

## ЭФФЕКТИВНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ НА ОСНОВЕ РАЗРЕШЕННОЙ МАКСИМАЛЬНОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ

С.В. БУДАЛИН, доц. УГЛТУ, канд. техн. наук<sup>(1)</sup>,  
С.В. НИКУЛИН, асп. УГЛТУ<sup>(1)</sup>

*svbudalin@mail.ru, nsv-501@ya.ru*

<sup>(1)</sup> ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет (УГЛТУ)»,  
620100, Екатеринбург, ул. Сибирский Тракт 37

Формирование состава лесовозного автопоезда заключается в определении рациональной его массы, подборе прицепного состава, который позволяет наиболее полно реализовать массу поезда и обеспечить максимальную рейсовую нагрузку при оптимальном ее размещении на подвижном составе, не превышая при этом разрешенную максимальную массу автомобиля. Рассмотрены причины и следствия превышения разрешенной максимальной массы лесовозных автомобилей. Для достижения эффективной эксплуатации лесовозного транспорта необходимо полнее использовать допустимые весовые параметры автопоездов. При существующих дорожных условиях, не позволяющих развивать высокие скорости, допустимая полная масса автопоезда должна быть ограничена допустимой нормативной величиной грузоподъемности. Исходя из предлагаемых автомобилей, прицепного состава и применяемых схем комплектования, рекомендуется подбирать такой состав автопоезда, полная масса которого будет близка к максимальной. Проанализированы способы измерения разрешенной полной массы грузовых автомобилей. Рассмотрены конструкции и типоразмеры манипуляторов, которыми оснащаются лесовозные автомобили. Определены пути измерения массы груза, непосредственно при подъеме стрелы манипулятора. Предложены устройства для определения массы сортиментов, перевозимых лесовозными автомобилями с гидроманипуляторами, имеющими рессорную балансирующую подвеску и систему регулирования давления в шинах, которыми оснащены автомобили КАМАЗ, УРАЛ или другие автомобили повышенной проходимости. Таким образом, определение массы сортиментов уже на небольшом подъеме стрелы манипулятора даст возможность водителю-оператору знать массу перемещаемого груза и корректировать ее выбором количества захватываемых лесоматериалов, что экономит время на разгрузку в случае превышения полной максимальной массы лесовозного автомобиля.

Ключевые слова: лесовозные автомобили-сортиментовозы, грузоподъемность, разрешенная максимальная масса, весоизмерительное оборудование, датчики, навесные манипуляторы, грузозахватное устройство, устройство для определения массы сортиментов.

Для лесовозного автомобильного транспорта, как и для всего лесопромышленного комплекса, основной задачей развития является дальнейшее повышение эффективности производства. Это означает, что лесотранспортный процесс должен осуществляться с минимальной себестоимостью, наименьшими затратами труда и материальных средств, наиболее быстро, безопасно и безвредно для окружающей среды.

Цель формирования состава лесовозного автопоезда заключается в определении рациональной массы, подборе прицепного состава, который позволяет наиболее полно реализовать массу поезда и обеспечить максимальную рейсовую нагрузку при рациональном ее размещении на подвижном составе, не превышая при этом разрешенную максимальную массу автомобиля [1–3].

Рациональной массой автопоезда следует считать такую, при которой наиболее полно используются тяговые свойства автомобиля по двигателю и сцепной массе и достигается максимальная производительность при относительно невысоком расходе топлива и износе двигателя на единицу транспортной работы. Оптимальной рейсовой нагрузкой следует считать такую, при которой себестоимость вывозки одного кубокилометра достигает минимума.

Причины превышения разрешенной максимальной массы могут быть разными – достижение максимальной прибыли, когда предприниматели и водители осознанно перегружают автомобиль; отсутствие возможности измерить массу груженого транспортного средства, хотя некоторые опытные водители ориентируются по рессорам.

