

# Электронный архив УГЛТУ

На правах рукописи



Ляхов Сергей Владимирович

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫВОЗКИ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ПАРКОМ АВТОПОЕЗДОВ НА ОСНОВЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Специальность 05.21.01. – “Технология и машины лесозаготовок и  
лесного хозяйства”

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Екатеринбург - 2012

## Электронный архив УГЛТУ

Диссертационная работа выполнена на кафедре автомобильного транспорта Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уральский государственный лесотехнический университет»

**Научный руководитель:** Будалин Сергей Васильевич  
кандидат технических наук, доцент

**Официальные оппоненты:** Ковалев Рудольф Николаевич  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой экономики  
транспорта и логистики,  
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный  
лесотехнический университет»

Строганов Юрий Николаевич  
кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой эксплуатации  
машинно-тракторного парка  
ФГБОУ ВПО «Уральская государственная  
сельскохозяйственная академия»

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный горный университет»

Защита диссертации состоится «29» мая 2012 г. в 12<sup>30</sup> на заседании диссертационного совета Д 212.281.02 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Уральский государственный лесотехнический университет», 620100, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37, аудитория 401

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет».

Автореферат разослан «27» апреля 2012 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат технических наук, доцент



Кузубина Н. В.

## Электронный архив УГЛТУ ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Одним из наиболее трудоемких и дорогостоящих процессов в лесопромышленном комплексе является вывозка лесоматериалов автотранспортом. В этом процессе занято до половины работников предприятий, а транспортная составляющая в себестоимости продукции достигает 45-48%.

В последнее время наблюдается деконцентрация разрабатываемых лесосек, что ведет к увеличению расстояния транспортировки лесоматериалов. Среднее расстояние вывозки за последние 20 лет увеличилось в 1,5 раза, при этом растут объемы вывозки лесоматериалов в сортиментах непосредственно потребителям и на нижние склады.

Снижение транспортных затрат путем повышения эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами является актуальной задачей. Это повышает значимость проблемы обоснованного выбора и рациональных эксплуатационных показателей лесовозных автопоездов для вывозки лесоматериалов в хлыстах и сортиментах и эффективной её организации, применительно к природно-производственным условиям конкретного предприятия.

Проблема обостряется тем, что организация и планирование транспортного процесса вывозки лесоматериалов базируется на нормативных скоростях движения без учета его энергетической эффективности и последующей оперативной корректировки показателей эффективности. Это осложняет задачу повышения эффективности работы лесовозного автотранспорта, выбора рациональных эксплуатационных параметров автопоездов и определения оптимальных технико-эксплуатационных показателей (ТЭП) их работы.

Значительное влияние на эффективность вывозки лесоматериалов оказывает возможность лесозаготовительных предприятий приобретать разнообразный модельный ряд лесовозных автопоездов в зависимости от технологии лесозаготовки, в том числе оборудованных погрузочными механизмами.

Существующие на данный момент методики оценки эффективности работы лесовозных автопоездов, как правило, не позволяют учитывать одновременно комплекс значимых ТЭП в конкретных условиях эксплуатации. Именно такая оценка для автопоездов различных моделей на каждом предприятии позволила бы существенно улучшить ТЭП и обеспечить их рациональное планирование. Предложенные на основе комплексной оценки организационные мероприятия должны привести к повышению ТЭП эффективности вывозки лесоматериалов автотранспортом и, как следствие, к улучшению эффективности технологических процессов лесозаготовительного производства.

**Цель работы** – повышение эффективности вывозки лесоматериалов парком автопоездов.

**Объектом исследования** является парк автопоездов предприятий лесопромышленного комплекса.

**Предметом исследования:** планирование технико-эксплуатационных показателей (ТЭП) эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами.

**Задачи исследования:**

1. Исследование особенностей процесса вывозки лесоматериалов

Научная библиотека  
УГЛТУ  
г. Екатеринбург

## Электронный архив УГЛТУ

автопоездами.

2. Обоснование функционального критерия и номенклатуры ТЭП эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами.

3. Оценка удельных энергозатрат вывозки лесоматериалов автопоездами с учетом природно-производственных условий.

4. Оценка фактических значений ТЭП эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами с выявлением приоритетных направлений их повышения.

5. Научно-обоснованное планирование основных ТЭП эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами.

6. Проверка научно-обоснованных ТЭП эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами в производственных условиях предприятия ЗАО "Фанком".

**Методы исследований.** При выполнении работы использовались методы статистической обработки данных и построения регрессионных моделей, теории принятия решений, анализа и синтеза на основе разработанных методов комплексной оценки и планирования ТЭП эффективности.

### **Научная новизна:**

- обоснована зависимость количественной оценки эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами от функционального критерия;
- определены зависимости удельных энергозатрат вывозки лесоматериалов автопоездами от некоторых природно-производственных условий;
- установлены закономерности формирования и регрессионные модели взаимосвязей между комплексным и основными технико-эксплуатационными показателями эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами;
- разработана программа оценки комплексного показателя эффективности вывозки лесоматериалов парком автопоездов предприятия;
- предложено планирование основных ТЭП эффективности эксплуатации лесовозных автопоездов, основанное на решении обратной задачи оценки комплексного показателя.

