

УДК 630.323

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ И ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЗАТРАТ РАБОТЫ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН

© А.Н. Заикин, д-р техн. наук, доц.

Е.Г. Рыжикова, ст. преп.

Брянская государственная инженерно-технологическая академия, пр. Станке Димитрова, 3, г. Брянск, Россия, 241037; e-mail: Zaikin.Anatolij@yandex.ru

Полное использование производственных возможностей машин и оборудования в значительной степени зависит от соответствия их конструктивных особенностей и параметров организации работы конкретным природно-производственным условиям. Соответствие параметров организации работы или параметров взаимосвязи машин достигается в процессе технологических расчетов с определением оптимальных режимов функционирования. Расчет режимов работы машин в различные периоды разработки лесосек может быть выполнен по математическим моделям. В основу моделирования лесозаготовительного процесса нами положен подход к его организации, основанный на подключении дополнительного оборудования на «отстающих» операциях. Для расчета продолжительности работы машин на технологических операциях при планировании лесозаготовительного процесса нами получены аналитические зависимости для различной продолжительности работы машин на лесосеке. С использованием этих аналитических зависимостей разработана математическая модель для определения суммарного эффективного времени работы лесозаготовительных машин в течение всего периода разработки лесосеки, а также получены математические модели определения энергозатрат и удельных энергозатрат работы машин на отдельных лесозаготовительных операциях и комплекта в целом за различный промежуток времени. Полученные математические модели реализованы в программном модуле МППлес информационной системы для оперативного планирования лесозаготовительного процесса. Проведение компьютерного эксперимента с моделированием различных вариантов комплектов лесосечных машин на основе МППлес позволило убедиться в том, что организация работы с подключением на отстающих операциях дополнительных машин снижает продолжительность разработки лесосеки и энергозатраты на их выполнение до 10...30 %.

Ключевые слова: лесозаготовительный процесс, лесосечные работы, оперативные запасы, время работы, энергозатраты.

Введение

Лесная промышленность России занимает одно из самых значительных мест в экономике страны. В ее основе лежит процесс заготовки древесины, которая является сырьем для многих сфер производства.

Специфичность лесозаготовительного производства и разнообразие природно-производственных условий вынуждают применять для выполнения лесосечных работ несколько систем машин и оборудования для различных типов технологических процессов, обеспечивающих заготовку деревьев, хлыстов, сортиментов, щепы и пиломатериалов на лесосеке, что порождает различные подходы к организации лесозаготовительного процесса.

Полное использование производственных возможностей машин и оборудования в значительной степени зависит от соответствия их конструктивных особенностей и параметров организации работы в конкретных природно-производственных условиях. Соответствие параметров организации работы или параметров взаимосвязи машин достигается в процессе технологических расчетов с определением оптимальных режимов функционирования: численности машин, времени их работы, объемов оперативных запасов древесины, а также технико-экономических и экологических показателей комплектов машин. При выполнении технологических расчетов необходимо учитывать особенности условий выполнения лесосечных работ.

Методы исследования

Одна из основных особенностей лесосечных работ – частая перебазировка машин с одной лесосеки на другую. Вторая особенность заключается в том, что перебазировка машин осуществляется не всех сразу, а с определенным интервалом.

Третьей особенностью является необходимость создания и поддержания на определенном, рассчитанном для конкретных условий, уровне межоперационных оперативных запасов объектов труда (ОТ) – деревьев, хлыстов, сортиментов. Определение объемов оперативных запасов, продолжительности работы машин в различные периоды разработки лесосек может быть рассчитано по математическим моделям.

В основу моделирования лесозаготовительного процесса нами положен подход к его организации, основанный на подключении дополнительного оборудования на «отстающих» операциях. Согласно этому подходу, время создания, пополнения, потребления и выработки запасов t_i ($i = 1, \dots, 4$), а также объем гарантийных запасов Z_r определяются по разработанным математическим моделям, приведенным в работах [3–5] и учитывающим основные особенности лесосечных работ. Организация работы машин с учетом полученных режимов обеспечивает объем выработки комплекта машин, который бы был равен или близок к объему выработки головной машины (имеющей наибольшую производительность). Использование в качестве дополнительного оборудования чокерных трелевочных машин и ручного моторного инструмента позволяет не только выравнять объемы выработки машин на смежных операциях, но и обработать древесиной, оставленной основными машинами (который составляет до 5 % насаждений [3]).

