

тяжести подрессоренной массы тягача на 8...19 % и на сиденьи водителя на 6...14 % (грунтовая дорога).

При движении по дороге с гравийным покрытием в диапазоне скоростей 30...50 км/ч значения $\sigma(z)$ в центре тяжести подрессоренной массы тягача уменьшаются на 6...15 %, на сиденьи водителя на 9...18 %.

Анализ статистических данных испытаний показал, что подрессоривание перевозимого роспуска позволяет повысить плавность хода и снизить динамическую нагруженность тягача при холостом пробеге, что оказывает существенное влияние на увеличение ресурса автопоезда и лпгие эксплуатационные показатели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Жуков А. В., Янушко В. В. Оценка эффективности применения системы подрессоривания прицепа-роспуска при перевозке его на шасси тягача // Лесн. журн.—1986.—№ 4.—С. 30—34.—(Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Жуков А. В., Янушко В. В., Горюновский А. Р. Оценка нагруженности несущей системы лесовозного тягача, оборудованного устройством подрессоривания перевозимого роспуска // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины.—Мн., 1990.—Вып. 5.—С. 3—7. [3]. Немцов В. П. Теоретические и экспериментальные основы совершенствования лесовозных автопоездов: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук.—М., 1989.—36 с.

Поступила 20 марта 1991 г.

УДК 531.3 : 625.143

О ДЕФОРМАЦИЯХ И НАПРЯЖЕНИЯХ В РЕЛЬСАХ И ШПАЛЬНОМ ОСНОВАНИИ

Б. В. УВАРОВ, В. И. ЖАБИН, В. В. ЩЕЛКУНОВ

Архангельский лесотехнический институт

На лесовозных УЖД в качестве балласта используют мелкий, средний и изредка крупный песок, а основание шпал уплотняют подштопкой. В результате возникают остаточные деформации пути и появляются зазоры между шпалами и балластным основанием. Поэтому зависимость коэффициента постели C от внешнего давления на шпалу R является нелинейной [2].

Рассмотрим методику расчета верхнего строения пути на прочность при нелинейной зависимости C от R . Верхнее строение пути заменяем балкой постоянного поперечного сечения, лежащей на упругих опорах. Она нагружена сосредоточенными силами P_i , расположенными на расстоянии a_i от левого конца балки, который принимаем за начало координат. От упругих опор на балку действуют реактивные силы R_j в точках b_j от начала координат. Ось x направим вдоль оси балки вправо. Уравнение прогибов балки $w(x)$ в сечении с координатой x имеет вид

$$w(x) = w_0 + x\varphi_0 + \frac{1}{6EI} \sum_i P_i (x - a_i)^3 U(x - a_i) - \frac{1}{6EI} \sum_j R_j (x - b_j)^3 U(x - b_j) + \frac{qx^4}{24EI}, \quad (1)$$

где w_0, φ_0 — соответственно прогиб и угол поворота при $x = 0$;
 EI — жесткость балки;
 U — единичная функция;
 q — погонная нагрузка от веса рельса и шпал.

Коэффициент упругости опор обозначим C_j ,

$$C_j = \alpha R_j^2 + \beta R_j + \gamma. \quad (2)$$

Тогда осадка шпал

$$w(x_j) = \frac{R_j}{C_j}. \quad (3)$$

Подставляя (2) в (3) и приравнявая осадку шпалы прогибу рельса (1), получаем систему уравнений для определения реакций опор:

$$\frac{R_k [1 + \theta U(-R_k)]}{\alpha R_k^2 + \beta R_k + \gamma} + \frac{1}{6EI} \sum_j R_j (x_k - b_j)^3 U(x_k - b_j) - \\ - w_0 - x_k \varphi_0 = \frac{1}{6EI} \sum_i P_i (x_k - a_i)^3 U(x_k - a_i) + \frac{qx_k^4}{24EI}, \quad (4)$$

где k — номер уравнения системы;

θ — коэффициент, учитывающий невозможность отрицательной реакции балласта.