**Практическое значение работы** состоит в разработке механизма объективной оценки эффективности вывозки лесоматериалов парком автопоездов в конкретных природно-производственных, на основе которой могут устанавливаются научно-обоснованные нормативные значения основных ТЭП. Планирование ТЭП позволяет значительно повысить плановую производительность парка лесовозных автопоездов предприятия. Для практического использования разработана программа расчета комплексного показателя для ПК.

### **Личный вклад автора заключается:**

- в постановке цели, определении задач и разработке методов их решения;
- в выполнении аналитических исследований оценки эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами;
- в установлении регрессионных моделей взаимосвязей между комплексным показателем и основными ТЭП эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами;
- в формировании приоритетных мероприятий повышения комплексного показателя;

## Электронный архив УГЛТУ

- в совершенствовании комплексной оценки и планировании значений показателей эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Зависимость количественной оценки эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами от функционального критерия.
2. Зависимость удельных энергзатрат вывозки лесоматериалов от природно-производственных условий.
3. Основные ТЭП эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами.
4. Регрессионные модели взаимосвязей между комплексным показателем и основными ТЭП эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами
5. Программа оценки комплексного показателя эффективности вывозки лесоматериалов парком автопоездов предприятия.
6. Планирование основных ТЭП эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами в зависимости от запланированных объемов вывозки.

**Реализация работы.** Основные научные результаты работы предложены для оценки эффективности работы парка лесовозных автопоездов ЗАО «Фанком», а также использованы для формирования комплекса ТЭП при проведении тендера на приобретение лесовозных автопоездов для работы в зоне Полярного Урала.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы докладывались на ежегодных научных конференциях Уральского государственного лесотехнического университета (Екатеринбург, 2007-2012 гг.), Уральского государственного технического университета (Екатеринбург, 2007г., 2011 г.), Красноярского государственного технического университета (Красноярск, 2009 г.), на V международной специализированной выставке «Коммерческий транспорт» (Екатеринбург, 2011 г.).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 10 трудов в материалах вузовских конференций, в том числе 3 публикации в журнале, рекомендованном ВАК.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов, общих выводов и рекомендаций, списка источников из 190 наименований и 2 приложений. Основное содержание работы изложено на 125 страницах машинописного текста, содержит 17 таблиц и 21 рисунок.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследований, показана научная и практическая значимость полученных результатов, представлена структура диссертации.

**В первом разделе** изложено современное состояние вопроса, рассмотрены результаты основных исследований транспортных и технологических процессов предприятий лесного комплекса, операции по перевозке лесоматериалов, а также существующая техника автомобильного транспорта на вывозке лесоматериалов.

Важная роль в использовании лесных ресурсов принадлежит в настоящее время лесовозному автотранспорту, который служит связующим звеном структурных элементов лесопромышленного комплекса. Это в значительной мере

## Электронный архив УГЛТУ

определяет экономическую доступность лесоматериалов на участках лесного фонда и возможность эффективного лесопользования.

Вместе с тем транспортная фаза в лесозаготовительном производстве является наиболее капиталоемкой и нуждается в совершенствовании техники и технологии погрузочно-транспортного процесса.

Основным видом заготавливаемых и вывозимых лесоматериалов в нашей стране являются хлысты. При этом для лесовывозки часто используются дороги общей сети, требующие соблюдения ограничений габаритных размеров автопоездов в соответствии с Правилами дорожного движения. При существующем способе вывозки хлыстов по дорогам общего пользования это создает ряд проблем. Возрастание объема вывозки лесоматериалов по таким дорогам требует проведения соответствующих исследований для их решения.

В последние 10-15 лет наблюдается децентрация разрабатываемых лесосек и постепенное возрастание объема заготовки и вывозки в сортиментах. При разработке малых разрозненных лесосек, при рубках промежуточного пользования объемы лесоматериалов на погрузочных пунктах незначительны. В этих условиях применение самоходных лесопогрузочных машин малоэффективно. Целесообразно использовать для вывозки лесоматериалов автотранспортные средства, оборудованные навесными погрузочными механизмами.

Исследованием транспортных и технологических процессов предприятий лесного комплекса, разработкой методов расчетов показателей эффективности вариантов организации производства занимались и в настоящее время занимаются многие ученые. В трудах В. И. Алябьева, Д. Р. Белозерова, Г. А. Борисова, Н. П. Вырко, В. А. Горбачевского, Б. А. Игитина, Б. И. Кувалдина, В. К. Курьянова, В. Я. Ларионова, И. И. Леонovichа, А. А. Платонова, Э. О. Салминена, Ю. Д. Силукова, М. Ю. Смирнова, Р. Н. Ковалева и др. решены многие вопросы совершенствования транспортировки лесоматериалов в лесопромышленных предприятиях. Организации двухступенчатой вывозки леса посвящены работы В.А. Горбачевского, Б. А. Дорохова и др.

Вопросам, связанным с исследованием операций по перевозке леса, посвящены работы В. А. Александрова, В. И. Алябьева, В. Н. Андреева и Ю. Ю. Герасимова, А. А. Пижурин и М. С. Розенблита, А. К. Редькина и других ученых. Наиболее близко соприкасаются с вопросами оптимизации транспортных и технологических процессов работы В. И. Алябьева, Б. Г. Залегаллера, А. К. Редькина, Д. Л. Дудюка и Н. Ф. Ковалева, Ю. А. Ширнина и др. Этими же авторами осуществлялась теоретическая разработка отдельных вопросов проектирования технологических процессов с параметрами, близкими к оптимальным.

