

УДК 621:630*37

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ В РЕАЛЬНЫХ АРЕАЛАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Кузнецов А.В.

*ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», Петрозаводск,
e-mail: kuzalex@psu.karelia.ru*

В работе представлен анализ возможности применения в различных природно-производственных условиях разных модификаций и схем комплектования лесовозных автопоездов. В процессе вывозки, в зависимости от конкретной лесотранспортной сети, движение лесотранспортных средств может быть реализовано в разном пропорциональном соотношении с преобладанием в структуре как транспортировки древесины по веткам и лесовозным усам. В этом контексте требования к лесовозному транспорту могут отличаться значительно. Для эффективной работы лесовозного автотранспорта необходимо обеспечить опорно-сцепную проходимость в конкретных ареалах эксплуатации. Показателем обеспечения проходимости без буксования является значение коэффициента сцепного веса ($k_{сч}$). На основе значения этого показателя можно подобрать конкретную модификацию лесовозного автотранспортного средства и схему комплектования лесовозного автопоезда для конкретных природно-производственных условий эксплуатации. Анализ показал, что наибольший эффект для повышения значения $k_{сч}$ дают мероприятия по комплектованию лесовозного автопоезда базовым полноприводным автомобилем повышенной проходимости. При выборе модификации лесовозного автопоезда необходимо учитывать не только его проходимость, стоимостные показатели и надежность, но и конкретные природно-производственные условия эксплуатации лесовозного автотранспорта и состояние лесотранспортной сети.

Ключевые слова: лесовозные автопоезда, проходимость, коэффициент сцепного веса, пути первичного транспорта леса

ANALYSIS OF USING LOG TRUCKS IN REAL AREAS OF OPERATION

Kuznetsov A.V.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Petrozavodsk State University",
Petrozavodsk, e-mail: kuzalex@psu.karelia.ru*

The paper presents an analysis of the possibility of using different modifications and completing schemes for log trucks in various natural and industrial conditions. Wood transportation depends on the specific timber transport network. The movement of timber transport vehicles can be realized both along public roads and highways, and subsidiary haul roads and haul road spurs. In this context, the requirements for timber transport can differ significantly. For the efficient operation of log trucks, it is necessary to provide fifth-wheel permeability in specific areas of operation. The indicator of ensuring passability without wheel slipping is the value of the coefficient of adhesion weight. On the basis of this indicator, it is possible to select a specific modification of a timber transport vehicle and a scheme for completing a log truck for specific natural and industrial operating conditions. The analysis showed that the greatest effect for increasing the value of coefficient of adhesion weight is achieved by completing a log truck with a basic all-wheel drive off-road vehicle. When selecting a modification of a log truck, it is necessary to take into account not only cost and reliability, but also specific natural and industrial conditions for the operation of log trucks and the state of the timber transport network.

Keywords: log trucks, cross-country ability, coefficient of adhesion weight, ways of initial log movement

В настоящее время лесовозные автопоезда осуществляют движение по участкам лесотранспортной сети с разными эксплуатационными характеристиками, при этом качество покрытия, как правило, находится в хорошем или удовлетворительном состоянии. В этих условиях для лесозаготовительных компаний при освоении лесного фонда актуальной проблемой является рациональное формирование лесотранспортной сети [1] и выбор модификации, а также схемы комплектования лесовозного автопоезда для транспортировки древесины по существующим лесотранспортным путям. При этом ключевым критерием, влияющим на рентабельность производства, является минимизация затрат на вывозку древесины. В процессе решения вопроса по оптимизации транспортно-технологического освое-

ния лесного фонда необходимо учитывать достаточно много факторов и условий, влияющих на эффективность технологического процесса, одним из них является возможность освоения лесного фонда в летний (безморозный) или зимний период с использованием лесовозных дорог круглогодичного или зимнего действия [2; 3]. С другой стороны, решение практической задачи формирования оптимального состава лесовозного автотранспортного средства, определение его технико-экономических показателей и оценка его эффективности в различных природно-производственных условиях позволит осуществить рациональный выбор лесовозного автопоезда для конкретного ареала эксплуатации с учетом обеспечения ряда технологических и технических условий, одним из которых является проходимость.

Цель исследования: разработать метод выбора конкретной модификации лесовозного автотранспортного средства и схемы комплектования лесовозного автопоезда для различных природно-производственных условий.