Превышение разрешенной максимальной массы опасно не только для предпринимателя и руководителя автопредприятия большими штрафами, но уменьшением ресурса ходовой части и шин лесовозного автомобиля, так как увеличивается износ сцепления, коробки перемены передач и раздаточной коробки, редукторов мостов, а для седельного тягача повышается нагрузка на замок седельно-сцепного устройства. Возрастает риск опрокидывания автомобиля из-за повышения центра тяжести, уменьшается его маневренность, увеличивается тормозной путь.

На сегодняшний день лесовозные автомобили и, в первую очередь, сортиментовозы из-за удаленности лесосек для доставки лесоматериалов на обрабатывающие предприятия используют дороги общего пользования [1, 3–5].

Практика показывает, что при условии непревышения предельной полной массы поезда в большинстве случаев с увеличением рейсовой нагрузки возрастает производительность лесотранспортного средства. Это объясняется тем, что с увеличением массы брутто скорость движения падает медленнее, чем растет нагрузка, так как «при этом увеличиваются коэффициент использования грузоподъемности и коэффициент использования мощности двигателя [1].

На лесовозных дорогах скорость движения при увеличении полной массы изменяется незначительно, так как в этом случае она ограничивается не мощностью двигателя, а вертикальными динамическими нагрузками на поезд.

Поэтому для достижения эффективной эксплуатации лесовозного транспорта необходимо стремиться полнее использовать допустимые весовые параметры автопоездов.

На лесовозных дорогах предельно допустимое значение расчетной массы поезда с грузом определяют из условия обеспечения возможности его равномерного движения на руководящем уклоне [1]. Исходя из уравнения тягового баланса, расчетную предельную

полную массу автомобильного поезда определяют по формуле

$$Q_{bp} = F_k / (W_0 + g i_p), \quad (1)$$

где  $Q_{bp}$  – предельная полная масса лесовозного поезда по силе тяги автомобиля, т,

$F_k$  – расчетная касательная сила тяги автомобиля с учетом ограничения по сцеплению, Н,

$W_0$  – основное удельное сопротивление движению, Н/т,

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>,

$i_p$  – руководящий уклон, %.

Величина касательной силы тяги ограничивается мощностью двигателя лесовозного автомобиля и сцеплением ведущих колес с дорогой и определяется по общеизвестным формулам. Перед выбором прицепного состава к принятому автомобилю следует произвести проверку полной массы поезда по рекомендуемой величине удельной мощности двигателя

$$Q_{bp} \leq N / N_{yo}, \quad (2)$$

где  $N$  – мощность двигателя, кВт;

$N_{yo}$  – рекомендуемая удельная мощность двигателя автомобильного поезда, кВт/т.

В.А. Горбачевский считает, что при установлении предельной полной массы автотранспортного средства необходимо, чтобы минимальная удельная мощность двигателя тяговой машины была не менее 6,5 л. с./т (4,8 кВт/т), а повышение ее до 8,0–10,0 л. с./т (5,9–7,4 кВт/т) позволит увеличивать скорости движения [1].

Практика многих лесных предприятий Северо-Запада страны, Урала и Сибири показывает, что при существующих дорожных условиях, не позволяющих развивать высокие скорости, допустимая полная масса автопоезда может быть определена по формуле (1), но ограничена допустимой нормативной величиной.

Затем, исходя из имеющегося прицепного состава и применяемых схем комплектования, следует подобрать такой состав автопоезда, полная масса которого будет близка  $Q_{max}$ , т. е.

$$Q'_{\max} = P_a + \sum P_{np} + Q_a + \sum Q_{np} \leq Q_{\max}, \quad (3)$$

где  $Q'_{\max}$  – фактическая полная масса лесовозного автопоезда (по грузоподъемности), т;

$P_a$  – масса автомобиля без груза, т;

$P_{np}$  – масса всех прицепных единиц без груза, т;

$Q_a$  – грузоподъемность автомобиля, т;

$Q_{np}$  – суммарная грузоподъемность всех единиц прицепного состава, т.

При выборе прицепного состава следует отдавать предпочтение единицам с меньшей собственной массой при одинаковой грузоподъемности.

