

Интенсивность обслуживания потоков  $\mu$  определяли так же как и  $\lambda$  по формуле (2).

Следовательно, можно считать, что время обслуживания потоков — продолжительность погрузки хлыстов на транспортные средства челюстными лесопогрузчиками, рейсов трелевочных тракторов и лесовозных автопоездов, разгрузки хлыстов на промежуточных и нижних складах, раскряжевки хлыстов независимо от типа обслуживаемых механизмов — подчиняется нормальному закону распределения. (По данным А. К. Редькина [3] продолжительность раскряжевки пачек хлыстов электропилами описывается усеченным нормальным распределением).

Продолжительность простоя транспортных средств в местах погрузки-разгрузки хлыстов и раскряжевочных линий аппроксимируется показательным законом распределения (1). В процессе исследований выявлено, что практически непроизводительные простои лесовозных автопоездов на верхних складах из-за отсутствия подтрелеванных хлыстов составляют 10 %, простои автопоездов на нижних складах в ожидании разгрузки из-за недостаточной емкости приемных площадок раскряжевочных линий и отсутствия резервных запасов хлыстов составляют 13 % от продолжительности рейса, простои раскряжевочных линий из-за отсутствия хлыстов на приемных площадках и на резервных складах достигают 15...20 % от длительности смены.

Из всего сказанного следует, что анализ работы лесозаготовительных предприятий, определение основных показателей использования машин необходимо производить с учетом случайного характера потоков хлыстов и закономерностей их обслуживания. Результаты исследования могут быть использованы при расчете размеров запасов хлыстов, потребного количества транспортных, погрузочно-разгрузочных средств, раскряжевочных линий, их производительности, степени загрузки и т. п.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гмурман В. С. Теория вероятностей и математическая статистика.— М.: Высшая школа, 1972.— 480 с. [2]. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений.— М.: Наука, 1971.— 576 с. [3]. Редькин А. К. Управление операциями на нижних складах.— М.: Леси. пром-сть, 1980.— 208 с.

Поступила 10 июня 1985 г.

УДК 629.114.2.004.15

### АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВАРИАНТОВ КОМПОНОВКИ ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЕГО РАБОТЫ

*Н. И. БИБЛЮК, О. А. СТЫРАНИВСКИЙ*

Львовский лесотехнический институт

Основными предпосылками повышения производительности труда на транспортных работах являются увеличение скорости движения, повышение рейсовой нагрузки и сокращение времени погрузочно-разгрузочных работ.

Применение на грунтах с достаточной несущей способностью при первичной транспортировке (трелевке) леса колесных тракторов, по сравнению с гусеничными, позволяет увеличить скорость движения, а установка гидроманипуляторов — устранить ручной труд чокеровщика и сократить время погрузочно-разгрузочных работ. Агрегатирование трактора с роспуском [4] для транспортировки древесины в полностью

погруженном состоянии дает возможность существенно повысить рейсовую нагрузку и увеличить скорость движения.

Наблюдения за работой колесных трелевочных тракторов показали, что скорость трактора, а следовательно, и производительность, в преобладающем большинстве случаев ограничиваются не мощностью двигателя, а плавностью хода агрегата [3, 8].

Задача данной работы — выявить влияние вариантов компоновки на плавность хода, скорость движения и технико-экономические показатели работы колесного трелевочного трактора.

Исследования проводили для трех вариантов компоновки колесного трактора: I — трелевочный агрегат (чокерное технологическое оборудование); II — трелевочный агрегат (гидроманипулятор и захват-коник); III — транспортный агрегат (гидроманипулятор, захват-коник и роспуск). Использована плоская расчетная модель, учитывающая как колебательные свойства машины, так и гибкость упругого груза (рис. 1).