Материалы и методы исследования

Как показала практика применения, для эффективной работы лесовозного автотранспорта необходимо обеспечить опорно-цепную проходимость в конкретных ареалах эксплуатации [4-7]. В работах Я.С. Агейкина, В.Ф. Бабкова, В.А. Горбачевского, Б.А. Ильина, Э.О. Салминена и других специалистов описаны зависимости для оценки проходимости лесотранспортных машин [8-10]. В частности, профессором В.А. Горбачевским [8] для оценки проходимости лесовозных автопоездов был предложен коэффициент проходимости:

$$C = \frac{k_{сц} \varphi}{\psi},$$

где $k_{сц}$ – коэффициент сцепного веса (массы); φ – коэффициент сцепления колес; $\psi = f + i$ – суммарный коэффициент сопротивления движению.

Установившееся движение возможно при $C > 1$, а надежность движения повышается при увеличении C . Отсюда условие движения автопоезда без буксования можно представить в виде [9-12]:

$$\frac{G_{сц}}{G_{авт}} = k_{сц} > \frac{f + i}{\varphi},$$

где $G_{сц}$ – сцепная масса автотранспортного средства, кг; $G_{авт}$ – полная масса автопоезда, кг; f – коэффициент сопротивления качению колеса; i – продольный уклон.

На основе зависимости (2) можно, варьируя в зависимости от условий эксплуата-

ции, значения коэффициентов f и φ , а также продольного уклона дороги i , определить требуемые значения коэффициента сцепной массы $k_{сц}$ и на основе этого подобрать конкретную модификацию лесовозного автотранспортного средства и схему комплектования лесовозного автопоезда.

Результаты исследования и их обсуждение

В процессе вывозки, в зависимости от конкретной лесотранспортной сети, движение лесотранспортных средств может быть реализовано в разном пропорциональном соотношении с преобладанием в структуре как транспортировки древесины по дорогам общего пользования и магистралям, так и по веткам и лесовозным усам. В этом контексте требования к лесовозному транспорту могут отличаться значительно, например при преобладании в структуре лесотранспортной сети путей первичного транспорта леса, в частности лесовозных усов, к лесовозному автопоезду должны предъявляться более высокие требования в плане возможности движения по этой категории лесовозных дорог [11; 13; 14]. В этом случае в состав автопоезда в качестве тягового звена рекомендуется включать автомобиль повышенной проходимости с колесной формулой 6×6 или 8×8 для обеспечения достаточного значения коэффициента сцепного веса $k_{сц}$. При этом для обеспечения устойчивого движения по путям первичного транспорта леса рекомендуемые значения коэффициента сцепного веса ($k_{сц}$): лесовозные усы в плохом состоянии – 0,6, на лесовозных усах с покрытием в удовлетворительном состоянии – 0,5, на ветках и магистралях: 0,4-0,45 [11; 12]. В частности, значения коэффициента сцепного веса ($k_{сц}$) в зависимости от типа покрытия представлены в таблице.

Значения коэффициента сцепного веса ($k_{сц}$) в зависимости от типа покрытия

Тип покрытия	Коэффициент сцепного веса ($k_{сц}$)			
	шины высокого давления, $i = 0,05$			
	сухая поверхность		мокрая поверхность	
	min	max	min	max
Асфальт	0,081	0,100	0,163	0,233
Гравийная дорога	0,150	0,213	0,188	0,283
Лежневая дорога	0,140	0,178	0,175	0,267
Грунтовая сухая укатанная	0,160	0,238	0,200	0,317
Грунтовая сухая слабоукатанная	0,190	0,275	0,238	0,367
Грунтовая дорога после дождя	-	-	0,250	0,500
Песок сыпучий	0,425	-	0,300	0,500
Грунт суглинистый	0,260	0,425	0,433	0,850
Снежная укатанная дорога	0,200	0,333	0,320	0,500
Снег рыхлый глубиной 400 мм	0,714	-	-	-

Если в структуре транспортной сети доминируют дороги общего пользования и магистрали, возможно использование лесотранспортных средств ограниченной проходимости, например лесовозных автопоездов на базе автомобилей с колесной формулой 6×4. Тем не менее при заезде подобных машин на лесовозные усы низких категорий возможно снижение проходимости (буксование, застревание), что приведет к уменьшению производительности и увеличению затрат. Это усугубляется тем, что на практике лесозаготовительные компании зачастую, руководствуясь принципом экономии, стараются строить в разных природно-производственных условиях лесовозные усы с простейшим грунтовым профилированным покрытием, которое рекомендуется только для первого типа местности. Выходом из этой ситуации может быть реализация на практике двухступенчатой вывозки, но в этом случае затраты на проведение лесотранспортных работ могут вырасти до 40%.

