

лесовозного автопоезда и обеспечению необходимой безопасности движения. Применение управляющей связи звеньев автопоезда с изменяющимся передаточным отношением значительно расширяет маневренные возможности транспортного средства, позволяет достичь минимальных размеров габаритной полосы движения.

Предложенные системы управления с устройствами копирного типа существенно улучшают эксплуатационные качества автопоездов, создают возможности повышения производительности труда на транспортных работах по вывозке леса.

#### Литература

1. З а я в к а № 4016514/30-11/175473. Устройство для управления колесами прицепного звена транспортного средства / А.И.Кирильчик, А.В.Жуков, О.В.Петрович, В.А.Симанович, А.И.Арабей, М.К.Асмоловский. 1986. 2. З а я в к а № 4343950/31-11/184025. Устройство для управления колесами прицепа-роллера / А.И.Кирильчик, А.В.Жуков, О.В.Петрович, В.А.Симанович, М.К.Асмоловский. 1988. 3. З а я в к а № 4249011/31-11/083153. Устройство для стабилизации движения длиннобазного автопоезда / А.В.Жуков, О.В.Петрович, А.И.Кирильчик, М.К.Асмоловский, В.П.Шишло. 1987.

УДК 630.65.011

П.Ф.РУДНИЦКИЙ

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ СИСТЕМ ПОДРЕССОРИВАНИЯ КОЛЕСНОГО ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА КЛАССА 3

У большинства современных колесных трелевочных тракторов подвеска остова отсутствует, и толчки при движении смягчаются только за счет деформации шин и подвески сиденья водителя. Специфической особенностью трелевочных машин является наличие технологического оборудования, с помощью которого осуществляется связь трактора с пачкой деревьев. Применяемые виды технологического оборудования предусматривают жесткую связь трактора с грузом.

Одно из наиболее эффективных средств решения этого вопроса при бесрессорном варианте трактора – подрессоривание технологического оборудования. Введение упругой связи в конструкцию технологического оборудования, особенно при отсутствии подвески осей, должно улучшить динамику трактора, повысить плавность его хода и другие технико-экономические показатели. Рассмотрим и сравним варианты систем подрессоривания колесного трелевочного трактора.

В основу анализа положено сравнение показателей динамики трелевочного трактора, полученных путем моделирования его движения по типичному трелевочному волоку и лесной дороге (для волоки  $\sigma_h = 9,6$  см, для лесной дороги  $\sigma_h = 5,4$  см). Рассмотрены варианты решений Нелинейных дифференциальных уравнений, учитывающие подрессоривание осей трактора, трособлокной системы подвеса пачки и щита, учтены также гибкость пачки деревьев,

реальность возмущений от неровностей пути, т.е. использована разработанная ранее расчетная модель, высокая точность которой подтверждена экспериментально [1].

Анализ проводился на примере трактора ЛТ-157 при следующих вариантах систем подрессоривания: вариант 0 (исходный) — упругие элементы введены в подвеску заднего моста, трособлочную систему и щит; 1 — заблокирована задняя подвеска трактора; 2 — заблокирован задний мост и пружины трособлочной системы; 3 — заблокированы пружины трособлочной системы и щита. Кроме того, сравнивались показатели колебаний трактора: ускорения и перемещения, как среднеквадратичные, так и максимальные. Зависимости  $\sigma z_1(v)$  при различных вариантах подрессоривания существенно различаются (рис. 1). Наибольшее значение  $\sigma z_1$ , равное  $3,4 \text{ м/с}^2$ , отмечается при скорости движения трактора 9 км/ч, если заблокированы подвеска заднего моста и пружины трособлочной системы (кривая 3, вариант 2). Однако при скоростях больше или меньше 9 км/ч значения  $\sigma z_1$  быстро снижаются (например, при  $v = 15 \text{ км/ч } \sigma z_1 = 1,87 \text{ м/с}^2$ ).

Дополнительное подрессоривание щита значительно снижает уровень вертикальных колебаний корпуса (кривая 1, вариант 0). Резкого проявления максимума  $\sigma z_1$  при  $v = 9 \text{ км/ч}$  не происходит, а при  $v > 10 \text{ км/ч}$  среднеквадратичные значения вертикальных ускорений стабилизируются в пределах  $2,0\text{--}2,1 \text{ м/с}^2$ .

