



УДК 630\*377

**А.С. Войнаш, С.А. Войнаш**

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Войнаш Александр Станиславович родился в 1952 г., окончил в 1974 г. Алтайский политехнический институт им. И.И. Ползунова, доцент кафедры наземных транспортных систем Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. Имеет около 40 печатных работ в области совершенствования техники лесозаготовок.  
E-mail: aleksstok@yandex.ru



Войнаш Сергей Александрович родился в 1985 г., окончил в 2010 г. Рубцовский индустриальный институт, аспирант кафедры наземных транспортных систем Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. Имеет 5 печатных работ в области совершенствования техники лесозаготовок.  
E-mail: sergey\_voi@mail.ru



## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЙСОВОЙ НАГРУЗКИ НА ПРОХОДИМОСТЬ ГУСЕНИЧНОГО СОРТИМЕНТОВОЗА

Рассчитано давление на грунт под опорными катками сортиментовоза в зависимости от рейсовой нагрузки; сформулированы рекомендации по оптимизации эпюры давлений на грунт.

*Ключевые слова:* сортиментовоз, проходимость, рейсовая нагрузка, давление под опорными катками.

Характерная особенность эксплуатации гусеничных сортиментовозов – работа на лесной целине, в связи с чем достаточно актуальными являются вопросы их проходимости.

В качестве одного из оценочных показателей проходимости лесозаготовительных машин широко применяется распределение удельных давлений на грунт под ходовым аппаратом: чем равномернее распределено удельное давление по длине гусеницы, тем выше, при прочих равных условиях, проходимость.

Цель работы – теоретическое исследование эпюры давлений на грунт перспективной лесозаготовительной машины – гусеничного сортиментовоза тягового класса 4.

Расчеты давлений на грунт под опорными катками лесозаготовительных машин базируются на методе, разработанном профессором С.Ф. Орловым [1]:

1. На общей схеме рассматриваемой машины выделяется корпус и точки его взаимодействия с элементами ходовой системы: оси ведущих и направляющих колес, оси качания кареток.

2. На схему наносятся силы и моменты, действующие на корпус машины: силы тяжести узлов оборудования, технологические силы, реакции от ходовой системы.

3. Составляется уравнение моментов всех сил относительно одной из точек взаимодействия корпуса с ходовой системой (обычно в качестве такой точки принимается ось качания задней каретки), из которого определяются реакции, перпендикулярные плоскости движения и воспринимаемые корпусом. Эти реакции численно равны давлению на узел ходовой системы.

4. Общее давление на грунт определяется суммированием нагрузок от корпуса и ходовой системы. При этом учитываются вертикальные составляющие натяжений в наклонных ветвях гусениц.

При проведении расчетов принимаются следующие допущения:

машина движется равномерно и прямолинейно передним ходом по ровной горизонтальной поверхности;

поперечное смещение центра масс машины ввиду малости численного значения не учитывается;

все силы и моменты действуют в одной плоскости;

моменты сопротивления от сил трения в подшипниках направляющих и ведущих колес не учитываются ввиду их незначительности;

верхний участок гусеничного обвода расположен горизонтально и сила  $P_0$  натяжения свободной ветви действует горизонтально;

силы сопротивления качению опорных катков по беговым дорожкам гусениц не учитываются.

В качестве исходных принимаются следующие данные: эксплуатационный вес  $G_3$  и продольная координата центра тяжести; природно-производственные условия эксплуатации (рейсовая нагрузка (вес транспортируемого пакета сортиментов)  $Q$ ; грунтовые условия).

Метод профессора С.Ф. Орлова доработан авторами с учетом компоновочных и эксплуатационных особенностей исследуемого гусеничного сортиментовоза.

Алгоритм расчета давлений на грунт включает в себя в качестве первого этапа определение технологических нагрузок и точек их приложения. Для сортиментовоза при равномерном движении по горизонтальной поверхности волока технологической нагрузкой является вес перевозимого пакета сортиментов.

Координата  $X_Q$  точки приложения технологической нагрузки определяется с учетом конструктивных особенностей сортиментовоза по его компоновке.

Касательная сила тяги сортиментовоза при равномерном движении по горизонтальному участку определяется по формуле

$$P_k = f_r (G_3 + Q), \quad (1)$$

где  $f_r$  – коэффициент сопротивления качению.