В ходе лесозаготовительного процесса требуется создание и поддержание на определенном уровне межоперационных запасов – страховых (Z_c) и гарантийных (Z_r). Величина этих запасов будет определять продолжительность работы машин на каждой операции, включенной в технологическую схему.

Результаты исследования и их обсуждение

При моделировании и исследовании лесозаготовительного процесса с подключением дополнительного оборудования на отстающих операциях возникает задача оценки его эффективности. При ее решении можно использовать различные критерии: время выполнения процесса, продолжительность работы машин на операциях, время работы с подключением дополнительного оборудования и т.п. Большая часть из них определяется при планировании лесозаготовок. Если для оценки использовать экономические показатели, то, как показывает обзор источников [1–3], необходимо рассчитать затраты. Они будут пропорциональны затратам на горюче-смазочные материалы, которые, в свою очередь, зависят от энергозатрат и времени функционирования лесозаготовительной техники. Энергозатраты будут зависеть от мощности двигателей машин и времени их работы на лесозаготовительных операциях.

Для расчета продолжительности работы машин на технологических операциях при планировании лесозаготовительного процесса нами получены аналитические зависимости для различной продолжительности работы машин на лесосеке [7].

Эффективное время работы лесозаготовительных машин для первого месяца разработки лесосек на операциях с первой до предпоследней ($t_{mi}[1]$) будет складываться из времени создания запаса ($t_1^{(i)}[1]$), времени пополнения запаса и параллельного его потребления на следующий операции ($t_2^{(i-(i+1))}[1]$), времени работы с подключением дополнительного оборудования на отстающей операции ($t_3^{(i-(i+1))}[1]$):

$$t_{mi}[1] = t_1^{(i)}[1] + t_2^{(i-(i+1))}[1] + t_3^{(i-(i+1))}[1]. \quad (1)$$

Здесь нижний индекс обозначает тип промежутка времени, верхний – номер операции, для которой выполняется действие; $i = 1, 2, 3, 4$; [1] – первый месяц разработки лесосек.

Эффективное время работы лесозаготовительных машин на технологических операциях для последней операции первого месяца, первой операции последнего месяца и операций месяцев, начиная со второго до предпоследнего, будет складываться из времени его пополнения и потребления на смежных операциях и времени работы с подключением дополнительного оборудования на отстающей операции:

$$t_{mi}[j] = t_2^{(i-(i+1))}[j] + t_3^{(i-(i+1))}[j], \quad (2)$$

где j – номер месяца разработки лесосеки.

Эффективное время работы лесозаготовительных машин в течение последнего расчетного месяца лесозаготовительных операций со второй до последней будет складываться из времени

пополнения и потребления запасов, времени работы с подключением дополнительного оборудования на отстающей операции при одновременном выполнении смежных операций и времени выработки запаса на второй операции:

$$t_{m2}[\text{mesk}] = t_2^{(i-(i+1))}[\text{mesk}] + t_3^{(i-(i+1))}[\text{mesk}] + t_4^{(i+1)}[\text{mesk}], \quad (3)$$

где mesk – число месяцев разработки лесосеки;
 $t_4^{(i+1)}$ – время выработки запасов $(i+1)$ операции.