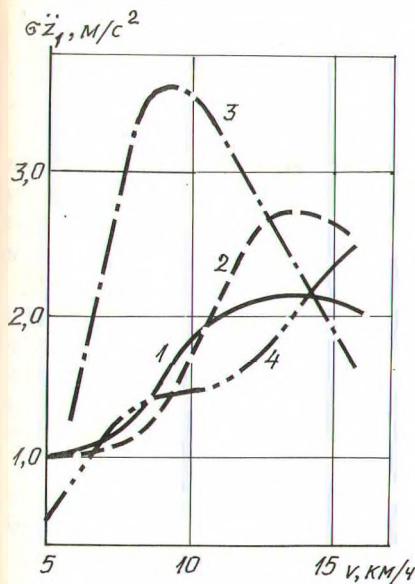


Рис. 1. Зависимости изменения средних квадратичных вертикальных ускорений корпуса трактора от скорости при движении по волоку (варианты моделирования: 1 — 0; 2 — 1; 3 — 2; 4 — 3)

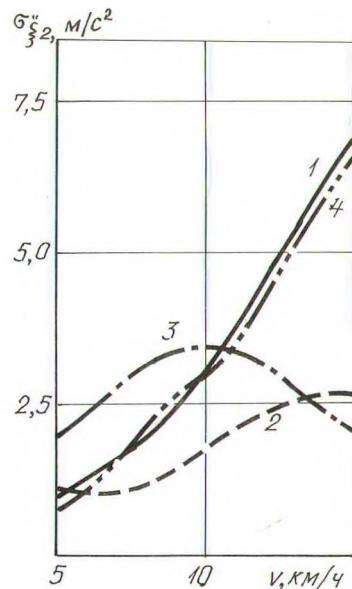


Рис. 2. Зависимости изменения вертикальных ускорений заднего моста трактора при движении по трелевочному волоку (варианты моделирования: 1 — 0; 2 — 1; 3 — 2; 4 — 3)

Таблица 1. Значения среднеквадратичных и максимальных ускорений подвески пачки при движении трактора по волоку

Вариант	Скорость движения, км/ч			
	5	8	10	15
Значения $\sigma z_{\text{тр}}$ , $\text{м}/\text{с}^2$				
0	1,14	1,45	2,14	2,3
1	0,9	1,04	1,54	2,39
Значения $z_{\text{тр max}}$ , $\text{м}/\text{с}^2$				
0	7,22	5,08	7,04	8,74
1	3,92	4,46	6,38	6,39

Таблица 2. Значения максимальных вертикальных ускорений заднего моста трактора при движении по волоку

Вариант	Значение $\xi_2 \text{ max}$ ( $\text{м}/\text{с}^2$ ) при скорости движения, км/ч			
	5	8	10	15
0	11,63	20,19	25,94	46,73
1	7,87	4,54	9,43	9,9
2	7,07	23,08	18,64	6,24
3	11,12	20,22	25,53	48,22

При блокировке задней подвески трактора и наличии подпрессоривания трособлочкой системы и щита (кривая 2, вариант 1) наблюдается некоторое увеличение ускорений корпуса трактора при  $v = 10,7$  км/ч (максимально на 23,6 %), при  $v < 10,7$  км/ч варианты 0 и 1 в рассматриваемом отношении почти аналогичны.

Если задний мост подпрессорен, но заблокированы пружины трособлочной системы и щита (кривая 4, вариант 3), в диапазоне скоростей движения 9,3–15 км/ч наблюдается снижение вертикальных ускорений  $\sigma z_1$  в сравнении с вариантом 1. Однако наиболее благоприятный случай предполагает все же наличие полной системы подпрессоривания, что, очевидно, вытекает из сравнения 1, 2 и 4, особенно при  $v > 14$  км/ч.

К такому же выводу приходим, сравнивая данные, относящиеся к максимальным перемещениям и ускорениям корпуса трактора. Для ускорений  $z_{1 \text{ max}}$  характерными, кроме  $v = 9$  км/ч, являются также скорости 8 и 11 км/ч, при которых имеют место наименьшие значения ускорений (вариант 0–8 км/ч, вариант 4–11 км/ч).

Блокировка подвески заднего моста трактора оказывает наибольшее влияние и на продольные ускорения корпуса. Наилучший же результат наблюдается при нулевом варианте. При варианте 3 отмечается повышение ускорений  $\sigma x_1$  на скоростях движения 5,5–7,5 км/ч и более 14 км/ч.

