

## ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЕДИНИЦ НА ЗАГОТОВКЕ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ ДРЕВЕСИНЫ В СИСТЕМАХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧЕТА И ПЛАНИРОВАНИЯ

доктор технических наук, профессор **А.П. Соколов**

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», г. Петрозаводск, Российская Федерация

Статья посвящена описанию решения задачи сравнительного анализа результатов работы производственных мощностей, задействованных на заготовке и транспортировке круглых лесоматериалов в условиях лесозаготовительных предприятий. Рассматривается возможность использования специально разработанных методик определения рейтингов производственных единиц (бригад, комплексов машин, подрядчиков и т. п.) не только для оценки результативности их работы, но и для принятия решений по привлечению каждой конкретной производственной единицы к работам в будущем. Рейтингование основано на вычислении интегрального показателя, который зависит от целого ряда разнообразных факторов. Учитываются такие наиболее важные критерии, как производительность, качество выполнения работ и затраты, связанные с осуществлением того или иного вида работ. Кроме этого, принимаются во внимание уровень квалификации привлекаемых исполнителей работ и режим их работы. Описываемый в статье подход ориентируется на использование в качестве источников исходных данных применяемых на лесозаготовительных предприятиях компьютерных информационных систем производственного учета и производственного планирования, подобных системе 1С:Лесозавод. Предложенная методика была использована в разработанной компанией Опти-Софт компьютерной системе планирования и управления лесозаготовительным предприятием «Opti-Wood» и используется там для обоснования выбора привлекаемых производственных ресурсов на заготовке и транспортировке древесины в процессе оптимального автоматизированного планирования этих работ.

**Ключевые слова:** заготовка древесины, транспорт леса, оценка эффективности выполнения работ, рейтинг, управление производством, системы производственного учета и планирования

## EVALUATION OF THE RESULTS OF PRODUCTION UNITS ON TIMBER PROCESSING AND TRANSPORTATION IN PRODUCTION ACCOUNTING AND PLANNING SYSTEMS

DSc (Engineering), Professor **A.P. Sokolov**

FSBEI HE "Petrozavodsk State University", Petrozavodsk, Russian Federation

### Abstract

The article describes the solution to the problem of a comparative analysis of the results of the production facilities involved in harvesting and transportation of round timber in the conditions of logging enterprises. The possibility of using specially developed methods for determining the ratings of production units (teams, machine complexes, contractors, etc.) is being considered, not only to assess the effectiveness of their work, but also to make decisions on attracting each specific production unit to work in the future. Rating is based on the calculation of an integral indicator. It depends on a number of various factors. The most important criteria, such as productivity, quality of work and costs associated with the implementation of a particular type of work, are taken into account. In addition, the skill level of the involved work performers and their mode of operation are taken into account. The approach described in the article focuses on the use of computer information systems of production accounting and production planning, similar to the 1С: Sawmill system, used at the logging enterprises as source data. The proposed methodology has been used in the Opti-Wood computer-aided planning and management system for the Opti-Wood logging company and used there to justify

the selection of the involved production resources for logging and transporting wood in the process of optimal automated planning of these works.

**Keywords:** timber harvesting, forest transport, performance evaluation, rating, production management, production accounting and planning systems

### Введение

Одним из значимых факторов, которые необходимо учитывать при организации и планировании лесозаготовок, является оценка результатов работы привлекаемых ресурсов. Авторы работ [7, 10] считают алгоритмы оценки результативности выполнения работ неотъемлемой частью систем управления и принятия решений на предприятиях лесопромышленного комплекса. В данном случае такими ресурсами будут являться бригады, осуществляющие работы с помощью комплексов лесозаготовительных машин харвестер+форвардер, ВПМ+скиддер+процессор и др., а также транспортные машины, привлекаемые для выполнения перевозок древесины (автомобили-сортиментовозы, автомобили-щеповозы и т. д.). Изучению особенностей применения таких комплексов и проблемы оценки ее результативности посвящен целый ряд работ [1, 2, 5, 6, 9]. Причем важно выполнять эту оценку для каждой отдельной производственной единицы (бригады, комплекса машин, автомобиля). В этом случае становится возможным сравнение результатов работы привлекаемых ресурсов, что, в свою очередь, принимается во внимание при планировании работ на следующих временных интервалах (в первую очередь к работам привлекаются комплексы, показывающие лучшие результаты).