При формировании самозагружающихся автопоездов гидроманипулятор может размещаться на автомобиле или на прицепных единицах. Поэтому при определении полной массы автопоезда значения собственной массы транспортной единицы следует увеличивать на величину массы манипулятора, а ее грузоподъемность уменьшать. Величина снижения грузоподъемности зависит от размещения манипулятора на транспортной единице [1, 3, 4]. Полезная нагрузка на автопоезд может быть определена исходя из тяговых возможностей автомобиля

$$Q_{\text{пол}} = \frac{Q_{\max} - P_a - \sum P_{np}}{\gamma}, \quad (4)$$

где  $\gamma$  – средняя плотность (объемная масса) древесины т/м<sup>3</sup>;

по грузоподъемности

$$Q_{\text{пол}} = \frac{Q_a + \sum Q_{np}}{\gamma} \quad (5)$$

из возможности размещения груза на автопоезде или грузоподъемности

$$Q_{\text{пол}} = \sum_{i=1}^{n_n} V_{ci} \times K_{ni}, \quad (6)$$

где  $V_{ci}$  – объем, занимаемый  $i$ -й пачкой сортиментов, м<sup>3</sup>;

$K_{ni}$  – коэффициент полнодревесности  $i$ -й пачки;

$n_n$  – число пачек сортиментов на автопоезде.

Занимаемый пачкой сортиментов объемом  $V_c$  определяется по формуле

$$V_c = (B_{\Gamma} - b_{cm}) l_c h_n, \quad (7)$$

где  $B_{\Gamma}$  – габаритная ширина автопоезда, м,

$b_{cm}$  – толщина стоек, м,

$l_c$  – длина сортиментов, м,

$h_n$  – высота пачки, м.

Для дальнейших расчетов принимают меньшее из сравниваемых значений  $Q_{\text{пол}}$ . При сравнении автопоездов, сформированных на базе одного автомобиля, в большинстве случаев предпочтение следует отдать прицепному составу, обеспечивающему наибольшую величину  $Q_{\text{пол}}$ . При различных автомобилях и сопоставимой величине  $Q_{\text{пол}}$  необходимо определить производительность автопоезда – основную величину, определяющую фактор выбора состава, а также экономические показатели работы его вариантов.

Существует много способов измерения разрешенной полной массы грузовых автомобилей. Наиболее распространенный – установка стационарных весов в местах погрузки, но применять этот способ при лесозаготовках нереально из-за постоянной смены местоположения лесосек. Отдельные автопроизводители оборудуют грузовые автомобили с рессорной подвеской встроенным весоизмерительным оборудованием, принцип действия которого заключается в определении полной массы с помощью тензометрических датчиков и датчиков давления в шинах транспортного средства [6]. На грузовых автомобилях с пневматической подвеской для определения нагрузки на ось используются датчики давления, устанавливаемые в контур пневмоподвески одной из осей, и контроль за осевыми нагрузками осуществляется путем применения аппаратных программных решений [7]. Недостатком данного способа является практически отсутствие пневматических подвесок на лесовозных автомобилях.

Вышеперечисленные способы имеют общий недостаток – определение массы груза осуществляется только после его установки на грузовую платформу, в случае пре-

вышения разрешенной максимальной массы требуется разгрузка до нужных пределов. Напрашивается вывод о необходимости установки на загрузочные механизмы-манипуляторы, которыми оснащаются лесовозные автомобили, весоизмерительного оборудования [8, 9].

В настоящее время известно большое количество различных по конструкции и типоразмерам навесных манипуляторов [3–5]. Разработкой и изготовлением манипуляторов занимаются многочисленные фирмы и заводы как в нашей стране, так и за рубежом. Анализ источников и рекламной информации показывает, что на лесотранспортных работах из отечественных манипуляторов наиболее распространены установки Великолукского, Майкопского, Соломбальского машиностроительных заводов и Софринского экспериментально-механического завода. Из зарубежных широко известны манипуляторы финских, шведских, германских, австрийских, канадских и американских фирм-производителей.

Наиболее перспективным направлением является определение массы груза непосредственно при подъеме стрелы манипулятора лесовозного автомобиля. При таком исполнении уже на небольшом подъеме оператор будет знать массу перемещаемого груза и сможет ее корректировать выбором менее тяжелых хлыстов и сортиментов, что сэкономит время на разгрузку в случае превышения максимально допустимой массы [8, 9].