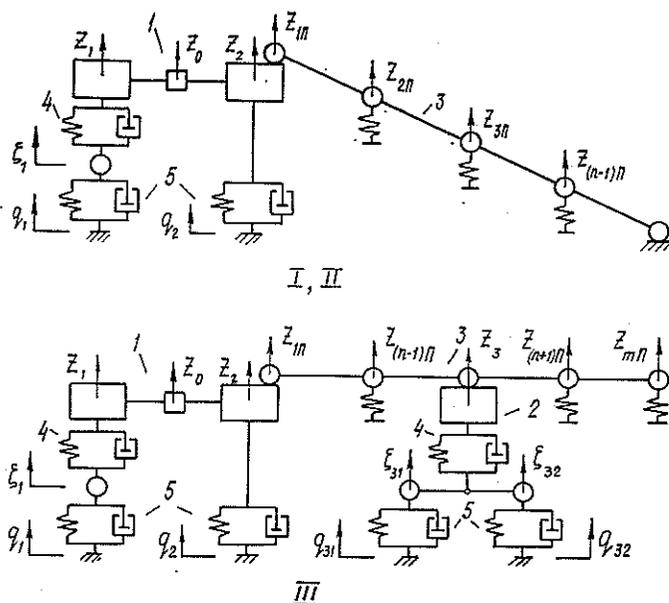


Рис. 1. Расчетная схема вертикальных колебаний колесного трелевочного трактора при различных вариантах компоновки: I, II, III — варианты компоновки; 1 — тягач; 2 — роспуск; 3 — пакет древесины; 4 — подвеска; 5 — шина;  $z_{iП}$  — перемещение  $i$ -й массы пакета

Пакет древесины моделировали в виде невесомого стержня с сосредоточенными массами и приведенными к ним жесткостями. Число, величину и размещение дискретных масс определяли в соответствии с рекомендациями [2], а коэффициенты приведенных жесткостей и затухания — по методике, изложенной в работе [1].

В качестве функции воздействия принята корреляционная функция вида

$$R(l) = (69,14 \dots 27,76) e^{-(0,23 \dots 0,36) |l|} \cos(0,36 \dots 0,57) l,$$

определенная путем обобщения параметров продольных микропрофилей (33 шт.) трелевочных волоков, замеренных авторами и другими исследователями в различных районах страны.

Математическая модель вертикальных колебаний трелевочного трактора при различных вариантах компоновки описана линейной системой обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\sum_{i=1}^3 \lambda_{ki} \ddot{z}_i + \sum_{i=2}^{n-1} \lambda'_{ki} \ddot{\Delta}_i + \sum_{i=n+1}^m \lambda'_{ki} \ddot{\Delta}_i + s_k \dot{z}_k + t_k z_k - s_k \dot{\zeta}_k - t_k \zeta_k = 0;$$

$$(k = 1, 2, 3; \zeta_2 = q_2);$$

при

$$k = i \quad \lambda_{ki} = 1; \quad \zeta_3 = (\zeta_4 + \zeta_5)/2;$$

$$\ddot{\Delta}_k + \sum_{i=1}^3 \delta_{ki} \ddot{z}_i + \sum_{i=2}^{n-1} \mu_{ki} \Delta_i + \sum_{i=n+1}^m \mu_{ki} \Delta_i = 0; \quad (1)$$

$$(k = 2, 3, \dots, (n-1), (n+1), \dots, (m-1), m);$$

$$\ddot{\zeta}_k + (s_{kp} + s_{kw}) \dot{\zeta}_k + (t_{kp} + t_{kw}) \zeta_k - s_{kp} \dot{z}_k - s_{kw} \dot{q}_k - t_{kp} z_k - t_{kw} q_k = 0;$$

$$(k = 1, 4, 5; z_4 = z_5 = 2z_3),$$

где  $z_i$  и  $\zeta_i$  — вертикальные перемещения  $i$ -х подрессоренной и неподдресоренной масс;

$\Delta_i$  — вертикальное перемещение  $i$ -й массы пакета древесины, вызванное его гибкостью;

$q_i$  — амплитуда микропрофиля дорожной поверхности под  $i$ -й осью агрегата.