Эффективное решение этой задачи актуально как в случае, когда работы осуществляются с помощью собственных ресурсов лесозаготовительного предприятия, так и при широком использовании операционного аутсорсинга. Во втором случае это, скорее всего, имеет большее значение в связи с тем, что привлекаемые подрядчики не всегда обладают одинаковым опытом работы, используют машины и оборудование разных производителей, в разном техническом состоянии и т. д.

Выполнить подобную оценку можно путем вычисления для каждой бригады или комплекса машин некоего интегрального показателя, учитывающего различные факторы эффективности и ка-

чества работы. Ранжируя имеющиеся ресурсы по этому показателю, можно составить их рейтинг и привлекать в первую очередь бригады, имеющие более высокий рейтинг. Применение метода рейтингования на промышленных предприятиях рассмотрено, например, в работе [4].

При этом большое значение имеет состав учитываемых факторов. С одной стороны, желательно учесть возможно большее их число, с другой стороны, большое число факторов потребует сбора и обработки большого объема статистических данных в отношении различных параметров производственных процессов.

В настоящее время подавляющее большинство крупных и средних лесозаготовительных компаний уже широко применяют у себя информационные системы производственного учета и планирования. В качестве примера такой системы можно привести достаточно широко используемое решение 1С:Лесозавод. В этой связи очень желательно использовать в методике расчета рейтингов те показатели, которые можно легко получить посредством информационных систем производственного учета и планирования.

### Методы и модели

Оценка результатов работы привлекаемых производственных ресурсов должна быть адекватной, поэтому желательно иметь комплекс показателей, позволяющих с разных сторон рассмотреть выполняемые производственные процессы. С другой стороны, как уже было сказано, в первом приближении следует ориентироваться на ту информацию, которую могут предоставить системы производственного учета, применяемые на лесозаготовительных предприятиях.

С учетом сказанного можно предложить следующий список направлений, по которым целесообразно выполнять оценку выполняемых работ:

1. Производительность;
2. Качество выполняемых работ;

3. Удельные затраты на единицу выполненных работ (используемый тариф в случае использования аутсорсинга);

4. Квалификация работников;

5. Используемый режим работы.

Внутри каждого из перечисленных направлений может использоваться несколько конкретных расчетных показателей, определяемых по данным учета работы оцениваемых бригад (комплексов машин) в предыдущие периоды. При этом очевидно, что состав используемых показателей будет зависеть от оцениваемого вида работ и состава применяемых производственных мощностей. В этом отношении в первую очередь кажется целесообразным отделить лесозаготовительные работы, выполняемые непосредственно на делянке (лесосечные работы и первичный транспорт леса), от перевозок древесины. Первый вид работ выполняется с помощью комплексов машин разного состава на тракторной базе. Второй вид работ, как правило, выполняется автомобильным транспортом. Существенные отличия в характере выполняемых работ и применяемых машинах не позволяют применить один и тот же подход для оценки их работы.

