

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИЖЕНИЯ СОРТИМЕНТОВОЗОВ

The major factors influencing temporary characteristics of work of transport on transportation of wood are designated. The basic lacks of methods by definition of speed of movement and time of driving of 1 km are examined. The technique of researches by definition of temporary characteristics of movement of lorry convoys for transportation of logs with the purpose of definition of the law of distribution of time of travel of 1 km is described. The basic results of researches are presented. The technique for definition of time of movement on a route which has proved to be true industrial researches is presented. The maximal rejection of settlement parameters of time of movement from actual has made 8 %. The developed technique is recommended for use at the enterprises and establishments of wood branch.

Введение. Основной технологией заготовки древесного сырья в настоящее время на предприятиях лесного комплекса является сортиментная. Так, по Министерству лесного хозяйства сортиментами заготовлено и вывезено около 90% от общего объема заготовки. Очевидно, что при доминирующей сортиментной заготовке ключевое значение имеет эффективное использование на вывозке автомобилей-сортиментовозов.

По данным Министерства лесного хозяйства, в настоящее время для вывозки сортиментов используются следующие основные марки машин: МАЗ-6303, Урал-4340.

Необходимо заметить, что эффективное функционирование лесотранспортной системы, основанное на работе указанной техники, зависит от оптимальной организации во времени грузопотоков древесного сырья, которая, в свою очередь, зависит от знания временных характеристик движения сортиментовозов.

Существующие методы определения временных характеристик движения. Временные характеристики для конкретного вида тягово-прицепного состава (в частности, общее время движения на маршруте и время хода 1 км) зависят от скорости движения в конкретных дорожно-эксплуатационных условиях.

На скорость движения влияют в общем случае множество факторов (рисунок) [1], которые условно можно разделить на четыре группы: автомобиль, водитель, дорога и общие.

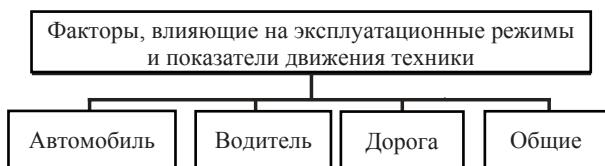


Рисунок. Основные факторы, влияющие на показатели движения техники

Автомобиль. Геометрические параметры автомобиля: база, колея, высота центра тяжести габаритные размеры, сцепной вес. Параметры двигателя: тип двигателя; техническое

состояние двигателя; максимальный момент и максимальная мощность двигателя; частота вращения вала; приемистость двигателя; топливно-экономические характеристики двигателя; тип трансмиссии; передаточные числа трансмиссии; тип шин; параметры, определяющие сопротивление их качению и уводу; радиус качения шин. Другие параметры: общий вес; параметры, определяющие сопротивление воздуха движению, параметры, определяющие инерционность транспортной единицы, параметры, определяющие потери во вспомогательных агрегатах двигателя и агрегатах трансмиссии; параметры, определяющие тормозные свойства автомобиля и двигателя, номинальный (средний) коэффициент сопротивления качению, работоспособность агрегатов при различных режимах движения; параметры подвески [1].

Водитель. Зрительное и слуховое, двигательное восприятие обстановки движения, острота и точность реакции, устойчивость внимания, возраст, опыт, мастерство, наличие автоматических навыков, нервно-психическое состояние, особенности вестибулярного аппарата, темперамент.

Дорога. Уклоны продольного профиля, длины участков с одинаковыми уклонами, число переломов продольного профиля, радиусы и длины переходных кривых, поперечный уклон, радиусы и длины кривых в плане, характеристика микропрофиля поверхности дороги [1].

Общие. Общий характер движения (в населенном пункте или вне его, днем, ночью, при дожде, тумане, гололеде); состав движения; интенсивность движения; число пересечений в одном уровне; способ регулирования движения; характер ограничений и запрещений; число регламентированных остановок; наличие помех; коэффициент сцепления шин с поверхностью дороги; температура и давление окружающего воздуха [1].

Известные методы, такие как графические, графоаналитические, метод приближенного интегрирования уравнения движения, методика,

предложенная А. М. Чупраковым [2], – не нашли широкого практического применения на лесовозном автотранспорте в силу сложности аналитических расчетов, громоздкости графических построений и по некоторым методам дают лишь ориентировочные значения скорости и времени [3]. Проведенные исследования [3] показали, что по получившему наибольшее распространение методу равновесных скоростей расхождение между фактическим и расчетным временем движения достигает 46–53%. Предлагаемый в работе [4] метод позволяет учитывать такие факторы, как изменение тягового усилия и основного сопротивления движению (сопротивления качению) с изменением скорости движения, наличия инерционных сил, непрерывного изменения сопротивления движению от уклона на вертикальных кривых, сопротивление движению от кривой в плане, сопротивление движению от воздушной среды, а также все факторы, учитываемые при традиционных методах расчета. Разработанные математические модели дают возможность определять скорость и время движения во всех режимах (при работе двигателя на внешней характеристике, на частичной, в режиме движения накатом, торможения двигателем, моторным тормозом или колесными тормозами) [4].