Коэффициенты при переменных ( $\lambda_{ki}$ ,  $\lambda'_{ki}$ ,  $\delta_{ki}$ ,  $\mu_{ki}$ ,  $s_k$ ,  $t_k$ ,  $s_{kp}$ ,  $t_{kp}$ ,  $s_{kw}$ ,  $t_{kw}$ ) зависят от величины и размещения дискретных масс агрегата и груза, значений жесткостей и коэффициентов затухания рессор, шин и пакета древесины.

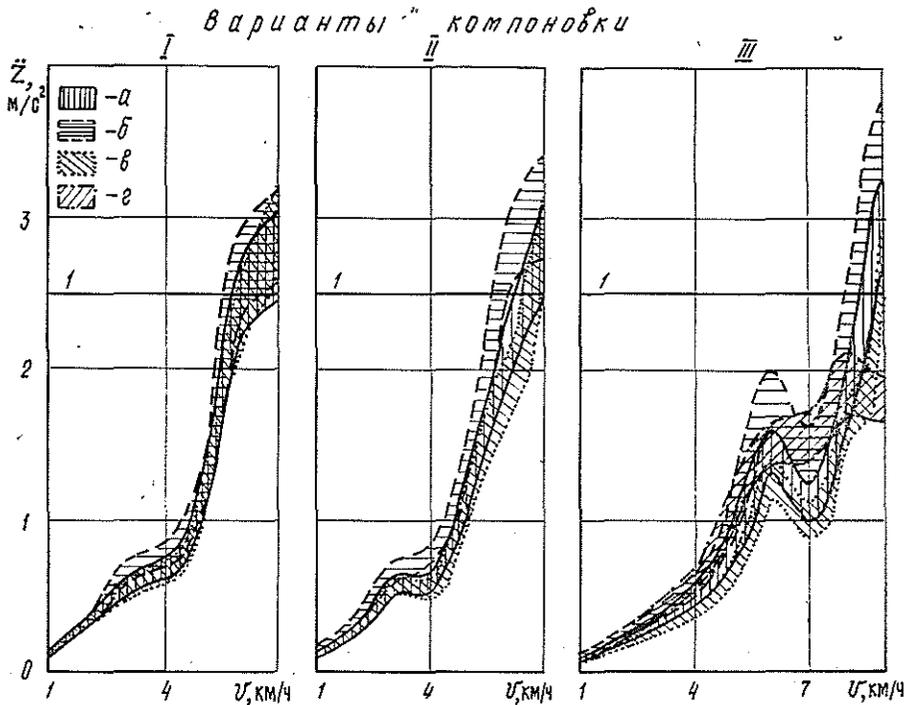


Рис. 2. Зависимости средних квадратичных значений вертикальных ускорений колесного трактора с пачкой деревьев от скорости движения:  $a$  — ускорение на полу кабины (под сидением водителя);  $b$  — заднего моста тягача;  $v$  — переднего моста тягача;  $z$  — подрессоренной части роспуска;  $I$  — допустимое значение

Плавность хода исследуемых агрегатов оценивали по величине средних квадратичных вертикальных ускорений, которые определяли решением системы уравнений (1) на ЭВМ ЕС-1022 с использованием методов статистической динамики [6].

На рис. 2 приведены зависимости средних квадратичных значений вертикальных ускорений подрессоренных масс агрегатов от скорости движения. Кривые, характеризующие колебания транспортного агрегата (вариант компоновки III), в отличие от кривых, определяющих колебания трелевочных тракторов (варианты компоновки I, II), имеют максимум, который проявляется при скорости  $v = 6$  км/ч, являющейся резонансной. Из рис. 2 видно, что при агрегатировании трелевочного тягача с роспуском (вариант компоновки III) средние квадратичные вертикальные ускорения подрессоренных масс машины существенно уменьшаются по сравнению с показателями трелевочных тракторов (варианты компоновки I, II).

В соответствии с рекомендуемым в работе [5] значением предела допускаемой интенсивности колебаний подрессоренной части машины под сидением водителя, были определены критические скорости движения исследуемых агрегатов (табл. 1).