Значительный вклад в развитие методов оценки параметров эффективности эксплуатации подвижного состава автопарков внесли Е. А. Чудаков, Г. Г. Азгальдов, Е. Ф. Титов, М. А. Григорьев, Р. А. Фатхутдинов, О. Д. Андреева, И. А. Спиридонов, В. Г. Дажина, Б. Д. Кононыхин, В. В. Красильников.

**Во втором разделе** определены основные ТЭП, функциональный критерий и приведена методика расчета основных и комплексного показателей эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами.

Функциональный критерий, учитывающий взаимодействие груза, подвижного состава и дороги в условиях лесозаготовительного производства, и

## Электронный архив УГЛТУ

комплекс показателей, в наибольшей степени определяющих эксплуатационную производительность, создают основу для оценки эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами и выбора приоритетных направлений ее повышения.

Проведенный анализ существующих методик оценки эффективности показал, что наиболее приемлемым аналогом для оценки эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами является предложенная Г. И. Солодом методика безэкспертной оценки для сложных технологических машин. Данная методика позволяет функционально оценивать грузовые автомобили различных типов, моделей и конструктивных исполнений.

В общем случае функциональный критерий  $\Phi$  (кВт) представляется в следующем виде:

$$\Phi = Q_{сез} E, \quad (1)$$

где  $Q_{сез}$  - производительность парка автопоездов за сезон, м<sup>3</sup>/сез;  $E$  - удельная энергия вывозки лесоматериалов, кДж/м<sup>3</sup>.

Удельная энергоёмкость транспортного процесса  $\Xi$  вывозки лесоматериалов, согласно исследованиям Ковалева Р. Н., представлена в следующем виде:

$$\Xi = \frac{1}{3600} \sum_{i=1}^r \frac{a_i}{\eta_i \beta_i Q_i} [(Q_i + Q_i^T) l_1 + Q_i^T l_2], \quad (2)$$

где  $Q_i$  - полезная нагрузка автопоезда, т;  $Q_i^T$  - масса автопоезда, т;  $\eta_i, \beta_i, a_i$  - КПД силовой передачи и коэффициент отбора мощности автопоезда, доля автомобилей  $i$ -й марки на участке;  $l_1$  - езда автопоезда с грузом, км;  $l_2$  - езда автопоезда без груза, км.

На основе анализа удельной энергии транспортировки лесоматериалов была выведена формула удельной энергии вывозки лесоматериалов автопоездами с учетом природно-производственных условий, позволяющая повысить точность расчетов:

$$E = \frac{K_n [\sum g(f_c + l) \left( \frac{m_a}{V_{\phi} \rho_n} + 1 \right) - \sum \frac{m_a}{V_{\phi} \rho_n} g(f_c + l)] + K_c [\sum g(f_c - l) \left( \frac{m_a}{V_{\phi} \rho_n} + 1 \right) - \sum \frac{m_a}{V_{\phi} \rho_n} g(f_c - l)]}{\sqrt{1 + i^2}} + K_p [\sum g f_c \left( \frac{m_a}{V_{\phi} \rho_n} + 1 \right) - \sum \frac{m_a}{V_{\phi} \rho_n} f_c g] \rightarrow \min, \quad (3)$$

где  $K_n, K_c, K_p$  - коэффициент, учитывающий соответственно длину подъемов, спусков и равнинных участков на маршруте;  $g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $f_c$  - коэффициент сопротивления качению лесовозного автопоезда по дороге;  $i_k$  - уклон трассы  $k$ -го участка дороги, ‰;  $n$  - количество участков дороги на маршруте;  $m_a$  - снаряженная масса лесовозного автопоезда, кг;  $V_{\phi}$  - фактический объем перевозимых лесоматериалов, м<sup>3</sup>;  $\rho_n$  - объемная масса лесоматериалов, кг/м<sup>3</sup>.

Окончательная формула для расчета эксплуатационного функционального критерия  $\Phi$  имеет вид:

$$\Phi = \frac{E Q_{сез}}{3600 D_c n_{см} T_{см}}, \quad (4)$$

где  $D_c$  - число дней работы автопоездов в сезон (130...140);  $n_{см}$  - количество смен в сутки (1...3);  $T_{см}$  - продолжительность рабочей смены, ч.

Другим важным вопросом оценки является обоснованный выбор необходимой и достаточной номенклатуры показателей, определяющих эффективность вывозки лесоматериалов парком автопоездов предприятия.

## Электронный архив УГЛТУ

Основные ТЭП выбирается из исходной номенклатуры в результате детального анализа процессов, характеризующих стадию эксплуатации парка лесовозных автопоездов, с дальнейшей проверкой их на согласованность (прямую взаимозависимость) и представительность (степень влияния на эффективность вывозки в зависимости от цели).

Анализ исходной номенклатуры ТЭП, установленной для оценки уровня использования лесовозных автопоездов и результатов их работы, проведенный с учетом требований квалиметрии и принципов системного анализа, позволил выделить следующие основные, наиболее представительные показатели: коэффициент выпуска на линию  $\alpha_в$ , коэффициент использования грузоместимости  $\gamma_{ам}$ , коэффициент использования пробега  $\beta$  и эксплуатационная скорость  $V_э$ , которые входят в комплексный показатель  $K_i$  эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами.