Однако, к сожалению, аналитически и однозначно детерминированным образом выразить скорость транспортной машины с учетом факторов всех четырех групп, большинство из которых являются случайными, практически невозможно [5].

Таким образом, существующие методы определения временных характеристик движения достаточно трудоемки, и ряд из них в определенных случаях обладает малой точностью, что в реальных условиях на предприятиях затрудняет их использование. Использование же нормативных показателей скорости движения и времени хода 1 км в обоих направлениях, представленных в [6], позволяет получить усредненные временные показатели движения, которые могут существенно отличаться от показателей движения в определенных природно-эксплуатационных условиях на конкретном предприятии.

Ввиду всего вышесказанного, для оперативного планирования работы лесотранспортной системы, установления временного баланса между функционированием всех подсистем, для получения временных характеристик движения необходимо использовать статистические методы. В частности, время хода в грузовом и порожнем направлениях для конкретного предприятия можно определить, зная среднее время хода одного километра по данному типу покрытия в грузовом и порожнем направлениях для конкретного вида тягово-прицепного со-

става, а также зная закон распределения времени хода 1 км как случайной величины.

Проведение исследований по определению временных характеристик движения сортиментовозов и их результаты. С целью определения закона распределения величины времени хода одного километра, а также средних значений времени хода в грузовом и порожнем направлениях на различных типах покрытия и для разных видов тягово-прицепного состава, наиболее распространенных на лесохозяйственных предприятиях, нами были организованы исследования на базе ГОЛХУ «Осиповичский опытный лесхоз». В качестве исследуемого тягово-прицепного состава использовались сортиментовозы МАЗ-630308 + МАЗ 83781020 и Урал-43202 + 2ПР4. Исследования проводились в летний и зимний периоды. Время движения 1 км в грузовом и порожнем направлениях фиксировалось при помощи секундомера и цифровой видеокамеры. Маршруты движения в основном проходили по дорогам общего пользования (асфальтобетонное и гравийное покрытие), а также по лесным грунтовым естественным транспортным путям. Длина каждого вида покрытия определялась по техническим паспортам дорог, по которым проходил маршрут движения. Определение длины лесного транспортного пути проводилось либо непосредственным замером, либо расчетом. Количество замеров для каждого вида покрытия на каждом направлении составляло не менее 100 в летний период, в зимний период для сортиментовоза МАЗ-630308 + МАЗ 83781020 при движении по лесным естественным путям составляло 60 (это связано с трудностью движения данных сортиментовозов по неподготовленным естественным транспортным путям и отсутствием на лесосеках площадок для разворота).

В итоге были получены массивы значений времени хода 1 км по асфальтобетонному, гравийному и грунтовому естественному типам покрытий в летний и зимний периоды. Для полученных данных посредством стандартных методов обработки результатов эксперимента [7], а также специализированных программных приложений были построены фактические полигоны распределений времени хода 1 км, построены кумулятивные кривые и определены основные статистические показатели. Проверка гипотезы о нормальности закона распределения показателя времени хода 1 км проводилась при помощи критерия χ -квадрат (Пирсона), и для всех рассматриваемых случаев гипотеза подтвердилась.

Средние значения времени хода 1 км $t_{1\text{ км}}$ и стандартная ошибка δ по всем рассматриваемым случаям представлены в табл. 1.

Таблица 1

Средние значения времени хода 1 км

Марка сортиментовоза	Грузовое направление				Порожнее направление			
	летний период исследований		зимний период исследований		летний период исследований		зимний период исследований	
	$t_{1 \text{ км}}$, мин/1 км	δ	$t_{1 \text{ км}}$, мин/1 км	δ	$t_{1 \text{ км}}$, мин/1 км	δ	$t_{1 \text{ км}}$, мин/1 км	δ
Асфальтобетонное покрытие								
МАЗ-630308 + + МАЗ 83781020	0,98	0,004	1,15	0,007	0,91	0,004	1,06	0,007
Урал-43202 + 2ПР4	1,22	0,006	1,44	0,009	1,05	0,005	1,25	0,007
Гравийное покрытие								
МАЗ-630308 + + МАЗ 83781020	0,99	0,005	1,17	0,007	0,92	0,003	1,09	0,006
Урал-43202 + 2ПР4	1,37	0,006	1,64	0,008	1,27	0,005	1,51	0,006
Лесной грунтовый естественный путь								
МАЗ-630308 + + МАЗ 83781020	2,66	0,016	2,83	0,034	2,49	0,015	2,72	0,027
Урал-43202 + 2ПР4	2,47	0,016	2,95	0,023	2,43	0,009	2,88	0,013