Из условия равновесия сил, приложенных к подрессоренной части (корпусу) сортиментовоза при установившемся прямолинейном движении, определяются нагрузки на оси передней и задней кареток (рис. 1):

$$Z_1 = G_n - S_2 + Q - S_2 + P_0 (l_1 + l) \sin \alpha - h_1 + \cos \alpha + h_2 - P_k l_1; \quad (2)$$

$$Z_2 = G_n + Q + P_0 \sin \alpha + P_k \sin \beta - Z_1, \quad (3)$$

где  $G_n$  – вес подрессоренной части машины;

$P_0$  – предварительное натяжение гусеничной цепи;

$P_k$  – касательная сила тяги.

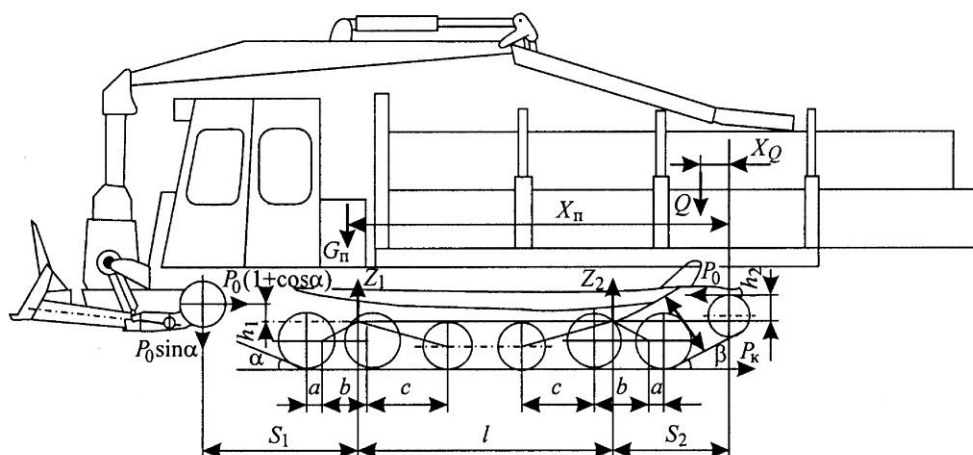


Рис. 1. Схема к расчету давлений под опорными катками

Линейные и угловые размеры указаны на рис. 1.

Нагрузки  $N$ , действующие на оси опорных катков от подрессоренной части сортиментовоза и давления на грунт  $P_{гр}$  под его опорными катками, определяют по следующим формулам:

$$N_3 = Z_1 a / \overline{\epsilon} + c - a \quad (4)$$

$$N_1 = \overline{\epsilon}_1 - N_3 \overline{b} / \overline{\epsilon} + b \quad (5)$$

$$N_2 = Z_1 - N_1 - N_3 \quad (6)$$

$$N_4 = Z_2 a / \overline{\epsilon} + c - a \quad (7)$$

$$N_6 = \overline{\epsilon}_2 - N_4 \overline{b} / \overline{\epsilon} + b \quad (8)$$

$$N_5 = Z_2 - N_4 - N_6 \quad (9)$$

$$P_{гр1} = N_1 + Q_0 - P_0 \sin \alpha \quad (10)$$

$$P_{гр2} = N_2 + Q_0 \quad (11)$$

$$P_{гр3} = N_3 + Q_0 \quad (12)$$

$$P_{гр4} = N_4 + Q_0 \quad (13)$$

$$P_{гр5} = N_5 + Q_0 \quad (14)$$

$$P_{гр6} = N_6 + Q_0 - P_k \sin \beta \quad (15)$$

где  $Q_0$  – давление на грунт от неподрессоренной части (узлы ходовой системы) сортиментовоза,

$$Q_0 = \overline{\epsilon}_3 - G_{п} \quad (16)$$

Заключительным этапом расчета является построение и анализ эпюр распределения давлений на грунт под опорными катками. У гусеничных машин с рычажно-балансирной подвеской эпюры распределения удельных давлений по длине опорной поверхности гусеничного движителя имеют волнообразный характер с пиками под осями опорных катков.

Экспериментально установлено [2], что в гусеничных машинах с  $L_k/t_{гус} \geq 1,7$  (где  $L_k$  – шаг опорных катков,  $t_{гус}$  – шаг гусеницы) нормальные удельные давления под опорной ветвью действуют не на всю опорную поверхность гусениц, а на ее часть, равную сумме поверхностей отдельных опорно-активных участков, число которых соответствует числу опорных катков, а длина каждого зависит от шага гусеницы.

Расчетные эпюры распределения давлений на грунт под опорными катками гусеничных лесозаготовительных машин строятся следующим образом.

