionov O. N., Kuznetsov A. V. Research of the relationship between technological possibility of forest machines and parameters of forest environment [Issledovanie vzaimosvyazi tekhnologicheskoy prokhodimosti lesozagotovitel’nykh mashin s parametrami lesnoy sredy]. *Inzhenernyy vestnik Doma* [Inženernyj vestnik Doma (Rus)]. 2012. № 4. Available at: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1145>
4. Morozov E. V., Shegel’mann I. R. On Application of Probabilistic Modeling to the Analysis of Some Timber Harvesting Technology Processes [O primenenii veroyatnostnogo modelirovaniya dlya analiza nekotorykh tekhnologicheskikh protsessov lesozagotovok]. *Global’nyy nauchnyy potentsial* [Global scientific potential]. 2011. № 9. P. 67–71.
5. Sukhanov Yu. V., Selyiverstov A. A., Sokolov A. P., Sunev V. S. Simulation modeling of harvester’s work: algorithm and realization [Imitatsionnoe modelirovaniye raboty kharvestera: algoritmy i realizatsiya]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. “Estestvennye i tekhnicheskie nauki”* [Proceedings of Petrozavodsk State University. Natural & Engineering Sciences]. 2012. № 8 (129). P. 49–51.
6. Shegel’mann I. R. Analysis of through processes of biomass of wood and its processing on chips [Analiz skvoznykh protsessov zagotovki biomassy dereva i ee pererabotki na shchepu]. *Sovremennye problemy razvitiya lesopromyshlennyykh proizvodstv: nauchnye trudy* [Modern problems of timber processing manufacture development: scientific works]. 2001. № 6. P. 13–23.
7. Shegel’mann I. R. The concept of development processes of forest logging and integrated forest utilization [Kontseptsiya razvitiya tekhnologicheskikh protsessov lesozagotovok s kompleksnym ispol’zovaniem drevesiny]. *Trudy lesoinzhenernogo fakul’teta Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Research Reports of Forest Engineering Faculty of Petrozavodsk State University]. 2001. № 3. P. 102–104.
8. Shegel’mann I. R. *Funktional’no-tehnologicheskiy analiz: metod formirovaniya innovatsionnykh tekhnicheskikh resheniy dlya lesnoy promyshlennosti* [Engineering and technical analysis: method of formation of innovative technical solutions for the forest industry]. Petrozavodsk, PetrGU Publ., 2012. 96 p.
9. Shegel’mann I. R., Shchegoleva L. V., Ponomarev A. Yu. Mathematical model determining optimal technological chain processes of wood resources extraction, transporting and processing [Matematicheskaya model’ vybora skvoznykh potokov zagotovki, transportirovki i pererabotki drevesnogo syr’ya]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [Proceedings of Saint Petersburg State Forest Technical Academy]. 2005. № 172. P. 32–36.
10. Shegel’mann I. R., Budnik P. V. Classification of Through Technologies of Wood Biomass Preparation [Klassifikatsiya skvoznykh tekhnologiy zagotovki biomassy dereva]. *Perspektivy nauki* [Science prospects]. 2012. № 4 (31). P. 90–92.
11. Shegel’mann I. R., Vasil’ev A. S. Potential of combination of wood barking and branches cutting within through technologies of timber industries [Potentsial sovmeshcheniya operatsiy ochistki derev’ev ot such’ev i kory v ramkakh skvoznykh tekhnologiy lesopromyshlennyykh proizvodstv]. *Inzhenernyy vestnik Doma* [Inženernyj vestnik Doma (Rus)]. 2013. Vol. 25. № 4. P. 52. Available at: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1744>
12. Shegel’mann I. R., Lukashhevich V. M. Transformation of the system of raw and technological preparation in organization of forest exploitation [Transformatsiya sistemy lesosyr’evoy i tekhnologicheskoy podgotovki v organizatsii lesopol’zovaniya]. *Fundamental’nye issledovaniya* [The Fundamental researches]. 2012. № 3 (3). P. 739–743. Available at: <http://search.rae.ru/>
13. Shegel’mann I. R., Skrypnik V. I., Kuznetsov A. V. Performance analysis and evaluation of forest machines in various natural and industrial environments [Analiz pokazateley raboty i otsenka effektivnosti lesozagotovitel’nykh mashin v razlichnykh prirodno-proizvodstvennykh usloviyakh]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. “Estestvennye i tekhnicheskie nauki”* [Proceedings of Petrozavodsk State University. Natural & Engineering Sciences]. 2010. № 4 (109). P. 66–75.
14. Shegel’mann I. R., Shchegoleva L. V., Ponomarev A. Yu., Shchukin P. O. Expert estimation of factors, characterizing through technologies of timber cuttings [Ekspertnaya otsenka faktorov, kharakterizuyushchikh skvoznye tekhnologii lesozagotovok]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [Proceedings of Saint Petersburg State Forest Technical Academy]. 2009. № 189. P. 89–95.
15. Shchegoleva L. V., Lukashhevich V. M. A problem of creation of a set of logging machine and equipment in conditions of cutting area division into winter and summer periods of tree hauling [Zadacha formirovaniya parka mashin i oborudovaniya dlya provedeniya lesozagotovitel’nykh rabot pri razdelenii lesoseki na zony letney i zimney vyvozki]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Herald of Moscow State Forest University – the Forest Bulletin]. 2009. № 4. P. 119–121.