Таким образом, предлагается для оценки работы лесозаготовительных бригад, работающих на делянках и осуществляющих лесосечные работы, первичный транспорт (трелевку) и первичную переработку (обрезка сучьев, раскряжевка, сортировка), использовать следующий набор показателей:

1. Производительность:

1.1. Достигнутая средняя производительность данного комплекса машин (бригады) по результатам учета его работы в предыдущие периоды времени;

2. Качество выполняемых работ:

2.1. Число лесонарушений, допущенных данным комплексом машин (бригадой), зафиксированное за последний год наблюдений;

2.2. Объем пересортицы, произведенный в отношении продукции данного комплекса машин (бригады), за последний год наблюдений;

3. Удельные затраты на единицу выполненных работ (используемый тариф в случае использования аутсорсинга):

3.1. Средний тариф, по которому ведется расчет с бригадой или учет затрат (сумма всех введенных значений затрат внутри тарифа, отнесенная к числу этих значений);

4. Квалификация работников:

4.1. Число видов рубок, выполняемых комплексом машин (бригадой);

5. Используемый режим работы:

5.1. Число рабочих дней в неделю;

5.2. Число рабочих часов в сутки за вычетом всех перерывов.

Под лесонарушениями в данном случае следует понимать различные нарушения в выполнении технологической карты освоения делянки, несоблюдение правил рубок древесины, экологических норм и т. д., зафиксированные представителями государственных органов лесного хозяйства или арендаторами лесных участков, заказавшими выполнение работ.

Под пересортицей понимается допущенное членами бригады несоблюдение требований потребителей древесины в отношении породного состава, размерных и качественных характеристик при формировании партии поставки. В результате это приводит к тому, что потребитель не принимает часть поставленного объема древесины по заявленной категории и уровню цены. Непринятый объем чаще всего принимается, как менее ценная продукция (баланс, дрова и т. п.). Кроме того, если это оговорено в договоре на поставку, потребитель в случае пересортицы может применить к поставщику штрафные санкции. Все это ведет к финансовым потерям поставщика.

Перечисленные показатели имеют разное значение, потому должна быть возможность изменять вклад каждого из них в суммарное значение рейтинга. Для этого предлагается ввести весовые коэффициенты, которые могут быть заданы пользователем методики или компьютерной системы, ее реализующей, в зависимости от степени влияния каждого из показателей в текущих условиях данного конкретного предприятия.

Кроме того, т. к. абсолютные значения перечисленных показателей могут значительно отличаться по своей величине, предлагается предварительно выполнить их стандартизацию.

Таким образом, рейтинг каждого  $i$ -го комплекса машин (бригады) на заготовке древесины может быть вычислен по формуле

$$R_i^H = k_1 \Pi_i^n + k_2 N_i^n + k_3 t_i^n - \dots - k_4 K_i^n - k_5 V_i^n + k_6 F_i^n - k_7 S_i^n, \quad (1)$$

где  $\Pi_i^n$  – стандартизованная производительность заготовительных комплексов;

$N_i^n$  – стандартизованное число рабочих дней в неделю;

$t_i^n$  – стандартизованное число рабочих часов в сутки за вычетом всех перерывов;

$K_i^n$  – стандартизованное число лесонарушений, зафиксированное за последний год наблюдений;

$V_i^n$  – стандартизованный объем пересортицы, зафиксированный за последний год наблюдений;

$F_i^n$  – стандартизованное число выполняемых видов рубок;

$S_i^n$  – стандартизованный средний тариф (сумма всех введенных значений затрат внутри тарифа, отнесенная к числу этих значений);

$k_1 \dots k_7$  – весовые коэффициенты;

$i = 1 \dots M$  – номер комплекса (внутри группы комплексов одного типа), где  $M$  – общее число комплексов такого типа.

Стандартизация переменных выполняется по формуле

$$x_i^n = \frac{x_i - \bar{x}}{S_x}, \quad (2)$$

где  $\bar{x}$  – среднее значение (внутри группы комплексов одного типа);

$S_x$  – стандартное отклонение (внутри группы комплексов одного типа):

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M (x_i - \bar{x})^2}. \quad (3)$$

Для удобства использования полученных по формуле (1) значений предлагается привести их к какой-либо единой шкале (пятибалльной, десятибалльной и т. д.). Для приведения полученных результатов к диапазону от 1 до 10 можно воспользоваться формулой

$$P_i^H = 1 + \frac{R_i^H - R_{\min}^H}{R_{\max}^H - R_{\min}^H} \cdot 9, \quad (4)$$

где  $R_{\min}^H$  – минимальное значение рейтинга

$R_i^H$  внутри группы;

$R_{\max}^H$  – максимальное значение рейтинга  $R_i^H$  внутри группы.