1. На схеме намечают оси опорных катков.
2. На нулевой линии симметрично относительно оси каждого опорного катка располагают опорно-активные участки, длина участка может быть принята равной  $3t_{гус}$ .
3. В принятом масштабе откладывают вниз от нулевой линии ординаты, соответствующие расчетным значениям давлений  $P_{гpi}$ . При этом применяют коэффициент 0,5 перехода от плоской системы сил (т.е. учесть наличие опорных катков двух бортов машины).
4. Соединяют прямыми линиями границы каждого опорно-активного участка с полученными точками.

Такие эпюры адекватны случаю движения по твердому грунту, на мягких грунтах характер эпюры можно отразить, соединив пиковые значения давлений  $P_{гpi}$  плавной линией.

Построенные эпюры распределения давлений позволяют судить о проходимости сортиментовоза: чем равномернее эпюра, тем выше, при прочих равных условиях, проходимость.

Для количественной оценки эпюр распределения давлений можно использовать также коэффициенты  $\psi_1$  и  $\psi_2$ , показывающие в процентах развесовку сортиментовоза по передней и задней кареткам ходовой системы:

$$\psi_1 = \frac{P_{гp1} + P_{гp2} + P_{гp3}}{P_{гp1} + P_{гp2} + P_{гp3} + P_{гp4} + P_{гp5} + P_{гp6}} \cdot 100; \quad (17)$$

$$\psi_2 = \frac{P_{гp4} + P_{гp5} + P_{гp6}}{P_{гp1} + P_{гp2} + P_{гp3} + P_{гp4} + P_{гp5} + P_{гp6}} \cdot 100. \quad (18)$$

В некоторых случаях проводят анализ конструкции, используя положение центра давления гусеничной машины. Существуют рекомендации по допустимому смещению центра давления относительно середины опорной поверхности гусениц. Координата  $X_P$  точки приложения нормальной реакции грунта под опорными катками (координата центра давления) определяется по формуле

$$X_P = \frac{P_{гp1}X_1 + P_{гp2}X_2 + P_{гp3}X_3 + P_{гp4}X_4 + P_{гp5}X_5 + P_{гp6}X_6}{P_{гp1} + P_{гp2} + P_{гp3} + P_{гp4} + P_{гp5} + P_{гp6}}. \quad (19)$$

Учитывая многовариантность исходных данных, обусловленную разнообразием рейсовых нагрузок и переменностью природно-производственных условий эксплуатации, расчеты давлений на грунт целесообразно проводить на ПЭВМ.

Авторами разработана программа «SORTDAV», предназначенная для выполнения на ПЭВМ расчетов давлений на грунт под катками сортиментовоза с жесткой рычажно-балансирной подвеской. Программа составлена на языке БЕЙСИК в соответствии с описанным выше алгоритмом и ориентирована на выполнение оценочных расчетов как при реальном проектировании, так и в учебном процессе, на стадии дипломного и курсового проектирования.

Программа «SORTDAV» работает в режиме диалога. Исходные данные вводятся пользователем в порядке, в котором их запрашивает программа. Перед началом работы необходимо подготовить бланк исходных данных на ПЭВМ. Выходная информация в соответствии с желанием пользователя может выдаваться как на дисплей, так и на печатающее устройство.

Следует отметить, что расчетные значения усилий на оси опорных катков могут быть использованы не только для анализа проходимости, но и при оценке прочности ходовой системы сортиментовоза, его поворотливости, устойчивости и т.п.

Проведенные по программе расчеты показали (рис. 2), что при холостом ходе машины катки передних кареток более нагружены, чем катки задних кареток. При грузовом ходе машины значительно нагружены катки задних кареток. При этом разворот манипулятора стрелой вперед позволяет несколько выровнять эпюру и снизить примерно на 20 % максимальное давление под шестым катком.