Для определения неизвестных w_0 и φ_0 к системе (4) добавим условия равновесия, дающие два дополнительных уравнения:

$$\left. \begin{aligned} \sum_j R_j &= \sum_i P_i + ql; \\ \sum_j R_j x_j &= \sum_i P_i a_i + \frac{ql^2}{2}, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где l — длина рассматриваемого участка рельса.

Система (5) нелинейная, и для ее решения можно использовать метод Ньютона — Рафсона [1], позволяющий для нелинейного члена написать рекуррентное соотношение

$$\frac{R_k^n}{\alpha (R_k^n)^2 + \beta R_k^n + \gamma} = R_k^n \frac{\gamma - \alpha (R_k^{n-1})^2}{[\alpha (R_k^{n-1})^2 + \beta R_k^{n-1} + \gamma]^2} + \\ + R_k^{n-1} \frac{2\alpha (R_k^{n-1})^2 + \beta R_k^{n-1}}{[\alpha (R_k^{n-1})^2 + \beta R_k^{n-1} + \gamma]^2}, \quad (6)$$

где R_k^{n-1} — приближение для реактивных сил, предшествующие значению R_k^n .

Если соотношение (6) подставить в (4) и задаться начальными приближенными значениями R_k^0 , то получим линейную систему уравнений, решение которой даст следующее приближение к R_k . Расчеты показывают, что итерация быстро сходится.

По найденным R_k с помощью уравнения (1) можно определить прогибы рельсов. Для изгибающих моментов $M(x)$ и перерезывающих сил $Q(x)$ имеем

$$M(x) = \sum_i P_i (x - a_i) U(x - a_i) - \sum_j R_j (x - b_j) U(x - b_j) + \frac{qx^2}{2}; \\ Q(x) = \sum_i P_i U(x - a_i) - \sum_j R_j (x - b_j) + qx.$$

На основании приведенного алгоритма составлена программа для ЭВМ. Рассмотрим пример расчета. Внешняя нагрузка — тепловоз ТУ-7

(без балласта). Согласно [3] учтены динамические силы, расчетным является второе по ходу колесо. Тип рельса Р24, длина 1,8 м, ширина 0,208 м. Коэффициент постели основания принят по [2]. Результаты расчета показаны на рис. 1. Наибольшие значения соседних реактивных сил R составляют 16,7; 21,7; 26,5 и 14,6 кН.