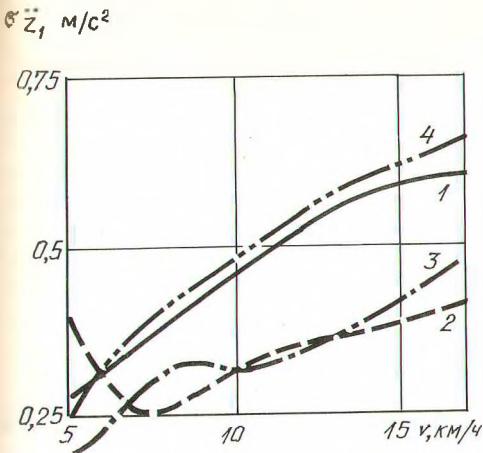


Рис. 3. Зависимости изменения средних квадратичных вертикальных ускорений корпуса трактора от скорости движения по лесной дороге (варианты моделирования: 1 – 0; 2 – 1; 3 – 2; 4 – 3)

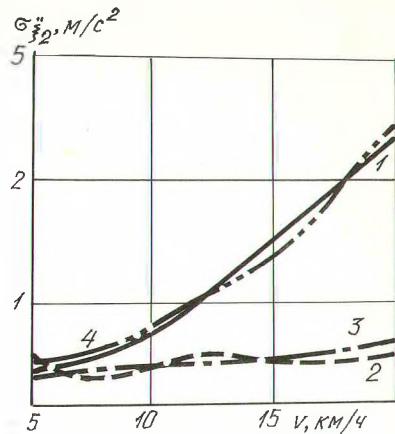


Рис. 4. Зависимости изменения вертикальных ускорений заднего моста трактора при движении по лесной дороге (варианты моделирования: 1 – 0; 2 – 1; 3 – 2; 4 – 3)

Значения ускорений подвеса пачки при движении трактора по волоку для нулевого и первого вариантов представлены в табл. 1. Данные почти равнозначны, однако наличие задней подвески все же приводит к увеличению ускорения подвеса пачки.

Влияние вариантов систем подпрессоривания трактора на колебания неподпрессоренных масс передней оси несущественно. Для задней же оси вертикальные ускорения различаются как в качественном, так и в количественном отношении (рис. 2). Сравнивая кривые 1 и 4, можно сказать, что полностью подпрессоренный вариант равнозначен в рассматриваемом отношении варианту 3, когда заблокированы упругие элементы технологического оборудования.

Наименьшие значения  $\sigma_{\xi_2}$  (кривая 2, вариант 1) отмечаются при заблокированной задней подвеске трактора и подпрессоренных пружинах трособлочкой системы и щита и несколько большие при блокировке щита (кривая 3, вариант 2). Наибольшие значения вертикальных среднеквадратичных ускорений составляют 6,8–6,9  $m/c^2$  при  $v = 15$  км/ч (варианты 0 и 3), наименьшие – 1,0  $m/c^2$  при  $v = 6$  км/ч (вариант 1). Для варианта 2 характерна резонансная скорость движения 9,5–10 км/ч, однако и в этом случае значения  $\sigma_{\xi_1}$  невелики и достигают 3,8  $m/c^2$ . Значения максимальных ускорений  $\xi_{2\max}$  представлены в табл. 2.

Качественные показатели колебаний при изменении скорости движения по лесной дороге по характеру в целом аналогичные, однако имеются некоторые отклонения; количественные же показатели отличаются существенно.

Таблица 3. Значения среднеквадратичных и максимальных ускорений подвески пачки при движении трактора по дороге

Вариант	Скорость движения, км/ч				
	5	8	10	15	20
<i>Значения <math>\sigma z_{\text{тр}}^{\prime}</math>, м/с<sup>2</sup></i>					
0	0,29	0,41	0,44	0,61	0,51
1	0,26	0,25	0,33	0,332	0,36
<i>Значения <math>z_{\text{тр max}}^{\prime}</math>, м/с<sup>2</sup></i>					
0	1,04	1,93	0,74	1,89	1,80
1	1,65	0,89	1,32	1,28	1,20

Например (рис. 3), на кривой 3 (вариант 2) отсутствует характерный максимум, который имел место при движении по трелевочному волоку. Кроме того, при третьем варианте подпрессоривания значения  $oz_1$  во всем исследуемом диапазоне скоростей наибольшие, в то время как на трелевочном волоке интенсивное возрастание значений кривой 4 будет наблюдаться при  $v > 15$  км/ч. Наименьшие значения вертикальных ускорений будут отмечаться при первом варианте подпрессоривания. По абсолютным значениям  $oz_1$  невелики и имеют наибольшие значения при  $v = 20$  км/ч, изменяясь от 0,46 до 0,7 м/с<sup>2</sup>.