Исходя из вышеизложенного, можно предварительно предложить для конкретных условий эксплуатации следующие рекомендации. На путях первичного транспорта леса с хорошим состоянием покрытия и на магистралях, а также дорогах общего пользования могут осуществлять движение без ограничений по проходимости следующие автопоезда-сортиментовозы ($k_{cy} = 0,379-0,327$): КАМАЗ-65111 (6×6) + САВ 83433RC4-0000011-И, Тонар-652802-0000010 (6×4) + САВ 83433RC4-0000011-И, Mercedes-Benz Actros3346(6×4)+САВ83433RC4-0000011-И, КАМАЗ-6580 (6×4) + САВ 83433RC4-0000011-И, КАМАЗ-65115 (6×4) + Т8302В, МАЗ-63122J (6×4) + МАЗ-892620-010.

При наличии в структуре лесотранспортной сети путей первичного транспорта леса с удовлетворительным состоянием покрытия можно рекомендовать для осу-

ществления вывозки следующие марки автотранспортных средств ($k_{cy} = 0,483-0,409$): Mercedes-Benz Actros 3346A (6×6) + САВ 83433RC4-0000011-И, MAN TGS 33.480 6X6 BB-WW (6×6) + 84343A, КамАЗ 6560 (8×8) + САВ 83434-0000010-02, КАМАЗ-65111 (6×6) + Т8302В, МАЗ 6317F9-544-000 (6×6) + САВ 83433RC4-0000011-И, Scania G 480 CB6X6ENZ (6×6)+САВ 83434-0000010-02, МАЗ-6312С9 (6×4) + МАЗ-892630-020, КАМАЗ-43118 (6×6) + Т8302В, MAN TGS 33.480 6X6 BB-WW (6×6) + САВ 83434-0000010-02, МАЗ-631228 (6×4) + МАЗ-892620-010.

В случае необходимости обеспечения устойчивого движения по путям первичного транспорта леса в плохом состоянии можно предложить следующие марки и компоновочные решения ($k_{cy} = 0,641-0,516$): IVECO-AMT 633920 (6х6^{сц}) + САВ 83433RC4-0000011-И, МАЗ 6317F9-565-000 (6×6) + МАЗ-837810-020, УРАЛ 4320-82 (6×6) + НЕФАЗ-8332-09, IVECO-AMT 633920 (6х6) + САВ 83434-0000010-02, КамАЗ 6560 (8×8) + САВ 83433RC4-0000011-И, Volvo FMX (6×6) + САВ 83433RC4-0000011-И, Scania G 480 CB6X6ENZ (6×6) + САВ 83433RC4-0000011-И.

При этом необходимо учитывать, что при оснащении автопоездов-сортиментовозов на базе автомобилей повышенной проходимости с колесной формулой 6×6 двухосными прицепами вместо трехосных значение k_{cy} увеличивается в 1,23-1,3 раза. При оснащении автопоезда на базе автомобиля с колесной формулой 8×8 четырехосным прицепом вместо трехосного k_{cy} уменьшается в 1,15 раза (рис. 1а). При этом в тех же границах остается диапазон уменьшения ($k_{cy} = 1,15-1,16$) при комплектовании лесовозного автопоезда на базе автомобиля с колесной формулой 6×6 четырехосным прицепом вместо трехосного (рис. 1б).