Для оценки работы перевозчиков древесины предлагается использовать следующий набор показателей:

1. Производительность:

1.1. Грузовместимость используемого транспортного средства;

1.2. Среднее время погрузки и разгрузки используемого транспортного средства;

2. Качество выполняемых работ:

2.1. Объем пересортицы, произведенный в отношении продукции, доставленной потребителю данным транспортным средством, за последний год наблюдений;

3. Удельные затраты на единицу выполненных работ (используемый тариф в случае использования аутсорсинга):

3.1. Средний тариф, по которому ведется расчет с перевозчиком или учет затрат (сумма всех введенных значений затрат внутри тарифа, отнесенная к числу этих значений);

4. Используемый режим работы:

4.1. Число рабочих дней в неделю;

4.2. Число рабочих часов в сутки за вычетом всех перерывов;

4.3. Число возвратов транспортного средства в гараж в сутки для пересменки и т. п.

С учетом сказанного, рейтинг каждого  $i$ -го транспортного средства на перевозке древесины может быть вычислен по формуле

$$R_i^T = k_8 C_i^n + k_9 N_i^n + k_{10} t_i^n - k_{11} V_i^n - \dots - k_{12} \tau_i^n - k_{13} g_i^n - k_{14} S_i^n, \quad (5)$$

где  $C_i^n$  – стандартизованная грузовместимость транспортного средства;

$N_i^n$  – стандартизованное число рабочих дней в неделю;

$t_i^n$  – стандартизованное число рабочих часов в сутки за вычетом всех перерывов;

$V_i^n$  – стандартизованный объем пересортицы, зафиксированный за последний год наблюдений;

$\tau_i^n$  – стандартизованное время погрузки;

$g_i^n$  – стандартизованное число возвратов в гараж в сутки;

$S_i^n$  – стандартизованный средний перевозочный тариф (сумма всех введенных значений затрат внутри тарифа, отнесенная к числу этих значений);

$k_8 \dots k_{14}$  – весовые коэффициенты;

$i = 1 \dots L$  – номер транспортного средства внутри используемой группы, где  $L$  – общее число используемых транспортных средств.

Стандартизация переменных и шкалирование полученных результатов производится так же, как и в случае с комплексами лесозаготовительных машин.

### Результаты

Таким образом, нами получена методика, вполне применимая для выполнения рейтингования организационных единиц, подрядных организаций, производственных мощностей, комплексов машин и т. п., привлекаемых для выполнения лесозаготовок и транспорта леса.

Рейтингование основано на вычислении интегрального оценочного показателя, который зависит от целого ряда разнообразных факторов. Учитываются такие наиболее важные критерии, как производительность, качество и затраты, связанные с выполнением того или иного вида работ. Кроме этого, принимаются во внимание уровень квалификации привлекаемых исполнителей работ и режим их работы.

Надо сказать, что число и состав параметров ограничены с точки зрения обеспечения расчета достоверными и обоснованными оперативными значениями величин, являющихся исходными данными для данной методики. При решении этой задачи предлагаемый подход ориентируется на использование в качестве источников исходных данных применяемых на лесозаготовительных предприятиях компьютерных информационных систем производственного учета и производственного планирования. В качестве примера такой системы

можно назвать программную систему 1С:Лесозавод.

С другой стороны, для более полной оценки и обеспечения более надежного обоснования решений, связанных с привлечением конкретных исполнителей к работам или с отказом от их услуг, следовало бы расширить используемый список критериев. Например, перспективным видится включение в состав учитываемых таких факторов, как деловые и личные качества подрядчиков, надежность, точность выполнения утвержденного графика работ, гибкость, масштабируемость уровня предоставляемых услуг, перспективы роста и т. д. При условии наличия и постоянного пополнения исходной информации для определения такого рода параметров они вполне могут быть включены в приведенные выше уравнения с соответствующими весовыми коэффициентами. Проблемой с этой точки зрения может стать тот факт, что некоторые из этих факторов носят описательный (качественный) характер, что затрудняет их количественное описание и статистическую обработку результатов.