Алгоритм определения комплексного показателя эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами можно представить следующим образом:

- определяется функциональный критерий;
- выбираются показатели, характеризующие эффективность вывозки лесоматериалов в конкретных природно-производственных условиях предприятия;
- определяются удельные значения показателей эффективности и составляется матрица удельных значений;
- по матрице определяются значения показателей эталона;
- определяются значения эффективности по основным показателям;
- определяется комплексный показатель эффективности.

Удельные величины  $X_{ij}$  показателей  $P_{ij}$ , принятых для оценки эффективности, определяются по формуле

$$X_{ij} = \frac{P_{ij}}{\Phi_i}, \quad (5)$$

где  $\Phi_i$  – функциональный критерий рассматриваемой группы лесовозных автопоездов;  $i$  – порядковый номер группы автопоезда в рассматриваемой совокупности;  $j$  – порядковый номер показателя из числа принятых для оценки эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами.

Значения эффективности группы автопоездов по определяющим удельным показателям  $\theta P_{ij}$ , то есть по отдельным сравниваемым показателям  $P_{ij}$ , представляют собой отношение значений приведенных величин базовых показателей  $X_{ij}$  эталонной системы к значениям таких же приведенных величин  $X_{ij}$  рассматриваемой  $i$ -ой группы автопоездов:

$$\theta P_{ij} = \frac{x_{ei}}{x_{ij}}. \quad (6)$$

Из выражения (6) видно, что значения эффективности по определяющим основным показателям безразмерны и в общем случае всегда меньше единицы для любой из групп.

Для подсчета комплексного показателя при известных значениях эффективности по определяющим приведенным показателям формула будет выглядеть:

$$K_i = \frac{1}{(n-1) \sum_{i=1}^n \theta P_{ij}} \sqrt{n \sum_{j=1}^n [\theta P_{ij} (\sum_{j=1}^n \theta P_{ij} - \theta P_{ij})]^2}, \quad (7)$$

где  $n$  – число основных показателей.



## Электронный архив УГЛТУ

Данная методика позволяет рассчитать эффективность вывозки лесоматериалов автопоездами по основным и комплексному показателям.

Третий раздел посвящен оценке эффективности вывозки существующего парка лесовозных автопоездов, проанализированы основные маршруты вывозки лесоматериалов по критерию удельных затрат энергии.

Регрессионные модели взаимосвязей комплексного и основных показателей оценки эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами имеют линейный вид, причем наибольший рост эффективности дает увеличение показателей коэффициента выпуска на линию и эксплуатационной скорости.

По выбранным показателям в работе произведена сравнительная оценка эффективности вывозки пяти групп лесовозных автопоездов, грузоместимостью от 18 до 65 м<sup>3</sup>, эксплуатирующихся в АТЦ ЗАО "Фанком". При этом эксплуатация автомобилей может осуществляться в различных условиях.

Для расширения анализа оценка эффективности вывозки проводилась в двух направлениях:

- по каждой группе лесовозных автопоездов, что позволило выяснить, как влияют модель и эксплуатационные условия на эффективность вывозки;
- по парку автопоездов, что позволило выявить влияние групп на эффективность вывозки.

При оценке эффективности вывозки по моделям автопоездов все средние значения показателей принимают значения выше среднего. Наибольшее значение имеет коэффициент выпуска на линию ( $\Theta_{\gamma} = 0,717$ ), тогда как показатель использования пробега значительно ниже ( $\Theta_{V_0} = 0,541$ ). В среднем величина комплексного показателя эффективности вывозки по группам лесовозных автопоездов составляет  $K_i = 0,552$ .

Меньшее значение эффективности по показателю по моделям свидетельствует о большей зависимости его от конструктивных параметров автопоездов: снаряженной массы  $m_0$ , грузоподъемности  $q_n$  и объема перевозимых лесоматериалов  $V_0$ . Все коэффициенты вариации для показателей составляют значения до 100%, что свидетельствует о достаточной сбалансированности и согласованности значений показателей.

Вне зависимости от выбора базовых показателей ранжирование групп автопоездов по комплексному показателю эффективности, а также по конкретному автомобилю остается практически без изменений - изменяются только величины комплексного и приведенных технико-эксплуатационных показателей. Подтверждается также вывод о высоких значениях показателя эксплуатационной скорости в целом, который на некоторых маршрутах у определенных групп автопоездов меньше величин показателей коэффициентов выпуска на линию, использования грузоподъемности и пробега.

В результате проведенного нами анализа установлено, что зависимости для сложных машин можно описывать с достаточной для практики точностью линейным уравнением (8), что было использовано в нашей работе.

$$K_i = a + b\theta P_{ij}, \quad (8)$$

где  $a$  и  $b$  – параметры регрессии.

Результаты расчетов этих параметров, а также коэффициента корреляции  $r$ , и значимости их по  $F$ -критерию Фишера-Снедекора ( $F < F_{\alpha, \nu}$ ) приведены в табл. 1, на

## Электронный архив УГЛТУ

основании которых построены зависимости комплексного показателя от эффективности приведенных ТЭП (рис. 1). Значения коэффициентов корреляции и их значимость, подтвержденные по  $F$ -критерию, свидетельствует о достаточно тесной корреляционной связи между комплексным и приведенными оценками эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами.

