



УДК 630* 377

В.Ф. Полетайкин

Полетайкин Владимир Федорович родился в 1935 г., окончил в 1960 г. Сибирский технологический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой проектирования лесного оборудования Сибирского государственного технологического университета, лауреат государственной премии СССР, заслуженный изобретатель РФ. Имеет около 150 печатных работ в области изучения динамики лесотранспортных машин.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ ЛЕСОПОГРУЗЧИКОВ***

Изложены результаты математического моделирования влияния эксплуатационных факторов на величину динамических нагрузок в элементах конструкции лесопогрузчиков.

лесопогрузчики, эксплуатационные режимы, динамические системы, математические модели, нагрузки, коэффициенты динамичности.

Лесотранспортные машины составляют широкий класс оборудования, обеспечивающего механизацию технологических процессов в лесной промышленности. В состав систем лесотранспортных машин входят лесопогрузчики различного назначения и конструктивного исполнения. В настоящее время в нашей стране наибольшее распространение получили гусеничные лесопогрузчики перекидного типа класса грузоподъемности 35 ... 40 кН, поэтому они приняты нами в качестве объектов исследований.

Эксплуатационные режимы лесопогрузчиков отличаются интенсивными динамическими процессами нагружения элементов систем, формирующимися под влиянием множества факторов эксплуатационного (технологического) и конструктивного характера.

Цель данной статьи – определение коэффициентов динамичности для различных типов лесопогрузчиков.

Уровень динамической нагруженности элементов систем зависит от скорости движения машины с грузом, формы и размеров преодолеваемых препятствий. Древесину из лесосек можно отгружать в виде деревьев, хлыстов и сортиментов.

Упругие характеристики грузов, а следовательно, и характер их взаимодействия с элементами систем лесопогрузчика различны. Оценка

* Работа выполнена при финансовой поддержке Минобразования РФ.

влияния каждого фактора на уровень динамических нагрузок в элементах конструкции позволяет определять расчетные положения при проектировании новых лесопогрузчиков и устанавливать допустимые эксплуатационные режимы.

В исследованиях использован метод имитационного моделирования. В качестве математических моделей приняты системы неоднородных дифференциальных уравнений второго порядка, отражающих свойства динамических систем лесопогрузчиков и входных воздействий. Из большого числа эксплуатационных факторов заметное влияние на динамическую нагруженность лесопогрузчиков оказывают скорость движения (v), размеры преодолеваемых препятствий (h) и вид груза (хлысты, сортименты).

Исследована зависимость динамических нагрузок от скорости движения в пределах от 0,7 до 0,9 м/с (шаг 0,1 м/с) при условии $h_{\max} = 0,2 \text{ м} = \text{const}$; от высоты препятствий в пределах от 0,10 до 0,25 м при $v = 0,8 \text{ м/с} = \text{const}$.

Сравнительный анализ результатов моделирования движения лесопогрузчиков с упругим и жестким грузом позволяет определить степень влияния свойств груза на уровень динамических нагрузок. В процессе моделирования выполнена имитация рабочих режимов движения лесопогрузчика с упругим и жестким грузом, имеющего жесткую (системы I и II) и полужесткую (системы III, IV) подвеску корпуса. Ниже приведены модели динамических систем I – IV. Коэффициенты уравнений определены нами с использованием динамических параметров лесопогрузчика класса грузоподъемности 35 кН.

Для динамической системы I

$$\begin{aligned} \ddot{y}_1 + 3,2\dot{y}_1 - 0,58\dot{y}_2 - 1,36\dot{y}_4 + 730,28y_1 - 11,34y_2 - 156,27y_4 &= Q_1(t)/m_1; \\ \ddot{y}_2 + 1,62\dot{y}_2 - 1,62\dot{y}_1 + 32,65y_2 - 32,65y_1 &= Q_2'(t)/m_2'; \\ \ddot{y}_4 + 1,72\dot{y}_4 - 1,72\dot{y}_1 + 197,45y_4 - 197,45y_1 &= Q_2''(t)/m_2''. \end{aligned} \quad (1)$$