В НПП «Резонанс» предложен способ повышения безопасности работы стрелового грузоподъемного крана, который заключается в предварительном задании максимально допустимого значения массы перемещаемого груза и его запоминании. В процессе работы крана осуществляется определение текущего значения массы перемещаемого груза путем его вычисления с использованием результатов прямого или косвенного измерения трех параметров. В качестве первого параметра принимается давление в гидроцилиндре подъема стрелы, второго – угол наклона стрелы, а в качестве третьего

используется усилие в грузовом канате или давление в гидроцилиндре телескопической стрелы. Система формирует предупредительный сигнал в случае превышения допустимого значения нагрузки крана.

Существуют устройства для взвешивания груза, содержащие грузотранспортный механизм, силоизмерительные датчики весовых нагрузок, установленные на грузотранспортном механизме, усилительно-преобразовательный блок, электрически связанный с датчиками и световое табло отображения весовых нагрузок [7]. Грузовзвешивающие устройства такого типа оснащены радиоканалом передачи информации на расстояние до 1000 м на персональный компьютер. Недостатком данного устройства является низкая надежность весов, так как она построена на работоспособности силоизмерительного датчика и его канала измерения и отказ датчика приводит к отказу всего устройства.

Проанализированные варианты замера поднимаемой массы применительно для гидравлических манипуляторов, устанавливаемых на лесовозные автомобили, практически невозможно использовать. Необходимо из каждого рассмотренного варианта извлечь полезное звено для формирования единой системы контроля полной массы лесовозного автомобиля [8].

На кафедре АТ УГЛТУ предложены устройства для определения массы сортиментов, перевозимых лесовозными автомобилями с гидроманипуляторами, имеющими рессорную балансирную подвеску и систему регулирования давления в шинах, которыми оснащены автомобили КАМАЗ, УРАЛ или другие автомобили повышенной проходимости [10, 11]. Общим для обоих устройств является силоизмерительный тензорезисторный датчик весовых нагрузок, установленный на гидроманипуляторе лесовозного автомобиля. Он имеет форму оси, что позволяет устанавливать его в силовых вилках или как ось гидроцилиндра. Предлагаемый датчик устанавливается как ось крепления грейферного захвата к стреле гидроманипулятора.



В первом случае устройство содержит датчик давления воздуха в шинах, усилительно-преобразовательный блок, электрически связанный с датчиками, промышленный контроллер и дисплей отображения весовых нагрузок [9, 10]. Для расширения функциональных возможностей в данном устройстве применяются электронный датчик давления воздуха в шинах автомобиля повышенной проходимости. Датчик монтируется в шинные краны задних колес, оборудованных системой регулирования давления. В процессе погрузки сортиментов гидроманипулятором усилие от перемещаемого груза принимают опорные коники автомобиля или прицепа-ропуса, и далее – задние колеса лесовозного автомобиля. Именно изменение давления в шинах задних колес определяет наличие груза на платформе автомобиля. При нахождении стрелы гидроманипулятора над грузовой платформой автомобиля за счет перераспределения нагрузок увеличивается давление в шинах. Датчик давления фиксирует это изменение, сигнал поступает на контроллер и показания силоизмерительного датчика суммируются только при опускании груза на платформу. Контроллер фиксирует информацию о массе груза, сохраняя данные в памяти. При последующей погрузке данные силоизмерительного датчика суммируются, тем самым определяя полную массу груза на автомобиле.

Во втором случае при установке тензорезисторных датчиков в оси балансиров задней подвески автомобиля при нахождении стрелы гидроманипулятора над грузовой платформой датчики фиксируют увеличение нагрузки [11]. Сигналы от датчиков подвески автомобиля поступают на контроллер, а показания силоизмерительного датчика гидроманипулятора суммируются только при опускании груза на платформу. Обработка сигналов происходит как и в предыдущем случае.