№ операции

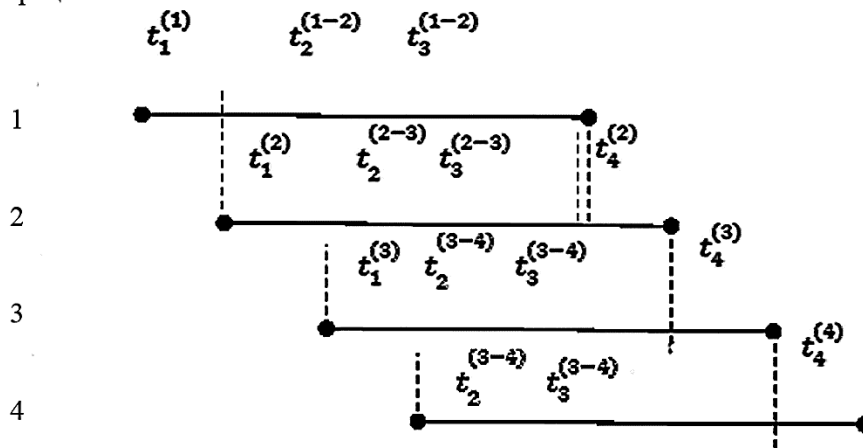


Рис. 1. Время выполнения лесозаготовительных операций в течение

На рис. 1 приведена схема планирования разработки лесосеки в течение 1 мес., на рис. 2 – в течение нескольких (используемые обозначения: $t_1^{(1)}$, $t_1^{(2)}$, $t_1^{(3)}$ – время создания запасов машинами первой, второй и третьей операций до начала

работы машин на второй, третьей и четвертой операциях соответственно; $t_2^{(1-2)}$, $t_2^{(2-3)}$, $t_2^{(3-4)}$ – время пополнения и потребления запасов основными машинами без дополнительных между первой и второй, второй и третьей, третьей и четвертой операциями соответственно; $t_3^{(1-2)}$, $t_3^{(2-3)}$, $t_3^{(3-4)}$ – время пополнения и потребления запасов основными и дополнительными машинами вместе между первой и второй, второй и третьей, третьей и четвертой операциями соответственно; $t_4^{(2)}$, $t_4^{(3)}$, $t_4^{(4)}$ – время выработки запасов машинами второй, третьей и четвертой операций после перебазировки машин соответственно первой, второй, третьей операций на новую лесосеку).

При планировании разработки лесосеки в течение одного месяца (см. рис. 1) эффективное время работы машин на первой технологической операции следует рассчитывать по формуле (1), на последней – по (3), на промежуточных операциях – по (2).