Таким образом, при движении по лесной дороге вертикальные ускорения невелики, однако варианты подпрессоривания 1 и 2 все же предпочтительнее. Что касается максимальных значений вертикальных ускорений  $z_{1\max}^{\prime}$ , то они несколько выше и при скорости движения  $v = 20$  км/ч составляют 3,06 м/с<sup>2</sup>.

Отклонения троса при движении по дороге незначительные, кроме варианта 2 (блокирована задняя подвеска трактора и трособлокочная система), когда средние квадратичные значения  $\sigma \varphi$  начинают резко возрастать. Характерен вид продольных ускорений: при использовании варианта 1 наблюдается максимум, который проявляется при  $v = 7$  км/ч, когда  $ox_1$  достигает 1,29 м/с<sup>2</sup>. При  $v = 15$  км/ч значения кривой 2 минимальны и составляют 0,4 м/с<sup>2</sup>.

Наиболее рациональны в рассматриваемом отношении варианты подпрессоривания 0 и 3 (кривые 1 и 4). Значения ускорений подвеса пачки для нулевого и первого вариантов представлены в табл. 3. По размерам они незначительно отличаются друг от друга. Как и при движении по трелевочному волоку, влияние вариантов подпрессоривания на колебания передней подвески невелико и начинает сказываться при  $v = 15$  км/ч, однако на лесной дороге значения  $\sigma z_1$ , например при  $v = 15$  км/ч, почти в 4 раза меньше.

<sup>1</sup> Что касается задней подвески, то здесь имеется большое различие в вертикальных ускорениях при использовании вариантов подпрессоривания 0, 3 и 1, 2 (рис. 4). Безусловно, рационально применение блокировки как рессор заднего моста, так и элементов технологического оборудования. Причем, если при движении по трелевочному волоку имеют место резонансные скорости, то при движении по лесной дороге при скорости 5–20 км/ч для неподрессоренных масс заднего моста их появления не наблюдается.

Проведенный анализ показал, что подпрессоривание заднего моста трактора и технологического оборудования влияет на динамику лесотранспортной системы, при этом большое значение имеют варианты сочетания схем подпрессоривания. Указанное влияние носит сложный характер и в значительной степени зависит от схемы подпрессоривания скорости движения и степени ровности поверхности движения. На трелевочном волоке при движении в рабочем диапазоне скоростей (8–10 км/ч) наилучшие результаты отмечаются при нулевом варианте (подпрессорены задний мост трактора, трособлокная система и щит). На лесной дороге при движении со скоростями 10–20 км/ч блокировка трособлокной системы и щита по сравнению с подпрессоренным вариантом вызывает увеличение вертикальных ускорений тягача; продольные ускорения имеют наименьшие значения при подпрессоривании заднего моста и технологического оборудования. Причем большее влияние оказывает подпрессоривание заднего моста.

#### Литература

1. Жуков А.В., Рудницкий П.Ф., Петрович А.И. Анализ показателей динамики колесного трелевочного трактора с системой подпрессоривания технологического оборудования // Изв. вузов. Лесн. журн. 1982. № 5. С. 39–46.

УДК 697.33:662.998

В.М.ШЕСТАКОВ, А.А.КОРОЛЕВ

### О РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДВУХСЛОЙНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТРУБ

Системы теплоснабжения лесозаготовительных участков могут прокладываться в сухих, песчаных и влажных грунтах. В результате эксплуатации таких трубопроводов возникает необходимость ремонта и полной или частичной замены тепловой изоляции. Поэтому очень важно еще на стадии проектирования предусмотреть варианты рационального использования различной тепловой изоляции.

В литературе указываются различные пути совершенствования конструкций с тепловой изоляцией. В частности, обращается внимание на необходимость расчета критического диаметра изоляции [1–2] и учета эксгергопотерь [3]. Однако в этой и другой литературе [4] не оговаривается, чем определяется месторасположение низкотеплопроводного материала, размеры толщин стенок материалов в двухслойной изоляции с разными коэффициентами теплопроводности. Анализ связей между перечисленными факторами, учет технологических особенностей изготовления и эксплуатации изоляционного материала уже на стадии проектирования позволяет говорить об оптимальном выборе и размещении двухслойной изоляции труб.

**Постановка задачи.** Труба диаметром  $d_0$  покрыта двухслойной изоляцией, наружный диаметр которой  $d_2$ . Коэффициент теплопроводности первого