Анализ вышеуказанной таблицы показывает, что увеличение среднего времени хода 1 км в грузовом направлении для сортиментовоза МАЗ по отношению к среднему времени прохождения 1 км в том же направлении по асфальтобетонному покрытию составляет: в летний период для гравийного покрытия в 1,01 раза, для лесной грунтовой дороги в 2,71 раза; в зимний период для гравийного покрытия 1,02 раза, для лесной грунтовой дороги в 2,46 раза. В порожнем направлении увеличение среднего времени хода 1 км составляет: в летний период для гравийного покрытия в 1,01 раза, для лесной грунтовой дороги в 2,74 раза; в зимний период для гравийного покрытия в 1,03 раза, для лесной грунтовой дороги в 2,57 раза.

Аналогично для сортиментовоза «Урал» увеличение среднего времени хода 1 км в грузовом направлении по отношению к среднему времени прохождения 1 км в том же направлении по асфальтобетонному покрытию составляет: в летний период для гравийного покрытия в 1,12 раза, для лесной грунтовой дороги в 2,02 раза; в зимний период для гравийного покрытия в 1,14 раза, для лесной грунтовой дороги в 2,05 раза. В порожнем направлении увеличение среднего времени хода 1 км составляет: в летний период для гравийного покрытия в 1,21 раза, для лесной грунтовой дороги в 2,31 раза; в зимний период для гравийного покрытия в 1,21 раза, для лесной грунтовой дороги в 2,3 раза.

Полученные данные позволяют предположить, что увеличение времени хода 1 км для конкретного типа транспорта по любому типу покрытия в отношении к времени хода 1 км по асфальтобетонному покрытию в первом приближении изменятся незначительно. Другими словами, справедливо соотношение (1):

$$k_i = \frac{t_{1 \text{ км}}^i}{t_{1 \text{ км}}^{\text{асф}}} \approx \text{const}, \quad (1)$$

где k_i – коэффициент, показывающий во сколько раз время прохождения 1 км по i -му типу покрытия увеличивается по отношению к времени прохождения 1 км по асфальтобетонному типу покрытия; $t_{1 \text{ км}}^i$ – время хода 1 км по i -му типу покрытия для данного типа транспорта в конкретных природно-производственных условиях, мин/1 км; $t_{1 \text{ км}}^{\text{асф}}$ – время хода 1 км по асфальтобетонному покрытию для того же типа транспорта в тех же условиях, мин/1 км.

В целом общее движение по заданному маршруту (например, для трех типов покрытия – асфальтобетонного, гравийного и по лесной естественной грунтовой дороге) в грузовом или порожнем направлении можно определить по формуле (2).

$$T_m = t_{1 \text{ км}}^{\text{асф}} \cdot l_{\text{асф}} + t_{1 \text{ км}}^{\text{грав}} \cdot l_{\text{грав}} + t_{1 \text{ км}}^{\text{лд}} \cdot l_{\text{лд}}, \quad (2)$$

где $t_{1 \text{ км}}^{\text{асф}}$, $t_{1 \text{ км}}^{\text{грав}}$, $t_{1 \text{ км}}^{\text{лд}}$ – время хода 1 км для заданного типа транспорта в данных условиях соответственно по асфальтобетонному, гравийному покрытиям и по лесной естественной грунтовой дороге, мин/1 км; $l_{\text{асф}}$, $l_{\text{грав}}$, $l_{\text{лд}}$ – длины участков маршрута соответственно с асфальтобетонным, гравийным покрытиями и лесной естественной грунтовой дороги, км.