Для динамической системы II

$$\ddot{y}_1 + 0,58\dot{y}_1 + 261,92y_1 = Q_1(t)/(m_1 + m_2). \quad (2)$$

Для динамической системы III

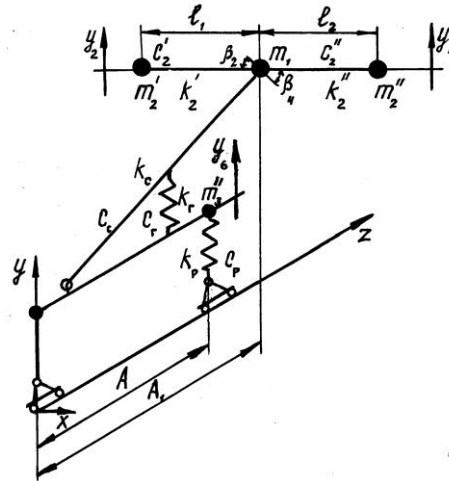
$$\begin{aligned} \ddot{y}_2 + 1,62\dot{y}_2 - 1,62\dot{y}_1 + 32,65y_2 - 32,65y_1 &= Q_2'(t)/m_2'; \\ \ddot{y}_4 + 1,72\dot{y}_4 - 1,72\dot{y}_1 + 197,45y_4 - 197,45y_1 &= Q_2''(t)/m_2''; \\ \ddot{y}_1 + 3,2\dot{y}_1 - 0,58\dot{y}_2 - 1,36\dot{y}_4 - 2,03\dot{y}_6 + 730,28y_1 - 11,34y_2 - \\ &- 156,27y_4 - 915,66y_6 = Q_1(t)/m_1; \\ \ddot{y}_6 + 9,51\dot{y}_6 - 0,75\dot{y}_1 + 1398,8y_6 - 337,03y_1 &= Q_3(t)/m_3''. \end{aligned} \quad (3)$$

Для динамической системы IV

$$\begin{aligned} \ddot{y}_1 + 0,58\dot{y}_1 - 0,807\dot{y}_6 + 261,92y_1 - 426,24y_6 &= Q_1(t)/(m_1 + m_2); \\ \ddot{y}_6 + 9,53\dot{y}_6 - 0,75\dot{y}_1 + 1398,8y_6 - 337,04y_1 &= Q_3(t)/m_3''. \end{aligned} \quad (4)$$

Расчетная схема системы III является наиболее общей, схемы I, II, IV – ее частные случаи.

Расчетная схема динамической системы III



На рисунке представлена расчетная схема динамической системы III. На схеме и в уравнениях (1) – (4):

$u_i, \dot{u}_i, \ddot{u}_i$ – перемещения, скорости и ускорения масс при вынужденных колебаниях системы;

$Q_i(t)$ – функции внешних воздействий;

$k_1'', k_2'', k_c, k_p, k_a$ – коэффициенты демпфирующих сопротивлений упругих элементов (вершинной и комлевой частей пакета деревьев, стрелы, подвески корпуса базовой машины, гидросистемы);

$c_1', c_2'', c_c, c_p, c_a$ – коэффициенты жесткости упругих элементов;

A – расстояние между опорами корпуса базовой машины;

A_1 – расстояние по оси x от опоры корпуса до центров приведения масс груза (m_2', m_2'') и подвижных частей рабочего оборудования (m_1);

m_3'' – подрессоренная масса базовой машины и рабочего оборудования;

l_1, l_2 – расстояния от продольной оси машины до центров масс вершинной и комлевой частей пакета.

При рассмотрении динамической системы II массу жесткого груза (сортиментов) приводили к центру массы m_1 .

При имитации рабочих режимов входные воздействия принимали изменяющимися по косинусоидальному закону. Влияние факторов на состояние системы оценивали по коэффициентам динамичности нагрузок на рабочее оборудование и базовый трактор, полученным при имитации продольно-угловых колебаний в процессе движения лесопогрузчика с грузом (табл. 1, 2).

Таблица 1

№ схемы	Коэффициент динамичности нагрузок					
	на рабочее оборудование			на базовый трактор		
	Скорость движения, м/с					
	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9
I	4,89	5,21	5,36	2,05	2,25	2,50
II	4,69	4,85	5,20	2,23	2,49	2,80
III	3,83	4,44	6,20	2,10	2,38	2,41
IV	3,24	3,72	4,22	2,13	2,16	2,42

Таблица 2

№ схемы	Коэффициент динамичности нагрузок							
	на рабочее оборудование				на базовый трактор			
	Высота препятствий, м							
	0,10	0,15	0,20	0,25	0,10	0,15	0,20	0,25
I	2,77	4,65	5,21	5,42	1,68	2,21	2,25	2,61
II	2,75	3,62	4,85	5,36	1,68	2,28	2,49	3,15
III	2,68	3,65	4,44	6,03	1,67	2,03	2,38	2,72
IV	2,55	2,83	3,72	4,05	1,51	2,05	2,16	2,92

Анализ данных позволяет сделать следующие выводы.

1. При повышении скорости движения с грузом от 0,7 до 0,9 м/с коэффициенты динамичности нагрузок на рабочее оборудование возрастают от 3,24 до 6,20, на корпус и элементы конструкции ходовой части базового трактора от 2,05 до 2,80; с увеличением высоты преодолеваемых препятствий от 0,10 до 0,25 м соответственно от 2,55 до 6,03 и от 1,51 до 3,15.

2. При движении с длинномерным грузом (хлыстами) коэффициенты динамичности нагрузок на рабочее оборудование на 14 ... 18 % выше, чем при движении с жестким грузом (сортиентами).

Сибирский государственный
технологический университет

Поступила 02.07.01

V.F. Poletaikin

Modeling of Operating Conditions of Log Loaders

The outcomes of mathematical modeling of operating factor effect on dynamic load value in the structural elements of log loaders are provided.