Описанная методика была использована в разработанной компанией Опти-Софт компьютерной системе планирования и управления лесозаготовительным предприятием «Opti-Wood» [3, 8] для обоснования выбора привлекаемых производственных ресурсов на заготовке и транспортировке древесины в процессе оптимального автоматизированного планирования этих работ. Система «Opti-Wood» тесно интегрируется с системами производственного учета и использует получаемые отсюда данные для составления перспективных планов производства. В числе прочих параметров из систем учета импортируются данные для расчета рейтингов всех производственных мощностей, которые могут быть привлечены к работам. Система настроена таким образом, что в первую очередь к работам привлекаются те комплексы машин, подрядчики или бригады, которые имеют больший суммарный рейтинг.

В этой же системе пользователь может управлять расчетом рейтингов путем изменения весовых коэффициентов модели. Внешний вид интерфейса программной системы «Opti-Wood» с открытым диалогом для задания весовых коэффициентов модели показан на рис. 1.

Пример диалогового окна программы «Opti-Wood», содержащего результаты расчета рейтингов для различных бригад и комплексов машин, показан на рис. 2 (колонка «Расчетный рейтинг»). Также пользователю дано право вручную изменять значение рейтинга каждой производственной единицы, если, по его мнению, какие-либо из неучтенных в модели факторов, такие как деловые и личные качества подрядчиков, надежность, точность выполнения утвержденного графика работ, гиб-

кость, масштабируемость уровня предоставляемых услуг, перспективы роста и т. п., в данном конкретном случае имеют превалирующее значение (колонка «Рейтинг» на рис. 2).

Таким образом, предлагаемая методика показала свою практическую реализуемость и практическую значимость при решении конкретных задач автоматизации планирования лесозаготовительного производства.