Таблица 1

Весовое состояние	Критические скорости движения трактора, км/ч, для вариантов компоновки		
	I	II	III
Без груза	6,22 (5,98)	6,41 (6,03)	6,41 (6,03)
С пакетом древесины (объемом 7,76 м <sup>3</sup> )	5,77 (5,72)	6,23 (5,92)	8,35* (7,76*)

Примечание. В скобках — данные для тягача с серийной передней подвеской трактора Т-150К (жесткость 56 кН/м).

\* Объем транспортируемой пачки — 14,84 м<sup>3</sup>.

Анализ полученных результатов показывает, что из двух трелевочных агрегатов (варианты компоновки I, II) большей скоростью (на 3...8%) обладает трактор с гидроманипулятором, у которого лучше скомпоновано технологическое оборудование. При агрегатировании этого тягача с роспуском (вариант компоновки III) скорость движения возрастает на 34% с увеличением объема транспортируемой пачки древесины в 1,9 раза.

Установка на переднюю ось тягача подвески, жесткостью  $c = 56$  кН/м, незначительно ухудшает плавность хода всех агрегатов (критическая скорость уменьшается на 1...7%), что обусловлено высокой податливостью шин тягача. Оборудование роспуска серийными рессорами автомобиля ЗИЛ-130, жесткостью  $c = 42,4$  кН/м, практически не влияет на плавность хода транспортного агрегата в целом, но уменьшает (в 2...2,5 раза) средние квадратичные значения вертикальных ускорений подрессоренной массы роспуска в диапазоне скоростей  $v = 1...9$  км/ч.

Для подтверждения достоверности математической модели вертикальных колебаний трелевочного трактора при различных вариантах компоновки в сентябре-октябре 1983 г. нами были проведены экспериментальные исследования плавности хода трелевочного агрегата (вариант компоновки I).

Вертикальные колебания записывали с помощью комплекта измерительной аппаратуры, в который входили: пьезоэлектрические датчики ускорений (акселерометры), установленные на переднем, заднем мостах трактора и на полу кабины (под сидением водителя), усилители, фильтры и осциллограф Н-004 с блоком питания. Полученные данные обрабатывали известными методами математической статистики [7].

Таблица 2

Весовое состояние	Скорость движения, км/ч	Средние квадратичные вертикальные ускорения, м/с <sup>2</sup>		
		под сидением водителя	заднего моста	переднего моста
С пачкой деревьев (объемом 4 м <sup>3</sup> )	7,26	0,984 (-3,7)	1,035 (+1,9)	0,988 (+3,0)
	9,68	1,679 (+1,0)	1,927 (+5,1)	1,627 (-4,3)
	12,90	1,688 (+0,9)	1,677 (+4,5)	1,920 (+4,2)
Без груза	7,25	0,914 (+5,0)	1,059 (+3,4)	1,095 (-5,7)
	9,88	1,744 (-5,4)	2,00 (3,1)	1,498 (+3,0)
	13,13	1,728 (+3,7)	2,186 (-5,0)	1,938 (+4,9)
	17,82	2,448 (+3,9)	3,268 (+3,4)	2,098 (+1,5)

Примечание. В скобках расхождение экспериментальных и теоретических данных, %.

Результаты экспериментов (табл. 2) хорошо согласуются с данными теоретических исследований плавности хода трелевочного агрегата: расхождение не превышает 6 %.

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований плавности хода трелевочного трактора при различных вариантах компоновки можно сделать вывод, что лучшей плавностью хода обладает транспортный агрегат (вариант компоновки III). Применение в качестве передней подвески тягача серийных рессор трактора Т-150К не дает положительного эффекта, а подрессоривание роспуска существенно уменьшает вертикальные ускорения его подрессоренной массы.