Таблица 1

Результаты корреляционного анализа взаимосвязей комплексного показателя и приведенных ТЭП оценок эффективности работы лесовозных автопоездов

Исследуемые взаимосвязи	Параметры регрессии		Коэффициент корреляции, $r$	Значимость параметров регрессии и коэффициента корреляция $F$	Критическое значение критерия Фишера-Снедекора $F_{\text{крит}}$
	$a$	$b$			
$K=a + b\theta a_1$	0,118	0,716	0,760	1,316	1,578 (при доверительной вероятности 95%)
$K=a + b\theta \gamma$	0,159	0,535	0,535	1,571	
$K=a + b\theta \beta$	0,138	0,643	0,555	1,502	
$K=a + b\theta V_1$	0,024	0,657	0,685	1,461	

Зависимость комплексного показателя эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами от каждого из приведенных показателей оценки эффективности тем больше, чем выше коэффициент  $b$  уравнения регрессии, а значит для достижения наибольшего эффекта основные усилия следует направлять на улучшение именно этих показателей. Из табл. 1 следует, что наибольший рост эффективности обеспечивает, прежде всего, увеличение коэффициента выпуска на линию и эксплуатационной скорости.

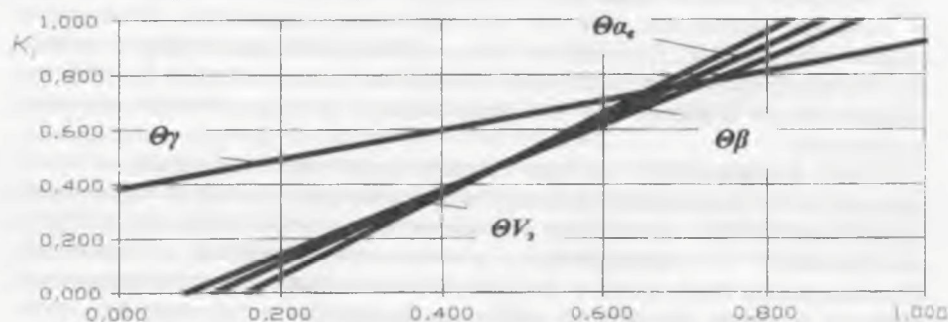


Рис. 1. Зависимость комплексного показателя от приведенных ТЭП эффективности вывозки

В современных экономических условиях ведения лесного хозяйства (инфляция, рост цен на энергоносители и др.) приобретают актуальность показатели эффективности, позволяющие уходить от денежной оценки и носящие универсальный характер. Одним из таких универсальных показателей, который в настоящее время ряд исследователей выдвигают на первый план, является анализ процессов с точки зрения эффективности затрачиваемой энергии.

Оценка удельной энергии вывозки лесоматериалов выполнялась по формуле (3), которая конкретно учитывает значимости уклонов на каждом маршруте.

## Электронный архив УГЛТУ

Использование лесовозных автопоездов по различным маршрутам определялось в зависимости от технологии лесозаготовки и наличия погрузочно-разгрузочных средств на лесосеке или на автопоезде. Выполнен анализ маршрутов движения автопоездов ЗАО «Фанком» с учетом наибольшего объема вывозки и типа подвижного состава. Величина уклонов дороги учтена с шагом 1 км.

При составлении маршрутов были проанализирована вывозка лесоматериалов за сезон 2010/2011 гг. Характеристики маршрутов движения лесовозных автопоездов представлены в табл. 2. Исследование по маршрутам вывозки лесоматериалов было проведено с помощью системы АвтоТрекер – многофункциональной интеллектуальной системы ГЛОНАСС/GPS мониторинга для удаленного контроля работы автотранспорта.

Для расчета удельных энергозатрат вывозки лесоматериалов была разработана программа, учитывающая основные технические параметры и специальные условия эксплуатации лесовозного автопоезда, а также средневзвешенный уклон на конкретном маршруте. Программа помогает достаточно быстро и легко подобрать подвижной состав с наименьшими затратами энергии вывозки лесоматериалов.

Помимо этого, проводится анализ состояния парка подвижного состава, занятого на вывозке лесоматериалов. Анализ позволяет оценить уровень эффективности работы лесовозных автопоездов и определить наиболее значимые показатели. Расчеты показали, что наиболее влиятельным показателем является эксплуатационная скорость автопоезда.

Приведен пример расчета удельной энергоемкости по разработанной программе на характерном маршруте Фоминка – Биржа Бабушкино (рис. 2)

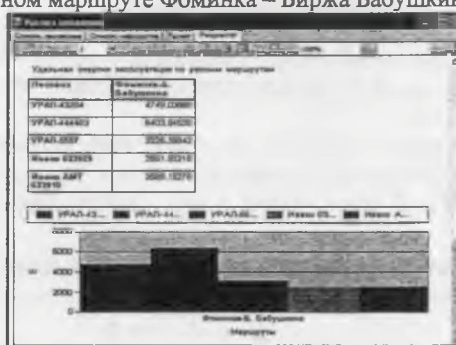


Рис. 2. Удельная энергоемкость лесовозных автопоездов на маршруте Фоминка – Биржа Бабушкино

В четвертом разделе рассмотрен механизм планирования основных ТЭП эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами. В разделе также определен ряд мероприятий для обеспечения требуемых значений основных показателей.