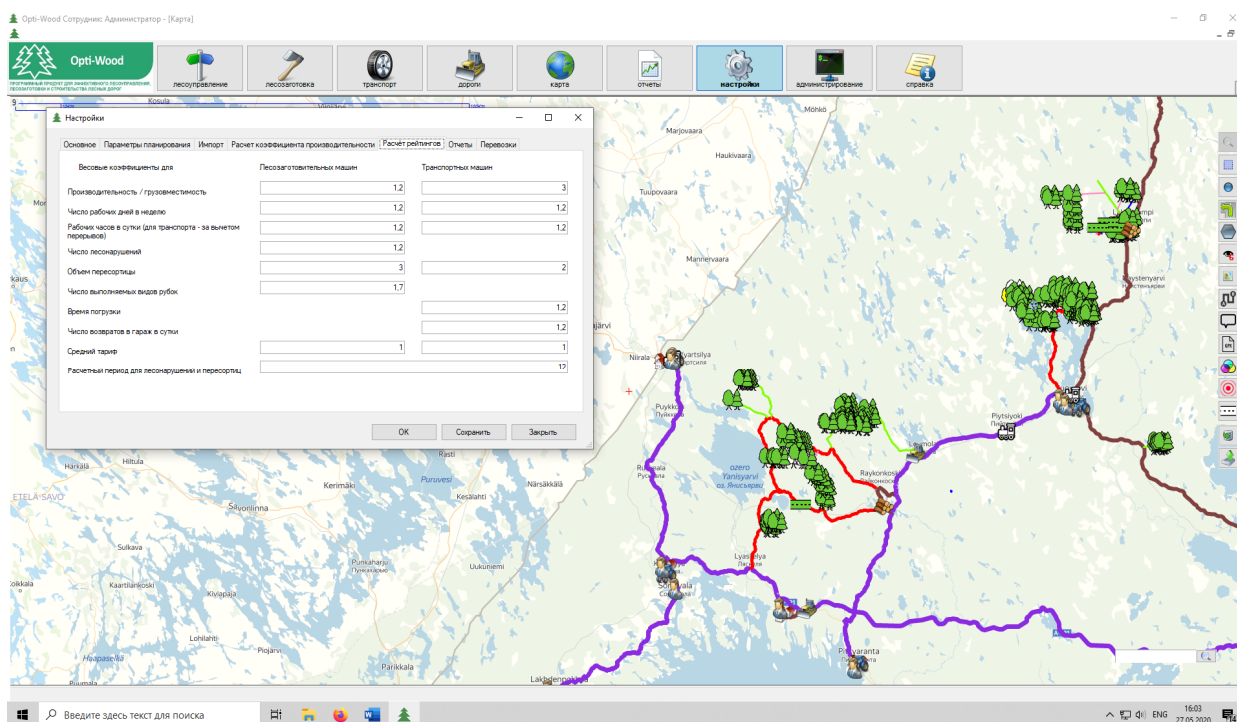


Рис. 1. Вид интерфейса программной системы «Opti-Wood» с открытым диалогом для задания весовых коэффициентов модели рейтингования

Код	Наименование	Внешний ключ	Пользователь	Назначение машины	Собственник	Гараж	Тариф лесозаготовки	Тариф перевозки	Рейтинг	Расчётный рейтинг
1	KM-911-456	Карлис 1	admin	Лесозаготовка	Карлис-пром	Карлис-пром			7,4	7,5
2	JD-1070G-31	Карлис 2	admin	Лесозаготовка	Карлис-пром	Карлис-пром	Базовый тариф 1		6,9	5,4
3	JD-853MH-23	Карлис 3	admin	Лесозаготовка	Карлис-пром	Карлис-пром	Базовый тариф 1		10	9,8
4	KM-911-488	Петров 1	admin	Лесозаготовка	ЧП Петров	ЧП Петров			5,8	6
5	KM-911-961	Петров 2	admin	Лесозаготовка	ЧП Петров	ЧП Петров			6	7,5
6	Stc 8266TH-76	Петров 3	admin	Лесозаготовка	ЧП Петров	ЧП Петров			5,4	7,6
7	Stc 8266TH-77	Карлис 4	admin	Лесозаготовка	Карлис-пром	Карлис-пром			5,9	8,8
8	JD-1070G-32	Иванов	admin	Лесозаготовка	ЧП Иванов	ЧП Иванов			6,7	8,4
9	Сидоров 1	Сидоров 1	admin	Транспортировка	ЧП Сидоров	ЧП Сидоров 1		Базовый тариф 1	7,2	5,1
10	Сидоров 2	Сидоров 2	admin	Транспортировка	ЧП Сидоров	ЧП Сидоров 1			10	7,2
11	Сидоров 3	Сидоров 3	admin	Транспортировка	ЧП Сидоров	ЧП Сидоров 1			1	1
12	Сидоров 4	Сидоров 4	admin	Транспортировка	ЧП Сидоров	ЧП Сидоров 2		Базовый тариф 1	4,8	8,1
13	Сидоров 5	Сидоров 5	admin	Транспортировка	ЧП Сидоров	ЧП Сидоров 2			4,7	8
14	Сидоров 6	Сидоров 6	admin	Транспортировка	ЧП Сидоров	ЧП Сидоров 2			4,7	8
15	Кузнецов 1	Кузнецов 1	admin	Транспортировка	ЧП Кузнецов	ЧП Кузнецов 1			1	4,4
16	Кузнецов 2	Кузнецов 2	admin	Транспортировка	ЧП Кузнецов	ЧП Кузнецов 1			1	4,4
17	Кузнецов 3	Кузнецов 3	admin	Транспортировка	ЧП Кузнецов	ЧП Кузнецов 1			1	4,4
18	Кузнецов 4	Кузнецов 4	admin	Транспортировка	ЧП Кузнецов	ЧП Кузнецов 2			4,3	10
19	Кузнецов 5	Кузнецов 5	admin	Транспортировка	ЧП Кузнецов	ЧП Кузнецов 2			5,4	8,5
20	Кузнецов 6	Кузнецов 6	admin	Транспортировка	ЧП Кузнецов	ЧП Кузнецов 2			4,3	10
21	JD-1070G-34	Карлис 5	admin	Лесозаготовка	Карлис-пром	Карлис-пром			6,9	8,8
22	JD-1070G-33	Карлис 6	admin	Лесозаготовка	Карлис-пром	Карлис-пром			7,3	7,3
23	KM-911-435	Петров 4	admin	Лесозаготовка	ЧП Петров	ЧП Петров			6,3	10
24	JD-853MH-24	Петров 5	admin	Лесозаготовка	ЧП Петров	ЧП Петров			7,4	7,4
25	JD-853MH-25	Петров 6	admin	Лесозаготовка	ЧП Петров	ЧП Петров			7,4	7,4