Если в формуле (2) вынести за скобки $t_{1 \text{ км}}^{\text{асф}}$ и учесть соотношение (1), то получим формулу для определения общего времени движения по заданному маршруту в грузовом или порожнем направлениях (3).

$$T_m = t_{1 \text{ км}}^{\text{асф}} \cdot (l_{\text{асф}} + k_{\text{грав}} \cdot l_{\text{грав}} + k_{\text{лд}} \cdot l_{\text{лд}}), \quad (3)$$

где $k_{\text{грав}}$, $k_{\text{лд}}$ – коэффициенты, показывающие, во сколько раз время прохождения 1 км соответственно по гравийному типу покрытия и по лесной естественной грунтовой дороге увели-

чивается по отношению к времени прохождения 1 км по асфальтобетонному.

Для подтверждения выдвинутой гипотезы также были организованы исследования в ГОЛХУ «Осиповичский опытный лесхоз». Целью исследований являлось определение фактических значений времени движения сортиментовозов МАЗ-630308 + МАЗ 83781020 и Урал-43202 + 2ПР4 по различным маршрутам в летний и зимний периоды и сравнение их с рассчитанными по формуле (3).

В итоге были получены массивы фактических данных времени движения по различным маршрутам для заданных сортиментовозов в летний и зимний периоды. Эти данные сравнивались с расчетными и определялось отклонение по всем маршрутам. В табл. 2 представлены данные для МАЗ-630308 + МАЗ 83781020 ($k_{\text{прав}} = 1,02$, $k_{\text{жд}} = 2,46$) в грузовом направлении для зимнего периода исследований.

Таблица 2

Сравнение фактических и расчетных данных

Участки маршрута по типам покрытия, км			Фактическое время движения, мин	Расчетное время движения, мин	Отклонение, %
Рейс № 1					
35,4	8	2,8	55,0	58,1	5,3
Рейс № 2					
31	4	0	39,0	40,4	3,4
Рейс № 3					
25	3	3	36,0	37,3	3,6
Рейс № 4					
31,4	4	1,4	43,0	44,8	4,1
Рейс № 5					
30	3,5	1,5	43,0	42,9	-0,3
Рейс № 6					
22	3	3	38,0	37,3	-1,8
Рейс № 7					
40	5	3	62,0	60,4	-2,7
Рейс № 8					
24	5	3	40,0	41,9	4,7
Рейс № 9					
47	5	0	64,0	59,9	-6,7
Рейс № 10					
29	5	1	43,0	42,1	-2,2

Необходимо отметить, что максимальное отклонение по всем рассматриваемым маршрутам достигало 8%, что подтверждает возможность использования формулы (3) для моделирования движения сортиментовозов, а также для расчетов производительности.

Выходы. Таким образом, проведенный анализ методов по определению скорости движения и времени хода показывает, что большинство из рассматриваемых методов обладают рядом недостатков, которые, в общем, и предопределяют невозможность их использования в производственных условиях. Это дает основание для моделирования времени движения тягово-прицепного состава для конкретного предприятия, заготавливающего и вывозящего древесное сырье, использовать статистические методы.

Проведенные исследования по определению среднего времени хода 1 км дают возможность представлять закон распределения рассматриваемого показателя как нормальный.

Представленную формулу для определения времени движения по маршруту можно рекомендовать для использования на лесозаготовительных предприятиях

Литература

1. Нефедов, А. Ф. Планирование эксперимента и моделирование при исследовании эксплуатационных свойств автомобилей / А. Ф. Нефедов, Л. Н. Высоцин. – Львов.: Вища школа, 1976. – 160 с.
2. Чупраков, А. М. Исследование и обоснование эксплуатационных показателей дорожно-транспортной сети лесозаготовительных предприятий: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01 / А. М. Чупраков; БТИ им. С. М. Кирова. – Минск, 1978. – 26 с.
3. Шегельман, И. Р. Вывозка лес автопоездами. Техника. Технология. Организация: учеб. пособие / И. Р. Шегельман [и др.]; под ред. И. Р. Шегельмана. – СПб.: ПРОФИКС, 2008. – 304 с.
4. Пладов, А. В. Совершенствование методов обоснования рациональных эксплуатационных параметров лесовозных автопоездов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01 / А. В. Пладов; ПетрГУ. – Петрозаводск, 2007. – 20 с.
5. Алябьев, В. И. Оптимизация производственных процессов на лесозаготовках. – М.: Лесная пром-сть, 1977. – 232 с.
6. Отраслевые республиканские нормы выработки и расценки на работы в лесном хозяйстве: Сборник 3. Вывозка древесины на рубках ухода за лесом и рубках главного пользования / Белгипролес. – Минск: Белгипролес, 2002. – Книга 2: Вывозка древесины на рубках главного пользования. – 268 с.
7. Пижурин, А. А. Основы научных исследований в деревообработке: учебник для вузов / А. А. Пижурин. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. – 305 с.