Таким образом, определение массы сортиментов уже на небольшом подъеме

стрелы манипулятора даст возможность водителю-оператору знать массу перемещаемого груза и корректировать ее выбором количества захватываемых лесоматериалов, что сэкономит время на разгрузку в случае превышения полной максимальной массы лесовозного автомобиля.

### Библиографический список

1. Андрианов, Ю.С. Обоснование рациональной технологии вывозки сортиментов и параметров самозагружающихся транспортных средств (для условий республики Марий Эл): дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01: защищена / Андрианов Юрий Семенович. – Йошкар-Ола, 2000. – 193 с.
2. Будалин, С.В. Оценка эффективности лесовозных автопоездов на этапах выбора и эксплуатации: учеб. пособие / С.В. Будалин. – Екатеринбург: УГЛУТУ, 2015. – 215 с.
3. Смирнов, М.Ю. Повышение эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами: научное издание / М.Ю. Смирнов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 280 с.
4. Смирнов, М.Ю. Рациональные способы и параметры загрузки автомобильных поездов на вывозке лесоматериалов: дис. ... докт. техн. наук: 05.21.00: защищена / Смирнов Михаил Юрьевич. – Йошкар-Ола, 2011. – 342 с.
5. Вывозка леса автопоездами. Техника, технология, организация: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И.Р. Шегельман и др.; под ред. И.Р. Шегельмана. – СПб.: ПРОФИКС, 2008. – 304 с.
6. Пат. 2119648 Российская Федерация, МПК В66С113/00. Устройство для взвешивания груза / В.И. Баулин, В.В. Клочай, А.Я. Коваленко и др.; заявитель и патентообладатель ТОО «Техноап ЛТД», ОАО «Северсталь»; заявл. 18.04.1997; опубл. 27.09.1998.
7. Пат. 2426077 Российская Федерация, МПК В66С113/00. Устройство для взвешивания груза / С.И. Попытняков, А.С. Бунич, Л.П. Кирюшин и др.; заявл. 14.12.2009; опубл. 10.08.2011.
8. Измерение массы загружаемых сортиментов на лесовозных автомобилях, оснащенных гидроманипуляторами: сб. науч. тр. / Урал. федерал. ун-т; под ред. В.В. Бакиной. – Екатеринбург, 2014. – 212 с.
9. Измерение массы загружаемых сортиментов на лесовозных автомобилях: матер. X междунар. науч.-техн. конф. / Урал. гос. лесотехн. ун-т; под ред. А.И. Сафронова. – Екатеринбург, 2015. – 402 с.
10. Пат. 149434 Российская Федерация, МПК В66С13/16. Грузотранспортное устройство / С.В. Будалин, С.В. Никулин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Урал. гос. лесотехн. ун-т; заявл. 14.07.2014; опубл. 10.01.2015. – 5 с.; ил.
11. Пат. 158100 Российская Федерация, МПК В66С13/16. Грузотранспортное устройство / С.В. Будалин, С.В. Никулин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Урал. гос. лесотехн. ун-т; заявл. 27.04.2015; опубл. 20.12.2015, Бюл. № 35. – 5 с.

MEASUREMENT OF THE MASS OF LOGS LOADED ON LOGGING VEHICLES

Budalin S.V., Assoc. Prof. USFEU, Ph. D. (Tech.)<sup>(1)</sup>; Nikulin S.V., pg. USFEU<sup>(1)</sup>

svbudalin@mail.ru, nsv-501@ya.ru

<sup>(1)</sup> Ural State Forest Engineering University (USFEU), Street Siberian tract, 37, Ekaterinburg, 620100, Russia