Рис. 2. Пример диалогового окна программы «Opti-Wood», содержащего результаты расчета рейтингов

## Библиографический список

1. Gerasimov, Y. Y. Development program for improving wood procurement in northwest Russia based on SWOT analysis / Y. Y. Gerasimov, T. Karjalainen // *Baltic Forestry*. – 2008. – № 1. – С. 87–92. – *Библиогр.: с. 91 (27 назв.)*.
2. Gerasimov, Y. Y. Productivity of single-grip harvesters in clear-cutting operations in the northern European part of Russia / Y. Y. Gerasimov, K. Väätäinen, V. Senkin // *European Journal of Forest Research*. – 2012. –Т. 131, № 3. – С. 647–654.– *Библиогр.: с. 654 (29 назв.)*. – DOI 10.1007/s10342-011-0538-9.
3. An approach to the scheduling of wood harvesting machines / A. I. Shabaev, A. P. Sokolov, A. R. Urban, D. S. Pyatin // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2019. – Т. 316 (1). – С. 1–7. – *Библиогр.: с. 7 (14 назв.)*. – DOI 10.1088/1755-1315/316/1/012061.
4. Стрелок, И. И. Анализ современных рейтингов транспортных предприятий / И. И. Стрелок // *Водный транспорт*. – 2013. – № 2 (17). – С. 129–133.– *Библиогр.: с. 132–133 (8 назв.)*.
5. Макуев, В. А. Формирование парка лесосечных машин для лесозаготовительного предприятия / В. А. Макуев. – Москва : Изд-во Моск. гос. ун-та леса, 2004. – 184 с. – *Библиогр.: с. 171–184*. – ISBN 5-8135-0241-6.
6. Мамматов, В. О. Методика формирования системы лесозаготовительных машин / В. О. Мамматов, А. П. Мохирев // *Лесотехнический журнал*. – 2017. – Т. 7. – № 1 (25). – С. 111–117. – *Библиогр.: с. 116–117 (12 назв.)*. – DOI 12737/25201.
7. Сушков, С. И. Разработка основ теории управления и принятия решений на предприятиях лесопромышленного комплекса / С. И. Сушков // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2012. – № 75. – С. 296–307. – *Библиогр.: с. 307 (4 назв.)*.
8. Математическая модель и численные методы решения задачи оперативной транспортировки лесоматериалов / А. И. Шабаев, А. П. Соколов, А. Р. Урбан, Д. С. Пятин // *Инженерный вестник Дона*. – 2018. – № 4. – С. 1–23. – *Библиогр.: с. 19–23 (18 назв.)*.
9. Ширнин, Ю. А. Моделирование процедуры выбора технологий рубок леса с использованием ГИС / Ю. А. Ширнин, Н. И. Роженцова // *Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование*. – 2007. – № 1. – С. 40–49.– *Библиогр.: с. 49 (10 назв.)*.