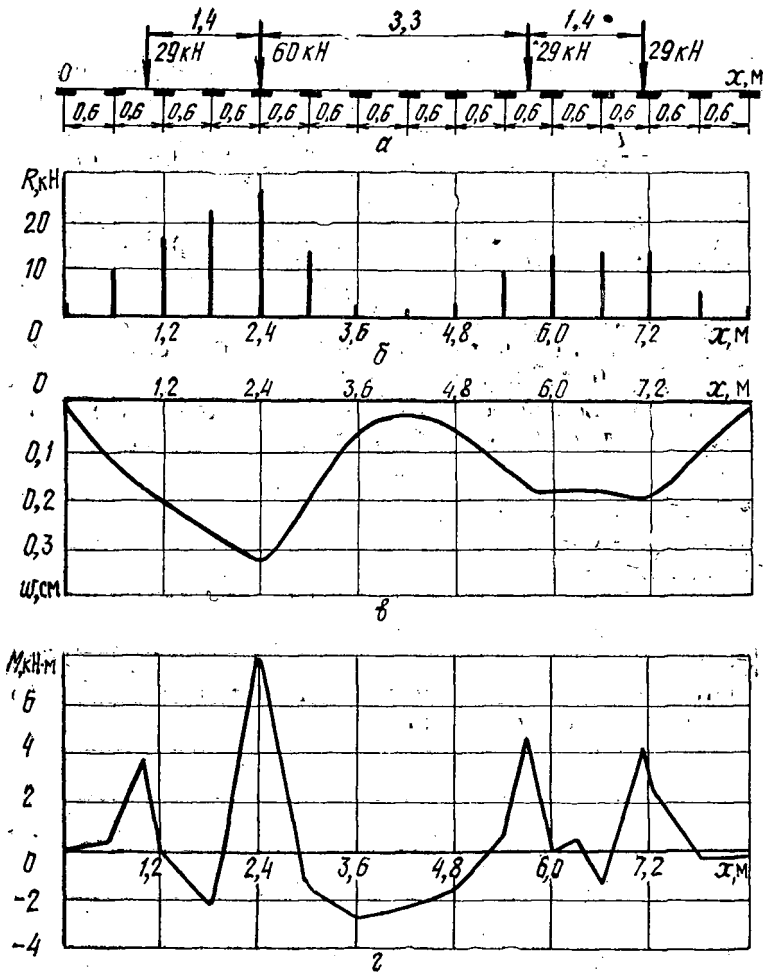


Рис. 1. Схема сил, действующих от колес тепловоза на рельс (а); распределение реактивных сил R (б), упругих прогибов w (в) и изгибающих моментов M (г) по длине рельса

Напряженное состояние грунта земляного полотна под балластным слоем рассматривали с учетом различных прочностных свойств слоев основания. Балластный слой толщиной 0,1; 0,2; 0,3 и 0,4 м состоял из песка с модулем деформации E_1 , равным 25, 40 и 100 МПа. Он уложен на земляное полотно из суглинка с модулем деформации $E_2 = 11$ МПа. Расчет выполнен по методике, изложенной в работе [4]. Эпюра вазоров S показана на рис. 2, а. Эпюры реактивного давления p определены для рассмотренных выше значений R . Распределение p по длине шпалы принято ступенчатым и в качестве примера показано на рис. 2, б.

В результате расчетов получены значения вертикальных напряжений в различных точках поверхности земляного полотна по длине

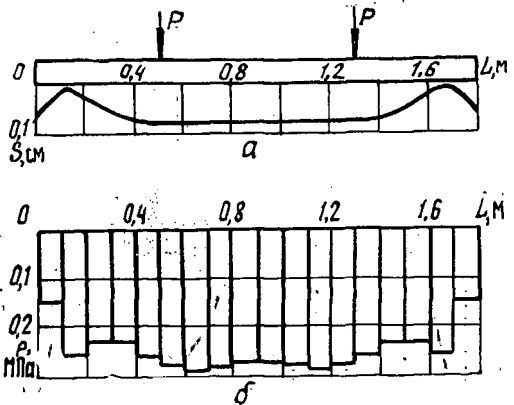


Рис. 2. Эпюры зазоров $S(a)$ и реактивных давлений p при $P = 26,5$ кН (b) по длине шпалы L

пути. На рис. 3 показано изменение вертикальных напряжений σ_z при действии на одиночную шпалу нагрузки $P = 26,5$ кН, $E_1 = 40$ МПа и $E_2 = 11$ МПа. Как видим, наибольшие напряжения наблюдаются в сечениях по оси пути и под рельсом. При увеличении толщины балластного слоя от 0,1 до 0,4 м существенно снижается значение напряжений σ_z .