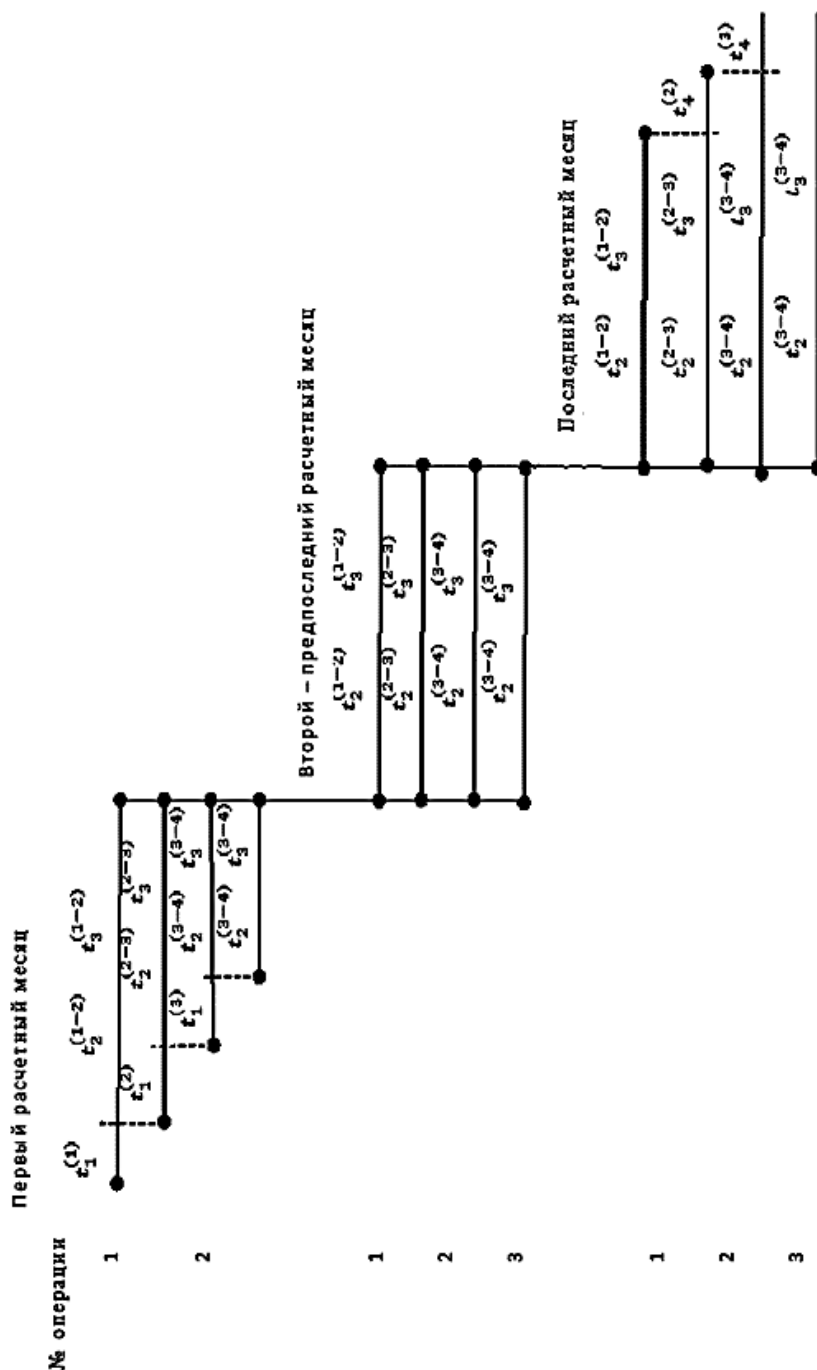


Рис. 2. Время выполнения лесозаготовительных операций в течение нескольких месяцев

При планировании разработки лесосеки в течение нескольких месяцев (рис. 2) обобщенная формула для расчета промежутка времени от начала разработки лесосеки до окончания текущей операции будет иметь следующий вид:

$$T_n^i[j] = t_1^{(i)}[1] + \sum_{j=1}^{mesk} \left(t_{2[j]}^{(i-(i+1))} + t_{3[j]}^{(i-(i+1))} \right) + t_4^{(i)}[mesk]. \quad (4)$$

Суммарное эффективное время работы лесозаготовительных машин в течение всего периода разработки лесосеки

$$T_n = \sum_{i=1}^{chop} t_1^{(i)}[1] + \sum_{j=1}^{mesk} \sum_{i=1}^{chop} \left(t_{2[j]}^{(i-(i+1))} + t_{3[j]}^{(i-(i+1))} \right) + \sum_{i=1}^{chop} t_4^{(i)}[mesk], \quad (5)$$

где chop – число операций.

На основании математических моделей (1–5) получены формулы для расчета эффективного времени работы лесосечных машин на технологических операциях при планировании разработки

лесосек на 1, 2 и более месяцев с количеством технологических операций от 2 до 4. Перечисленные варианты организации лесозаготовительных работ, согласно [3], являются самыми распространенными.

Зная продолжительность работы машин на лесозаготовительных операциях, можно найти энергозатраты. Они будут зависеть от мощности двигателей машин и времени их работы на лесозаготовительных операциях.

Энергозатраты машин на i -й операции:

$$E_{ci} = P_{mi} T_n^i [j] (T_{sm} - T_{ps}), \quad (6)$$

где P_{mi} – мощность двигателя машины на i -й операции;

$T_n^i [j]$ – продолжительность (число дней) работы машины в j -ом месяце на i -й операции;

T_{sm} и T_{ps} – соответственно продолжительность смены и подготовительно-заключительное время.

Энергозатраты машин за весь период разработки лесосеки:

$$E_c = \sum_{j=1}^{kmeschop} \sum_{i=1} P_{mi} T_n^i [j] (T_{sm} - T_{ps}), \quad (7)$$

где $kmes$ – номер месяца.

Наиболее точными показателями эффективности работы машин являются удельные энергозатраты.

Удельные энергозатраты машин на i -й операции

$$E_{суд} = (P_{mi} T_n^i [j]) (T_{sm} - T_{ps}) / Q_{mmax}; \quad (8)$$

за весь период разработки лесосеки

$$E_{суд} = \sum_{j=1}^{kmeschop} \sum_{i=1} (P_{mi} T_n^i [j]) (T_{sm} - T_{ps}) / Q_{mmax}, \quad (9)$$

где Q_{mmax} – максимальный объем выработки машины за время $T_n^i [j]$.