Планирование основных ТЭП базируется на решении обратной задачи оценки эффективности – определении по задаваемому уровню эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами рациональных ТЭП. Это может быть осуществлено путем преобразования основных уравнений методики зависимости основных ТЭП от функционального критерия для конкретных условий и планируемого значения

## Электронный архив УГЛТУ

комплексного показателя эффективности.

С учетом ограничений в значениях основных ТЭП, уравнение для расчета планируемых значений коэффициента выпуска на линию примет вид:

$$P_j = 1 - \frac{\Phi_i X_{6j} a}{K_i - b} \text{ при } K_i > b, \quad (9)$$

где  $\Phi_i$  – функциональный критерий рассматриваемой группы лесовозных автопоездов;  $X_{6j}$  – удельное значение показателя базового лесовозного автопоезда;  $K_i$  – комплексный показатель эффективности;  $i$  – порядковый номер группы в рассматриваемой совокупности лесовозных автопоездов;  $j$  – порядковый номер показателя, принятого для определения уровня эффективности;  $a$  и  $b$  – коэффициенты уравнения зависимостей эффективности по комплексному показателю от эффективности по основным ТЭП.

Для расчета планируемого значения коэффициента использования грузоподъемности выражение (9) примет вид:

$$P_j = 1, 1 - \frac{\Phi_i X_{6j} a}{K_i - b} \text{ при } K_i > b. \quad (10)$$

Соответственно, выражение для расчета планируемого значения коэффициента использования пробега можно записать в виде:

$$P_j = 0, 5 - \frac{\Phi_i X_{6j} a}{K_i - b}, \text{ при } K_i > b. \quad (11)$$

Учитывая, что при расчете приведенных значений показателя эксплуатационной скорости принималась ее обратная величина, уравнение для расчета планируемого значения эксплуатационной скорости запишется в виде:

$$P_j = \frac{K_i - b}{\Phi_i X_{6j} a}. \quad (12)$$

Пользуясь уравнениями (9) - (12), были научно обоснованы планируемые значения ТЭП ( $\alpha_s$ ,  $\gamma_{ам}$ ,  $\beta$ ,  $V_s$ ) работы парка лесовозных автопоездов ЗАО “Фанком” на сезон 2010/2011 гг.

Для того, чтобы оценить влияние планируемых основных ТЭП на комплексный показатель эффективности вывозки были получены его зависимости от основных ТЭП. В этом случае путем преобразования уравнений (9) - (12) получены:

- для коэффициента выпуска на линию и коэффициента использования грузоподъемности:

$$K_j = \frac{\Phi_i X_{6j} a}{1 - P_j} + b; \quad (13)$$

- для коэффициента использования пробега:

$$K_j = \frac{\Phi_i X_{6j} a}{0,5 - P_j} + b; \quad (14)$$

- для эксплуатационной скорости:

$$K_j = P_j \Phi_i X_{6j} a + b. \quad (15)$$

Анализ результатов расчетов по уравнениям (13) - (15) показывает, что нелинейная зависимость комплексного показателя от коэффициента выпуска до его граничного значения  $\alpha_s = 0,8$ , более пологая, нежели линейная зависимость его от эксплуатационной скорости. Для зависимости комплексного показателя от коэффициента использования грузоподъемности это граничное значение составляет  $\gamma_{ам} = 0,97$ ; для зависимости комплексного показателя от коэффициента

## Электронный архив УГЛТУ

использования пробега –  $\beta = 0,48$ . Это означает, что до достижения этих значений каждым из коэффициентов предпочтение необходимо отдавать увеличению эксплуатационной скорости; после – каждому из этих коэффициентов, поскольку это даст более быстрый рост комплексного показателя (рис. 3, 4).

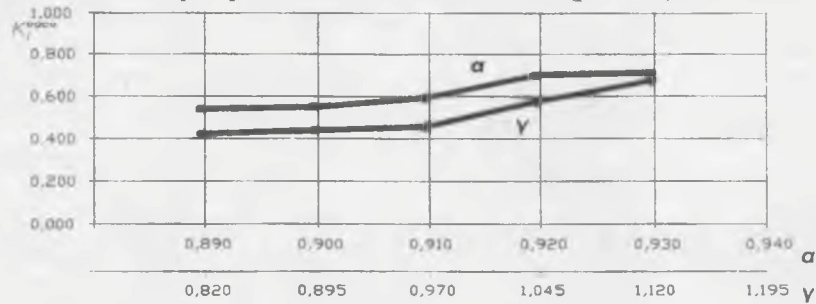


Рис. 3. Зависимость комплексного показателя эффективности от планируемых значений коэффициентов выпуска на линию и использования грузоподъемности

Результаты расчетов фактических и планируемых основных и комплексного показателей сведены в таблицу 3 и показаны на рисунке 5.