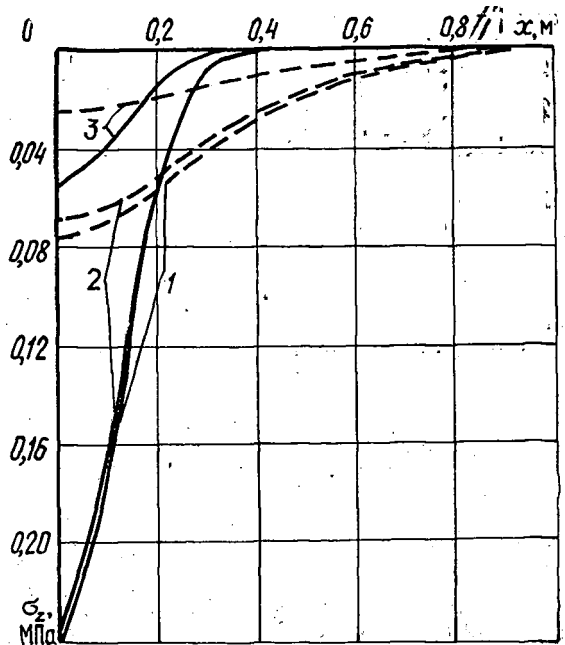


Рис. 3. Распределение напряжений σ_z на поверхности земляного полотна при $h = 0,1$ м (сплошная линия) и $h = 0,4$ м (пунктирная линия): 1 — по оси пути; 2 — под рельсом; 3 — на конце шпалы

Распределение напряжений σ_z вдоль оси X при одновременном действии четырех наиболее нагруженных шпал приведено на рис. 4. При вычислении σ_z использован принцип независимости действия сил. Из графиков видно, что при толщине балластного слоя 0,1 и 0,2 м напряжения концентрируются непосредственно под шпалами, при этом они больше допустимых, равных 0,1 МПа. Увеличение толщины балластного слоя до 0,4 м приводит к выравниванию и существенному снижению значений σ_z .

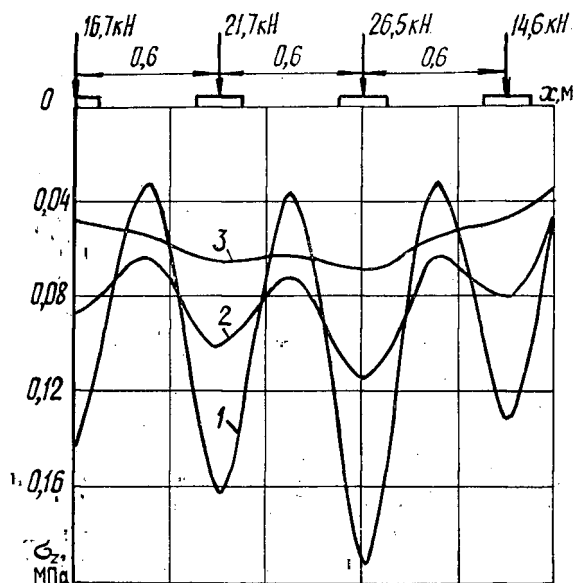


Рис. 4. Распределение напряжений σ_z по длине рельса при $h = 0,1$ м (1), $h = 0,2$ м (2) и $h = 0,4$ м (3); $E_1 = 100$ МПа; $E_2 = 11$ МПа

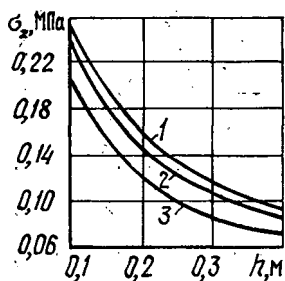


Рис. 5. Зависимость напряжений σ_z от толщины балластного слоя h при $E_2 = 11$ МПа: 1 — $E_1 = 25$ МПа; 2 — $E_1 = 40$ МПа; 3 — $E_1 = 100$ МПа

На рис. 5 представлены зависимости напряжений в земляном полотне от толщины балластного слоя для различных модулей деформации E_1 . Как видим, эти зависимости нелинейны.