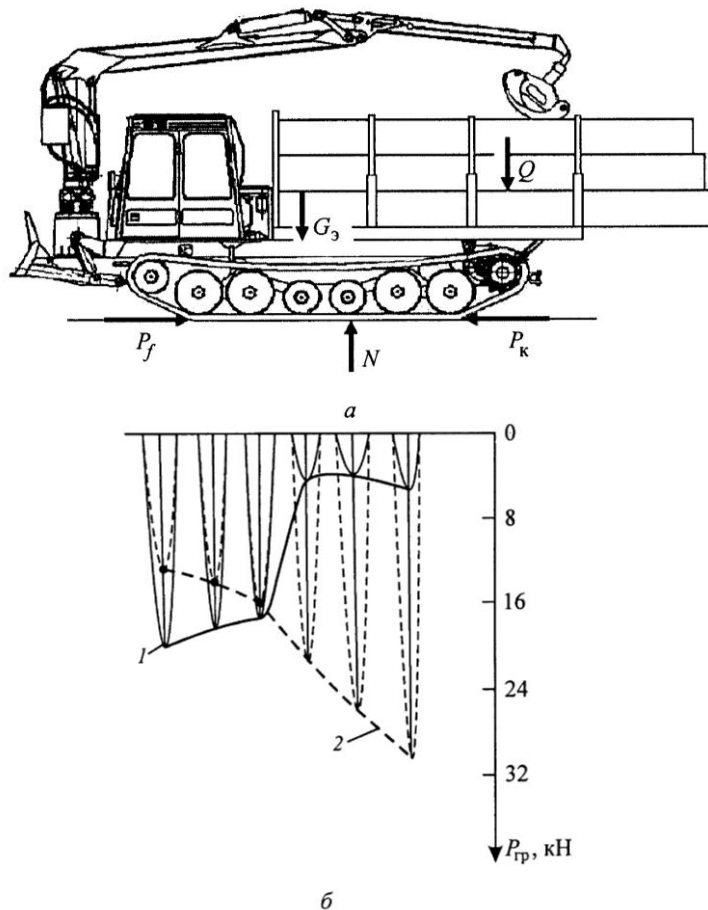
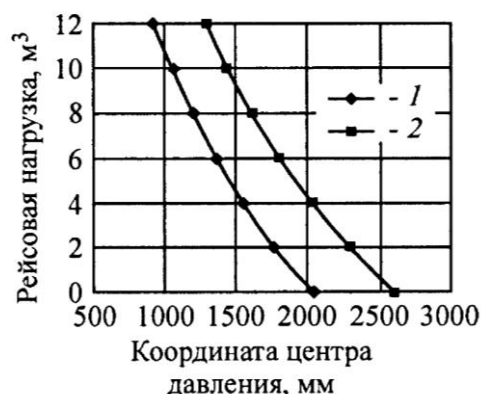


Рис. 2. Схема приложения (а) и расчетные эпюры распределения давлений (б) на грунт под опорными катками одного борта при стоянке сортиментовоза без груза (1) и с грузом (2)

Рис. 3. Зависимость координаты центра давления на грунт относительно оси заднего опорного катка от рейсовой нагрузки и положения гидроманипулятора: 1 – гидроманипулятор повернут назад, 2 – вперед



На рис. 3 представлены графики координаты центра давления (условной точки приложения нормальной реакции грунта на опорной поверхности гусеничного движителя машины) при различных рейсовых нагрузках и положениях манипулятора. В литературе рекомендуется обеспечивать смещение центра давления от середины опорной поверхности в пределах не более  $\pm 0,2L$  (где  $L$  – длина опорной поверхности).

Видно, что при рейсовых нагрузках свыше  $10 \text{ м}^3$  центр давления не выходит за рекомендуемые пределы (1200 ... 1500 мм), если гидроманипулятор повернут стрелой вперед.

#### Выводы

1. Проходимость гусеничных лесозаготовительных машин существенно зависит от эпюры давлений на грунт, параметры которой (форма, численные значения давлений под катками) определяются эксплуатационными условиями: рейсовой нагрузкой, состоянием поверхности движения и др.

2. Для расчетов эпюры давлений с учетом разнообразия эксплуатационных условий предложена программа на ПЭВМ.

3. Положение гидроманипулятора существенно влияет на распределение давлений под опорными катками, поэтому в инструкции по эксплуатации сортиментовоза целесообразно отразить рекомендацию о повороте гидроманипулятора стрелой вперед при выполнении грузового хода.

4. Разработанная расчетная методика позволяет оценивать нагруженность ходовой системы и может быть использована при анализе эксплуатационных свойств сортиментовоза: надежности, поворотливости и т.д.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлов С.Ф. Теория и применение агрегатных машин на лесозаготовках. М.: Гослесбумиздат, 1963. 271 с.
2. Скотников В.А., Пономарев А.В., Климанов А.В. Проходимость машин. Минск: Наука и техника, 1982. 328 с.

Поступила 23.12.10

*A.S. Voinash, S.A. Voinash*

Altai State Technical University Named after I.I. Polzunov

### **Study of Run Load Impact on Cross-country Ability of Track-type Short Log Truck**

With a run load considered, the pressure on soil exerted by track rollers of short log truck has been calculated. Recommendations on optimizing a pressure profile have been formulated.

*Keywords:* short log truck, cross-country ability, run load, pressure under track rollers.