Рис. 3. Расчет времени создания, пополнения и потребления запасов

The screenshot shows a software window titled 'МППлес 05.03.2013 21:53:33'. The main menu includes 'Файл', 'Повтор', 'Запуск', 'Справка', 'Планирование', 'БД ЛЗтех', and 'Экспорт в Excel данных'. The active tab is 'Энергозатраты'. Below the menu, there are several tabs: 'ОБЩИЕ ДАННЫЕ', 'ДАННЫЕ ПО МАШИНАМ', 'Запасы', 'Время создания запасов', 'Объемы выработки машин', and 'Энергозатраты'. The main content area is divided into two sections: 'ВРЕМЯ РАБОТЫ МАШИН НА ОПЕРАЦИЯХ' and 'ЭНЕРГОЗАТРАТЫ'. Each section contains a table with columns for month, number of work days, parameters, and various time/energy values.

| ВРЕМЯ РАБОТЫ МАШИН НА ОПЕРАЦИЯХ | | | | | | |
|---------------------------------|-----------------|----------------|------|------|------|------|
| МЕСЯЦ | ЧИСЛО РАБ. ДНЕЙ | ПАРАМЕТРЫ | В | Т | С | П |
| 1 Апрель | 18 | Основных | 20,1 | 19 | 18,1 | 17,2 |
| | | Дополнительных | 0 | 12,3 | 11,8 | 1,6 |
| 2 Май | 15 | Основных | 8,2 | 11,1 | 13,7 | 14,7 |
| | | Дополнительных | 0 | 3,8 | 6,8 | 1,2 |

| ЭНЕРГОЗАТРАТЫ | | | | | | | |
|---------------|-----------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| МЕСЯЦ | ЧИСЛО РАБ. ДНЕЙ | ПАРАМЕТРЫ | В | Т | С | П | Всего |
| 1 Апрель | 18 | Основных | 1774,83 | 1607,4 | 1531,26 | 1642,6 | 6556,09 |
| | | Дополнительных | 0 | 1990,14 | 92,04 | 152,8 | 2234,98 |
| | | Всего | 1774,83 | 3597,54 | 1623,3 | 1795,4 | 8791,07 |
| 2 Май | 15 | Основных | 724,06 | 939,06 | 1159,02 | 1403,85 | 4225,99 |
| | | Дополнительных | 0 | 614,84 | 53,04 | 114,6 | 782,48 |

Buttons at the bottom: Печать, Переход к вводу данных, Назад, ВЫХОД. Legend: В - валка деревьев; Т - трелёвка; С - обрезка сучьев; Р - раскряжёвка; П - погрузка.

Полученные математические модели, приведенные в работах [3–5], реализованы в модуле МППлес [6] информационной системы для оперативного планирования

лесозаготовительного процесса [3], с помощью которого определяют режимы работы комплектов лесосечных машин для организации лесозаготовительного процесса в течение 1 месяца и более

(рис. 3), а также анализируют и выбирают оптимальный состав машин для конкретных условий эксплуатации по максимуму объема выработки и минимуму удельных затрат энергии.

Выводы

Проведение компьютерного эксперимента с моделированием различных вариантов комплектов лесосечных машин на основе программы МППлес подтвердило, что одним из способов повышения эффективности лесозаготовительного процесса является его организация, обеспечивающая равенство объемов выработки машин в комплекте за счет подключения дополнительных машин на отстающих операциях, что позволяет снизить продолжительность разработки лесосеки и энергозатраты на их выполнение до 10...30 % [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алябьев В.И., Курьянов В.К., Харин В.Н. Организация автоматизированного управления лесопромышленным производством. Воронеж: ВГЛТА, 1999. 196 с.
2. Гордеев В.И., Васильев И.Е., Щуцкий В.И. Управление электропотреблением и его прогнозирование. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1991. 104 с.
3. Заикин А.Н., Евельсон Л.И., Изюмова Е.Г. Постановка задачи оптимизации объемов запасов и режимов работы лесосечных машин // Лесн. журн. 2011. № 2. С. 92–99. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Заикин А.Н., Изюмова Е.Г. Теоретические основы технологии лесозаготовительных производств: учеб. пособие. Брянск: БГИТА, 2009. 156 с.
5. Изюмова Е.Г. Информационное обеспечение лесозаготовок // Вестник Славянских вузов: ежегод. междунар. журн. Брянск: БГТУ, 2010. № 2. С. 182–185.
6. МППлес: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011618265 / А.Н. Заикин, Л.И. Евельсон, Е.Г. Изюмова; правообладатель ГОУ ВПО БГИТА. №20116116285; заявл. 19.08.11; зарегистр. 19.10.11.
7. Рыжикова Е.Г. Методика расчета общего времени работы комплекта лесосечных машин: сб. материалов Всероссийского конкурса проектов студентов и аспирантов в области инновационного ориентированного развития и сетевого взаимодействия в аграрном секторе экономики РФ. Брянск: ЦНТИ, 2012. С. 252–258.