10. Шегельман, И. Р. Анализ показателей работы и оценка эффективности лесозаготовительных машин в различных природно-производственных условиях / И. Р. Шегельман, В. И. Скрышник, А. В. Кузнецов // Ученые записки ПетрГУ. – 2010. – № 4. – С. 66–75.– Библиогр.: с. 74–75 (18 назв.).

### References

1. Gerasimov Y.Y., Karjalainen T. (2008) Development program for improving wood procurement in northwest Russia based on SWOT analysis. *Baltic Forestry*, vol. 14, № 1, pp. 87-92.
2. Gerasimov Y.Y., Väättäinen K., Senkin V. (2012) Productivity of single-grip harvesters in clear-cutting operations in the northern European part of Russia. *European Journal of Forest Research*, vol. 131, № 3, pp. 647-654.
3. Shabaev A.I., Sokolov A.P., Urban A.R., Pyatin D.S. (2019) An approach to the scheduling of wood harvesting machines. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Bristol, vol. 316(1), pp.1-7.
4. Strelak I.I. (2013) *Analiz sovremennyh reitingov transportnyh predpriyatij* [Analysis of modern ratings of transport enterprises]. *Vodnyj transport* [Water transport], № 2 (17), pp. 129-133 (in Russian).
5. Makuev V.A. *Formirovanie parka lesechnykh mashin dlya lesozagotovitel'nogo predpriyatiya* [The formation of the Park, logging machinery for logging companies]. Moscow, 2004, 184 p. (in Russian).
6. Mammatov V.O., Mokhiev A.P. (2017) *Metodika formirovaniya sistemy lesozagotovitel'nykh mashin* [A method for wood harvesting machines set composition]. *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forestry Engineering Journal], vol. 7, no. 1, pp. 111-117 (in Russian).
7. Sushkov S.I. (2012) *Razrabotka osnov teorii upravleniya i prinyatiya resheniy na predpriyatiyakh lesopromyshlennogo kompleksa* [Development of the foundations of the theory of management and decision-making at the enterprises of the forest complex]. *Politematicheskij setevoy elektronny nauchny zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University], no. 75, pp. 296-307 (in Russian).
8. Shabaev A.I., Sokolov A.P., Urban A.R., Pyatin D.S. (2018) *Matematicheskaya model' i chislennyye metody resheniya zadachi operativnoj transportirovki lesomaterialov* [Mathematical model and numerical methods for solving the problem of roundwood operational transportation]. *Inzhenernyj vestnik Dona* [Engineering journal of Don], № 4, pp. 1-23 (in Russian).
9. Shirnin Yu.A., Rozhenzova N.I. (2007) *Modelirovanie procedury vybora tehnologij rubok lesa s ispol'zovaniem GIS* [Modeling of the selecting procedure for wood harvesting technologies using GIS]. *Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Vestnik of the Mari State University], no. 1, pp. 40-49 (in Russian).
10. Shegel'man I.R., Skryshnik V.I., Kuznetsov A.V. (2010) *Analiz pokazateley raboty i otsenka effektivnosti lesozagotovitel'nykh mashin v razlichnykh prirodno-proizvodstvennykh usloviyakh* [The performance analysis and evaluation of the effectiveness of forest machines in different natural production conditions]. *Uchenye zapiski PetrGU* [PetrGU's scientific notes], no. 4, pp. 66-75 (in Russian).

### Сведения об авторе

Сokolov Антон Павлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой транспортных и технологических машин и оборудования ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», г. Петрозаводск, Российская Федерация; e-mail: a\_sokolov@psu.karelia.ru.

### Information about the author

Sokolov Anton Pavlovich – DSc (Engineering), Professor, Head of the Department of transporting and technology machinery and equipment, FSBEI HE "Petrozavodsk State University", Petrozavodsk, Russian Federation; e-mail: a\_sokolov@psu.karelia.ru.