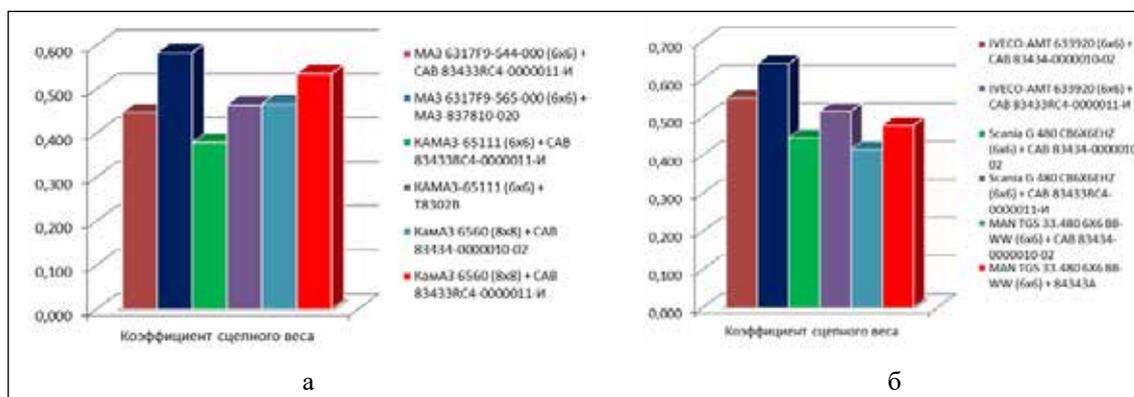


Рис. 1. График изменения значения коэффициента сцепного веса:
а – автопоезда-сортиментовозы, оснащенные двухосным, трехосным и четырехосным прицепом;
б – автопоезда-сортиментовозы, оснащенные трехосным и четырехосным прицепом

В то же время, если оснастить лесовозный автопоезд с трехосным прицепом базовым автомобилем с колесной формулой 6×6 вместо 6×4, значение коэффициента сцепного веса увеличится на 29-37% (рис. 2а).

Это позволяет сделать вывод, что в хороших условиях эксплуатации для повышения эффективности и производительности автомобильного подвижного состава при условии достаточной энерговооруженности базового автомобиля можно рекомендовать использование прицепного звена в виде четырехосного прицепа вместо трехосного или двухосного. В случае необходимости обеспечения проходимости по путям первичного транспорта леса с удовлетворительным состоянием покрытия преимущество имеют лесовозные автопоезда, в состав которых входят автомобили повышенной проходимости и двухосные прицепы.

При использовании на транспортировке сортиментов автопоездов в составе автомобиля-тягача и полуприцепа значение $k_{сц}$ изменяется в диапазоне 0,524-0,334 (рис. 2б): Iveco-AMT (6×6) + САВ 99402-0000010-04У, Iveco-AMT (6×6) + ТСП 9417, КАМАЗ-6560-53 (8×8) + ТЗА-588511, КАМАЗ-65221-53 (6×6) + САВ 9318С1-0000033(Т1), Iveco-AMT (6×6) + САВ 93182-0000053, МАЗ 6317F9 (6×6) + МАЗ-998640-010, Тонар-6428-0000010-40 (6×4) + ТОНАР-9445, Iveco-AMT (6×4) + САВ 93182-0000053. При этом нижние значения $k_{сц}$ достигаются при использовании в составе автопоезда автомобиля с колесной формулой 6×4, что подтверждает приведенные выше выводы.

При вывозке древесины в хлыстах или деревьях значение $k_{сц}$ изменяется в следующих пределах – 0,580-0,548 (рис. 3а): MAN TGS 40.430 + САВ 9042-0000011-22, Iveco-AMT 633930 + САВ 9042-0000011-23,

VOLVO FMX13 + САВ 9042-0000011-23, Урал4320+9047L, Iveco-AMT 633930+САВ 9042-0000011-10, УРАЛ 59604Т + 9047L, Камаз 43118 + САВ 9042-0000011-Т. Это позволяет рекомендовать применение данных машин в достаточно сложных дорожных условиях и условиях эксплуатации.

Стоит отметить появление на рынке лесовозных автопоездов на базе полноприводных автомобилей импортного производства как для транспортировки сортиментов: IVECO-AMT 633920 (6х6) + САВ 83433RC4-0000011-И, Scania G 480 CB6X6ENZ (6×6) + САВ 83433RC4-0000011-И и т.д., так и хлыстов или деревьев: MAN TGS 40.430 + САВ 9042-0000011-22, Iveco-AMT 633930 + САВ 9042-0000011-23, VOLVO FMX13 + САВ 9042-0000011-23 и др., которые благодаря своей высокой энерговооруженности и надежности составляют серьезную конкуренцию традиционным полноприводным модификациям автотранспортных средств отечественного и белорусского производства, основным преимуществом которых остаются только относительно низкие затраты на приобретение и преимущество в проходимости по сыпучим основаниям (песок и снег) отдельных полноприводных модификаций высокой проходимости с системой регулирования давления в шинах (в частности, автопоезд-сортиментовоз КАМАЗ-43118 (6×6) + Т8302В и автопоезд-хлыстовоз Урал 4320 + 9047L) (рис. 3б).