Поступила 13.03.14

UDC 630.323

The Calculation Methodology of the Duration and Assessment of the Energy Requirement of the Stump-To-Roadside Equipment

A.N. Zaikin, Doctor of Engineering, Associate Professor

E.G. Ryzhikova, Senior Lecturer

Bryansk State Academy of Engineering and Technology, Stanke ave., 3, Bryansk, 241037, Russia;
e-mail: Zaikin.Anatolij@yandex.ru

The use of production capabilities of machines and equipment considerably depends on their correspondence of the design features and parameters to the particular natural production conditions. The correspondence of the parameters of the working process or machines connectivity is achieved with the help of technological calculations determining the optimum conditions of operation, which can be done by the mathematical models for the machines in the different conversion periods of the felling areas. The method of involving the additional equipment at the «lagging» operations is considered as the basic model of the logging process. We have obtained the analytical dependence of different operating periods of machines at the galls to calculate the operating periods of the logging process. Using this analytical dependence the mathematical model determining the total effective operating period of logging machines in the entire period of the felling area was derived. Also the mathematical models determining the energy requirement and specific energy consumption of machines for different logging at the different periods of time were determined. The obtained mathematical models are implemented in the software module MPPles of the information system for the operational planning of the logging process. The computer experiment, simulating different variants of sets of the stump-to-roadside equipment based on the program of MPPles helped to ensure that the working process including additional equipment at the “lagging” operations allows to reduce the duration of the felling area and energy consumption up to 10...30 %.

Keywords: logging process, logging operations, operational stock, operating period, energy consumption.

REFERENCES

1. Alyabev V.I., Kuryanov V.K., Harin V.N. *Organizacija avtomatizirovannogo upravlenija lesopromyshlennym proizvodstvom* [Organization of the Automated Control of Timber Production]. Voronezh, 1999. 196 p.
2. Gordeev V.I., Vasiljev V.I., Shchutskiy V.I. *Upravlenie jelectropotrebleniem i ego prognozirovanie*. [Supply Management and its Forecasting]. Rostov-on-Don, 1991. 104 p.
3. Zaikin A.N., Evelson L.I., Izyumova E.G. Postanovka zadachi optimizacii ob'jmov zapasov i rezhimov raboty lesosechnyh mashin [Formulation of the Problem of Optimization of the Inventory Levels and Operational Conditions of the Stump-to-Roadside Equipment]. *Izv. vissh. ucheb. zavedeniy. Lesn. zhurn.* 2011, no. 2, pp. 92–99.
4. Zaikin A.N., Izyumova E.G. *Teoreticheskie osnovy tehnologii lesozagotovitel'nyh proizvodstv: uchebn. pos.* [Theoretical Background Technology of the Logging Operations: text ed.]. Bryansk, 2009. 156 p.
5. Izyumova E.G. Informacionnoe obespechenie lesozagotovok [Informational Support of Logging]. *Vestn. slavjanskih vuzov: ezhegodn. mezhdunarodn. zhurn.* Bryansk, 2010, no. 2, pp. 182–185.
6. Zaikin A.N., Evelson L.I., Izyumova E.G. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja komp'yutera*. [The Certificate on the State Registration of the Computer Programs]. Certificate no. 2011618265, 2011.
7. Ryzhikova E.G. Metodika raschjota obshhego vremeni raboty komplekta lesosechnyh mashin [Methods of Calculating of the Total Operation Time of the Stump-to-Roadside Equipment]. *Sbornik materialov Vserossijskogo konkursa projektov studentov i aspirantov v oblasti innovacionnogo orientirovannogo razvitija i setevogo vzaimodejstvija v agrarnom sektore jekonomike RF*. [Collected Reports of the Students and Postgraduates Projects of All-Russian Competition in the Field of the Innovation Development and Networking in the Agricultural Sector of the RF Economy]. Bryansk, 2012, pp. 252–258.

Received on March 13, 2014