На рис. 3 приведены зависимости сменной производительности исследуемых агрегатов от расстояния транспортировки, вычисленные

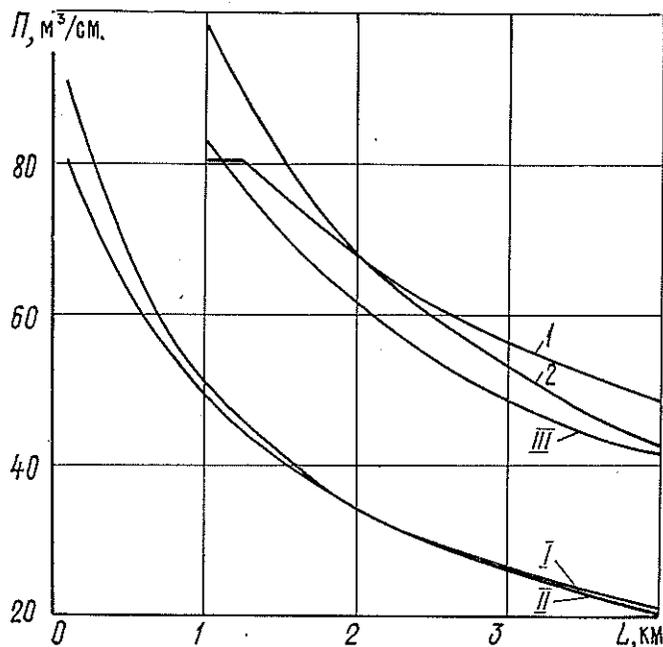


Рис. 3. Зависимость сменной производительности различных агрегатов и транспортных пороков на их базе от расстояния транспортировки: I, II, III — варианты компоновки; 1, 2 — номер транспортного потока

с учетом определенных выше (табл. 1), из условия обеспечения плавности хода, критических скоростей движения.

Трелевочные агрегаты (варианты компоновки I, II) незначительно различаются по сменной производительности и только при расстоянии транспортировки  $L < 1$  км трактор с гидроманипулятором оказывается более производительным (на 4...12 %), чем трактор с чокерным оборудованием. При агрегатировании трелевочного трактора с роспуском (вариант компоновки III) сменная производительность резко возрастает (на 70...95 % при  $L = 1...4$  км) по сравнению с вариантами компоновки I, II.

На рис. 3 представлены также зависимости сменной производительности от расстояния транспортировки для двух транспортных потоков: 1 — транспортная машина + трелевочный трактор; 2 — два трелевочных трактора.

Анализ приведенных зависимостей позволяет сделать вывод, что при расстоянии транспортировки  $L > 2,1$  км целесообразно применение транспортного агрегата (вариант компоновки III).

Эксплуатационные затраты на транспортировку 1 м<sup>3</sup> древесины на расстояние  $L = 2,1$  км для исследуемых вариантов компоновки трелевочного трактора в процентном соотношении равны: I — 100 %, II — 113,6 %, III — 66,4 %, что подтверждает эффективность применения транспортного агрегата (трелевочный трактор с гидроманипулятором, захват-коником и роспуском) на первичной транспортировке древесины.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бабаков И. М. Теория колебаний — М.: Наука, 1968. — 560 с. [2]. Билюк Н. И. Метод расчета величины и размещения дискретных масс пакета хлыстов // Лесн. журн. — 1984. — № 3. — С. 35—39. — (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Горбачевский В. А. Колесные трелевочно-транспортные машины. — М.: Лесн. пром-сть, 1968. — 256 с. [4]. Паньчев А. П., Провоторов Ю. И., Калаганов В. А. Погрузка деревьев машиной ЛП-18А в комплекте с роспуском // Лесоэксплуатация и лесослав: Науч.-техн. реф. сб. / ВНИПИЭИлеспром. — 1982. — Вып. 13. — С. 8—9. [5]. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля и его плавность хода. — М.: Машиностроение, 1972. — 392. [6]. Силаев А. А. Спектральная теория поддресоривания транспортных машин. — М.: Машиностроение, 1972. — 192 с. [7]. Смирнов Н. В., Дунин-Барковский И. В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. — М.: Наука, 1969. — 511 с. [8]. Татаринев В. П. Лесозаготовки (Состояние и проблемы повышения эффективности). — М.: Лесн. пром-сть, 1979. — 224 с.

Поступила 15 июля 1985 г.