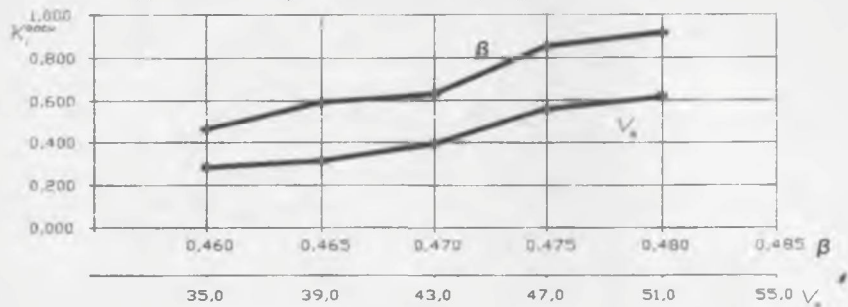


Рис. 4. Зависимость комплексного показателя эффективности от планируемых значений коэффициента использования пробега и эксплуатационной скорости

Анализ результатов расчета фактических и планируемых основных ТЭП и комплексного показателя эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами ЗАО «Фанком» проводился с помощью лепестковых диаграмм (рис. 5). Площади многоугольников, построенных на концах радиус-векторов, в данном случае отражают эффективность вывозки каждой группой автопоездов.

Сравнение показало, что планируемые в диссертационном исследовании значения ТЭП выше запланированных АТЦ ЗАО «Фанком». Это, с одной стороны, подтверждает ранее высказанное положение о необоснованности используемого в настоящее время планирования показателей, а с другой, требует проведения ряда мероприятий на предприятии в целом.

# Электронный архив УГЛТУ

Таблица 3

Сравнительные значения фактических и планируемых основных и комплексного показателей эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами по сезонам

Модель автопоезда	Показатели									
	$\theta\alpha_i$		$\theta\gamma_{\text{ли}}$		$\theta\beta$		$\theta V_i$		$K_i$	
	Сезоны, гг.									
	09/10	10/11	09/10	10/11	09/10	10/11	09/10	10/11	09/10	10/11
Ивеко АМТ 633910 + САВ 93182	1,000	0,740	0,759	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,902	0,926
Ивеко-633929 + САВ 83434	0,553	1,000	1,000	0,576	0,511	0,688	0,606	0,610	0,616	0,703
Урал-5557+ГКБ9383	0,540	0,774	0,569	0,538	0,519	0,516	0,407	0,404	0,475	0,548
Урал-444403+ГКБ9383	0,347	0,520	0,590	0,501	0,400	0,674	0,415	0,368	0,407	0,508
Урал-43204+ГКБ9383	0,350	0,631	0,494	0,409	0,344	0,478	0,319	0,328	0,351	0,453
$\theta P_{ij}$	0,558	0,733	0,682	0,605	0,555	0,671	0,549	0,542	0,550	0,628
$\sigma_k$	0,533	0,359	0,404	0,459	0,519	0,412	0,546	0,556	0,441	0,382
$\nu_k$	95,52	48,98	59,27	75,83	93,63	61,43	99,31	99,8	80,08	60,80

Примечание:  $\theta P_{ij}$  – среднеарифметическое значение,  $\sigma_k$  – среднеквадратическое отклонение значений показателя,  $\nu_k$  – коэффициент вариации показателя.

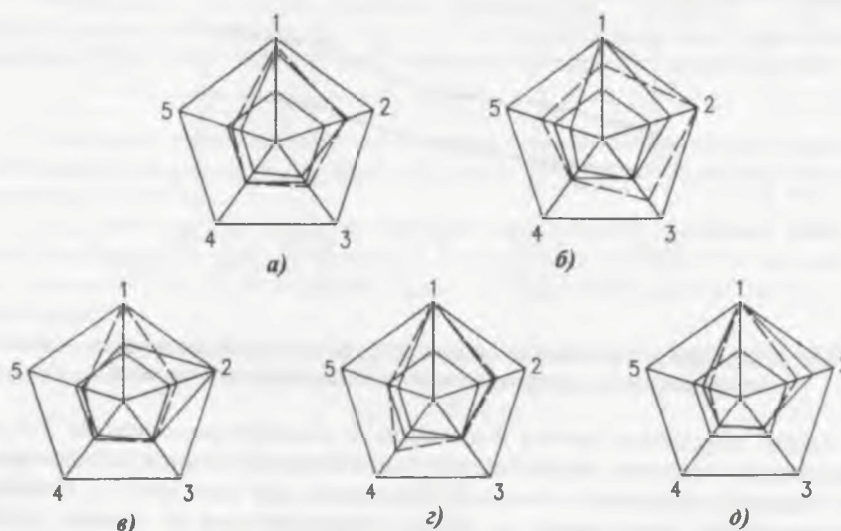


Рис. 5 Диаграммы фактических и планируемых значений комплексного и основных показателей эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами:

а -  $K_i$ ; б -  $\theta\alpha_i$ ; в -  $\theta\gamma$ ; г -  $\theta\beta$ ; д -  $\theta V_i$ ;

1 - Ивеко АМТ 633910; 2 - Ивеко-633929; 3 - Урал-5557, 4 - Урал-444403; 5 - Урал-43204.  
 — фактические значения; - - - планируемые значения

Наиболее важными являются: снижение времени простоев автомобилей под погрузкой, повышение контроля за качеством лесовозных дорог, обоснованное планирование маршрутов перевозки, своевременное и качественное выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей.

# Электронный архив УГЛТУ

## ВЫВОДЫ

В диссертационной работе содержится новое решение актуальной научной задачи комплексной оценки, прогнозирования и планирования показателей вывозки лесоматериалов автопоездами, позволяющее повысить эффективность их использования, что имеет существенное значение для развития теории и практики управления эксплуатацией лесотранспортных машин.