Полученные результаты показывают, что рассмотренный метод может быть использован для расчета верхнего строения УЖД с учетом зазоров между шпалами и балластом, а также нелинейных свойств и слоистости основания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Беллман Р., Калаба Р. Квазилинеаризация и нелинейные краевые задачи. — М.: Мир, 1968. — 96 с. [2]. Влияние балласта и зазоров под шпалой на коэффициент постели основания / Б. В. Уваров, В. И. Жабин, А. П. Елисеев, В. В. Щелкунов // Лесн. журн. — 1990. — № 6. — С. 42—46. — (Изв. высш. учеб. заведений). [3]: Правила производства расчетов узкоколейного пути (колея 750 мм) на прочность. — М.: Трансжелдориздат, 1963. — 64 с. [4]. Уваров Б. В., Щелкунов В. В. О расчете слоистого основания под симметрично нагруженными балками и плитами // Лесн. журн. — 1978. — № 5. — С. 38—44. — (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 10 февраля 1991 г.

УДК 630*377.73

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ
ГРЕБНЕВЫХ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК
ИЗ ЧУГУННО-КАПРОНОВОГО ПРЕССМАТЕРИАЛА
НА ТЕПЛОВОЗАХ УЖД**

Б. Б. ДЕМИДОВСКИЙ, Б. Д. ВАСИЛЬЕВ-КОЗЛОВ

Архангельский лесотехнический институт

Исследования неметаллических материалов для тормозных колодок тепловозов колеи 750 мм, выполненные в Архангельском лесотехническом институте, показали, что тормозная эффективность и износостойкость чугунно-капронового прессматериала значительно выше, чем у чугуна.

Недостатком чугунно-капронового прессматериала, имеющего стержневую структуру с упруговязким связующим, является то, что он

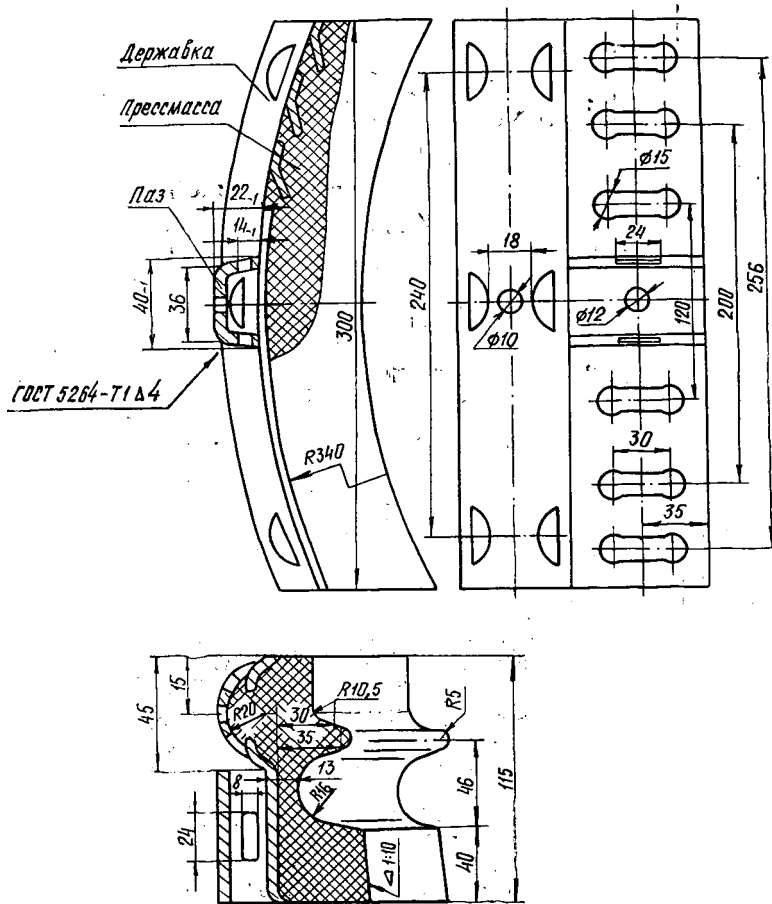


Рис. 1. Колодка тормозная гребневая из чугунно-капронового прессматериала.