Ряд модификации автопоездов для транспортировки хлыстов или деревьев, например на базе автомобиля Урал 55571-1112-72М, Урал 55571-6151 или Урал 5557-6151, при комплектовании их прицепами-роспусками с регулируемой длиной дышла способны при необходимости осуществлять транспортировку пачки сортиментов.

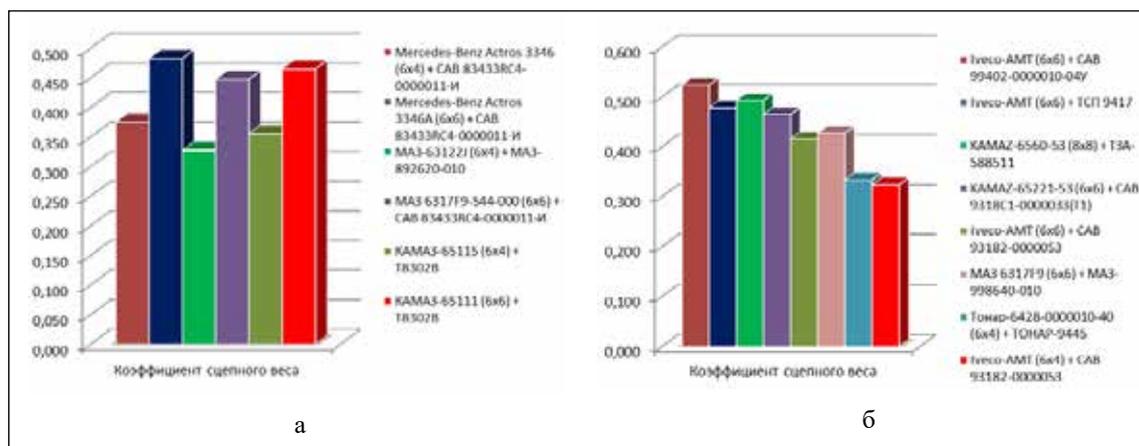


Рис. 2. График изменения значения коэффициента сцепного веса:
а – автопоезда-сортиментовозы, оснащенные двухосным и трехосным прицепом;
б – автопоезда-сортиментовозы, оснащенные двухосным и трехосным полуприцепом

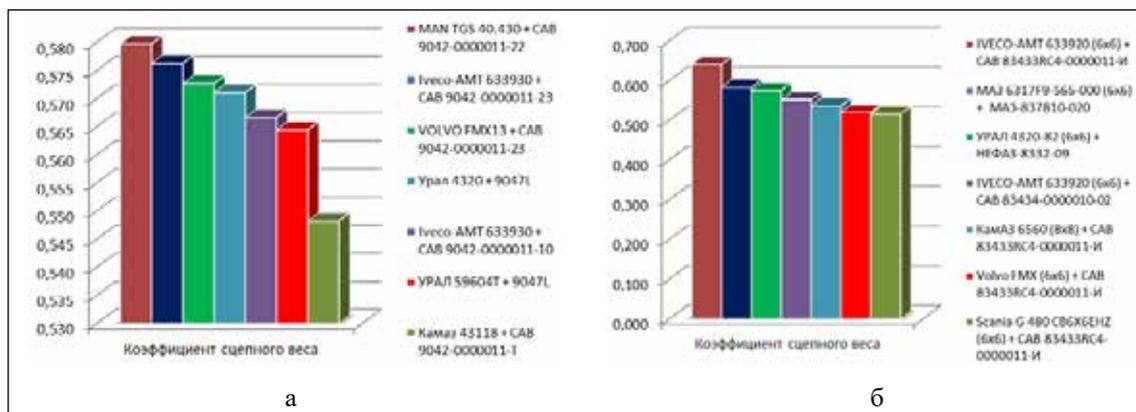


Рис. 3. График изменения значения коэффициента сцепного веса:
а – автопоезда для транспортировки хлыстов или деревьев с прицепом-роспуском;
б – автопоезда-сортиментовозы, оснащенные двухосным, трехосным и четырехосным прицепом

Это позволяет осуществлять вывозку древесины по путям первичного транспорта леса с низкой несущей способностью покрытия, повышение эксплуатационных свойств которых нецелесообразно экономически.