Основные научные и практические результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Выполненный обзор исследований показал, что наиболее приемлемым методом оценки эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами является безэкспертный с применением функционального критерия. Для повышения эффективности использования лесовозных автопоездов следует заниматься не отдельными транспортными единицами, а парком в целом, учитывая при этом особенности процесса вывозки.

2. Определена значимость функционального критерия и номенклатура ТЭП эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами, учитывающая их специфику и особенности эксплуатации как лесотранспортных машин что позволяет наиболее точно количественно оценить выполнение автопоездами своей функции.

3. Оценены удельные энергозатраты вывозки лесоматериалов автопоездами с учетом природно-производственных условий, что позволяет выявить автопоезда и маршруты вывозки с наименьшими затратами энергии. Для непосредственного использования разработана программа расчета удельных энергозатрат вывозки лесоматериалов автопоездами.

4. На основе оценки фактических уровней ТЭП эффективности вывозки лесоматериалов парком лесовозных автопоездов ЗАО "Фанком" установлено, что основное внимание при разработке приоритетных направлений следует уделять мероприятиям, направленным на повышение коэффициента выпуска автомобилей на линию и увеличение их эксплуатационной скорости.

5. Внедрение разрабатываемых мероприятий должно приводить к росту основных ТЭП. Абсолютные планируемые значений ТЭП должны быть: для коэффициента выпуска на линию  $\alpha_p > 0,893$ , коэффициента использования грузоместимости  $\gamma_{ам} > 0,968$ , коэффициента использования пробега  $\beta > 0,461$ , эксплуатационной скорости  $V_s > 34,62$  км/ч, при которых достигается наибольший рост уровня комплексного показателя.

6. Реализация мероприятий по повышению эффективности вывозки лесоматериалов в ЗАО "Фанком" в сезоне 2010/2011 гг. позволила увеличить величину комплексного показателя парка автопоездов по группам от 2,7 до 29,1%, что привело к росту объема лесозаготовок на 33,51 тыс. м<sup>3</sup>/год (9,5%).

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В РАБОТАХ:

1. Ляхов, С. В. Некоторые условия улучшения энерго-экологических показателей грузовых автотранспортных потоков г. Екатеринбурга: Тезисы [Текст] / С. В. Ляхов, С. В. Будалин // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России. Материалы III всероссийской научн.-техн. конф. / Урал. гос. лесотехн. ун-т. – Екатеринбург, 2007. Ч.1.

2. Будалин, С. В. Анализ формирования грузовых автотранспортных потоков крупных городов (на примере г. Екатеринбурга): Тезисы [Текст] / С. В. Будалин, С. В. Ляхов // Проблемы и достижения автотранспортного комплекса: материалы V всероссийской научн.-техн. конф. П / Урал. гос. техн. ун.-т – УПИ. – Екатеринбург, 2007.

3. Ляхов, С. В. Исследование грузовых автотранспортных потоков г. Екатеринбурга: Тезисы [Текст] / С. В. Ляхов, С. В. Будалин // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы IV всероссийской научн.-техн. конф. / Урал. гос. лесотехн. ун-т. – Екатеринбург, 2008. – Ч.1.

4. Будалин, С. В. Оценка параметров системы качества доставки грузов: Тезисы [Текст] / С. В. Будалин, С. В. Ляхов // Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса в рамках концепции 2020. Материалы VII междунар. научн. техн. конф. / Урал. гос. лесотехн. ун-т. – Екатеринбург, 2009.

5. Ляхов, С. В. К анализу системы качества перевозки грузов автотранспортом [Текст] / С. В. Ляхов, С. В. Будалин // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: Всероссийская научн. – практ. конф. Сборник статей студентов и молодых ученых / Сиб. гос. техн. ун-т. – Красноярск, 2009. – Т.3.

6. Будалин, С. В. Анализ качественных показателей эксплуатации лесовозных автопоездов [Текст] / С. В. Будалин, С. В. Ляхов // Научно-технический журнал: Естественные и технические науки №2(52). М, 2010, С. 481-485.

7. Будалин, С. В. Оценка эксплуатации лесовозных автопоездов [Текст] / С. В. Будалин, С. В. Ляхов // Проблемы и достижения автотранспортного комплекса: сб. материалов IX Всероссийской научно-технической конференции / Урал. гос. техн. ун.-т – УПИ. – Екатеринбург, 2011. С. 35-37.

8. Будалин, С. В. Методика оценки качества эксплуатации лесовозных автопоездов: Тезисы [Текст] / С. В. Будалин, С. В. Ляхов // Формирование регионального лесного кластера: социально-экономические и экологические проблемы и перспективы лесного комплекса: матер. VIII междунар. научн.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. 2011. С. 88-91.

9. Будалин, С. В. Расчет удельных энергозатрат вывозки лесоматериалов автопоездами [Текст] / С. В. Будалин, С. В. Ляхов, Д. Н. Некрасов // Научно-технический журнал: Естественные и технические науки №8(58). М, 2011, С. 572-575.

10. Ляхов, С. В. Прогнозирование технико-эксплуатационных показателей лесовозных автопоездов [Текст] / С. В. Ляхов // Научно-технический журнал: Естественные и технические науки №8(58). М, 2011, С. 586-590.

Подписано в печать «26» апреля 2012 г. Объем 1,0 п. л. Тираж 100. Заказ № 694  
620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.  
Уральский государственный лесотехнический университет.  
Отдел оперативной полиграфии