The purpose of the formation of the composition of wood-train is to determine the rational of its mass, the composition of the selection of the trailer, which allows to fully realize the train mass and maximize the shuttle load in its optimal placement on rolling stock without exceeding the maximum permissible weight of the vehicle. The article deals with the causes and consequences of exceeding the permissible maximum weight of logging vehicles. To achieve an efficient exploitation of forest transport it is needed to make fuller use of the allowable weight parameters of road trains. With the existing road conditions, it should not be allowed to develop high speed, the permissible gross mass of roadtrain should be limited to the allowable size of the regulatory load capacity. On the basis of the proposed vehicles, trailers and used structure manning circuits, it is recommended to select a part of train full of whose mass is close to the maximum. The ways of measuring permissible total mass of the truck were analyzed. The structure and sizes of manipulators, which are equipped with timber-carrying vehicles, were considered together with the ways of measuring the mass of the cargo directly at raising the boom manipulator. A device for determining the mass of assortments transported the logging vehicles with hydraulic manipulators, having a leaf spring balancer and suspension control system pressure in the tires, which are equipped in KAMAZ, URAL and other off-road vehicles. Thus, the determination of the mass of logs already on a small rise of the boom manipulator will enable the operator to know the driver, the mass of transported cargo and to correct its choice of exciting timber, which will save time for unloading in case of exceeding the total maximum mass of logging vehicle.

Keywords: timber-carrying vehicles-timber, load capacity, maximum authorized mass, storage equipment, sensors, mounted cranes, lifting devices, a device for determining the mass of logs.

References

1. Andrianov Yu.S. *Obosnovanie ratsional'noy tekhnologii vyvozki sortimentov i parametrov samozagruzhayushchikhsya transportnykh sredstv*. Diss. Cand. tehn. nauk [Substantiation of rational technology of hauling logs and the parameters of self-loading vehicles (for the conditions of the republic of Mari El). Cand. Tech. Sci. Diss.], Yoshkar-Ola, 2000, 193 p.
2. Budalin S.V. *Otsenka effektivnosti lesovoznykh avtopoezdov na etapakh vybora i ekspluatatsii* [Evaluating the effectiveness of logging trucks on the stages of the selection and operation of], Ekaterinburg: USFEU, 2015. 215 p.
3. Smirnov M.Yu. *Povyshenie effektivnosti vyvozki lesomaterialov avtopoezdami* [Improving the efficiency of removal of timber trains], Yoshkar-Ola: MarSTU, 2003, 280 p.
4. Smirnov M.Yu. *Ratsional'nye sposoby i parametry zagruzki avtomobil'nykh poezdov na vyvozke lesomaterialov*. Diss. dokt. tech. nauk [Rational methods and parameters download car trains hauling timber: Dr. Tech. Sci. Diss.]. Yoshkar-Ola, 2011. 342 p.
5. Shegel'man I.R. *Vyvozka lesa avtopoezdami. Tekhnika, tekhnologiya, organizatsiya* [Extraction of timber trains. Engineering, technology, organization], SPb.: PROFIX, 2008, 304 p.
6. Baulin V.I., Klochay V.V., Kovalenko A.Ya. [i dr.] *Ustroystvo dlya vzveshivaniya gruzha* [Device for weighing cargo]. Patent RF no. 2119648 Russian Federation, IPC B66C113/00; publ. 09/27/1998.
7. Popytynakov S.I., Bunich A.S., Kiryushin L.P. [i dr.] *Ustroystvo dlya vzveshivaniya gruzha* [Device for weighing cargo]. Patent RF no. 2426077, IPC B66C113/00, publ. 10.08.2011.
8. *Izmerenie massy zagruzhayemykh sortimentov na lesovoznykh avtomobilyakh, osnashchennykh gidromanipulyatorami* [Measurement of mass loaded logs on logging vehicles equipped with hydraulic manipulators]. Collection of scientific papers, Ural Federal University (UrFU), Ekaterinburg, 2014, 212 p.
9. *Izmerenie massy zagruzhayemykh sortimentov na lesovoznykh avtomobilyakh* [Measurement of mass loaded logs on logging vehicles], X Intern. scientific and engineering. Conf. Ekaterinburg, Ural State Forest Engineering University (USFEU), 2015, 402 p.
10. Budalin S.V., Nikulin S.V. *Gruzotransportnoe ustroystvo* [Load Vehicle device]. Patent RF no. 149434, IPC V66S13/16, publ. 01/10/2015, 5 p.
11. Budalin S.V., Nikulin S.V. *Gruzotransportnoe ustroystvo* [Load Vehicle device]. Patent RF no. 158100, IPC V66S13/16, publ. 20.12.2015, 5 p.