Выводы

Анализ показал, что наибольший эффект для повышения значения коэффициента сцепного веса дают мероприятия по комплектованию лесовозного автопоезда базовым автомобилем повышенной проходимости с колесной формулой 6×6 или 8×8. Значение коэффициента сцепного веса в этом случае может быть увеличено в 1,29-1,37 раза. Причем это касается как автопоездов, оснащенных прицепами, так и автопоездов в составе автомобиля-тягача и полуприцепа. В любом случае при выборе модификации лесовозного автопоезда необходимо учитывать не только его проходимость, стоимостные показатели и надежность, но и конкретные природно-производственные условия эксплуатации лесовозного автотранспорта и состояние лесотранспортной сети.

Список литературы

- Сушков С.И., Бурмистрова О.Н., Бурмистров Д.В. Повышение эффективности функционирования лесовозных дорог. Воронеж: Изд-во ВГЛУ, 2017. 163 с.
- Лукашевич В.М., Шеголева Л.В. Методика планирования освоения лесных ресурсов с учетом сезонности лесозаготовок // Глобальный научный потенциал. 2014. № 8 (41). С. 134-136.
- Шегельман И.Р., Кузнецов А.В., Скрыпник В.И., Баглагин В.Н. Методика оптимизаций транспортно-технологического освоения лесосырьевой базы с минимизацией затрат на заготовку и вывозку древесины // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4-2. URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1284> (дата обращения: 7.05.2021).

- Абашидзе И.Н., Хабазде М.А., Абашидзе И.И., Абашидзе А.И., Дидмандзе О.Н. Кинематические и динамические характеристики трехзвенных магистральных автопоездов при трогании с места и разгоне // Международный технико-экономический журнал. 2010. № 4. С. 101-103.

- Бобровник А.И. Повышение проходимости автомобиля МАЗ сельскохозяйственной модификации // Наука и техника. 2014. № 4. С. 71-82.

- Острецов А.В., Есаков А.Е., Шарипов В.М. Сравнительная оценка опорной проходимости автомобилей КАМАЗ-4350, КАМАЗ-43114 И УРАЛ-4320-31 на сыпучем песке // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2014. Т. 1. № 1 (19). С. 50-54.

- Мамити Г.И., Плиев С.Х., Васильев В.Г. Оптимальное распределение масс по осям двухосного автомобиля // Автомобильная промышленность. 2015. № 12. С. 5-7.

- Автомобильный транспорт леса: Справочник / Под общ. ред. В.А. Горбачевского. М.: Лесная промышленность, 1973. 376 с.

- Гончаров И.Н., Смиловенко О.О., Казябо В.А., Шавель Ю.И. Анализ показателей опорной проходимости автомобильной техники // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. 2018. № 2 (44). С. 121-129.

- Котляренко В.И. Оценка проходимости колёсных машин по деформируемым опорным поверхностям // Журнал автомобильных инженеров. 2008. № 1 (48). С. 30-35.

- Шегельман И.Р., Скрыпник В.И., Кузнецов А.В., Пладов А.В. Вывозка леса автопоездами. Техника. Организация. СПб.: ПРОФИКС, 2008. 304 с.

- Васильев А.С., Шегельман И.Р., Скрыпник В.И. Обоснование эффективности модернизированной конструкции лесовозного автопоезда // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 08 (82). С. 497-509. URL: <http://ej.kubagro.ru/2012/08/pdf/32.pdf> (дата обращения: 7.05.2021).

- Шегельман И.Р., Скрыпник В.И., Кузнецов А.В., Васильев А.С. Обоснование направлений повышения эффективности функционирования лесовозных автопоездов // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2007> (дата обращения: 7.05.2021).

- Коркин С.Н., Курмаев Р.Х., Крамер А.С. Применение активных колёсных модулей в автопоездах для перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2012. Т. 1. № 2 (14). С. 160-168.