

Выполненные исследования позволяют говорить о высоком диспергирующем влиянии нагревания 20 %-ного водного раствора  $\text{NaNO}_2$  до  $+100^\circ\text{C}$  и об эффективности падения струи с высоты до 100 см.

Поступила 1 апреля 1985 г.

УДК 625.312 : 539.4

## РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ПЕРЕНОСНОГО ЭЛЕМЕНТА ВРЕМЕННОГО ПУТИ УЖД

Н. Н. БУТОРИН, Г. А. КАЛИНИН, В. В. КАЗАНЦЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Кафедрой сухопутного транспорта леса АЛТИ предложена инвентарная переносная конструкция пути для усов лесовозных узкоколейных железных дорог. Разработано несколько вариантов конструкций усов, позволяющих учесть различные почвенно-грунтовые условия лесосырьевых баз предприятий. В большинстве вариантов в качестве переносного элемента пути используют рельсошпальную решетку, уложенную на два продольных лежня и скрепленную с ними (рис. 1). На сильно увлажненных участках местности основание может быть усилено с помощью секций-каркасов или путем прошпаливания.

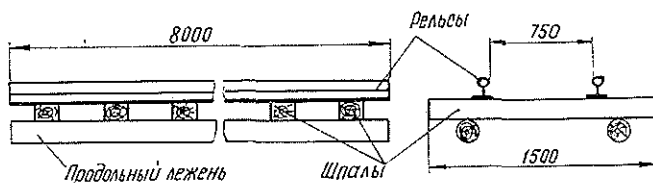


Рис. 1. Схема переносного элемента пути.

При расчете принятой конструкции рельс представляется как балка, лежащая на упругом основании, которым служат шпалы, работающие на изгиб. Распределенная реакция упругого основания рельса, в свою очередь, служит нагрузкой для лежня, лежащего на упругом основании-грунте. Таким образом, прогиб рельса включает в себя два слагаемых: от изгиба шпал и от прогиба лежня. Упругое основание рельса соответствует гипотезе о пропорциональности реакции и упругой осадки, так как здесь отсутствует взаимное влияние смежных шпал на их прогиб. Упругое основание лежня также можно считать соответствующим этой гипотезе [1].

Уравнение упругой линии рельса, лежащего на упругом основании, имеет вид [2]:

$$y_p = \frac{P\beta}{2U} e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x), \quad (1)$$

где  $P$  — усилие, передаваемое от рельса на шпалу;  
 $\beta$  — коэффициент относительной жесткости основания и рельса;  
 $U$  — модуль упругости рельсового основания.

Реакция упругого основания рельса, являющаяся нагрузкой лежня:

$$g = Uy_p. \quad (2)$$

Дифференциальное уравнение упругой линии лежня имеет вид

$$E_n I_n \frac{d^4 y_n}{dx^4} + U_n y_n = U y_p,$$

или, если  $\alpha = \sqrt[4]{\frac{U_n}{4E_n I_n}}$ ,

$$\frac{d^4 y_n}{dx^4} + 4\alpha^4 y_n = \frac{P\beta}{2E_n I_n} e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x), \quad (3)$$

где  $E_n$  — модуль упругости древесины;

$I_n$  — момент инерции сечения лежня;

$\alpha$  — коэффициент относительной жесткости основания и лежня.

Общее решение такого неоднородного дифференциального уравнения, представленное в виде суммы некоторого частного его решения и общего решения однородного уравнения, соответствующего уравнению (3), в конечном итоге имеет вид:

$$y_n = e^{\alpha x} (C_1 \cos \alpha x + C_2 \sin \alpha x) + e^{-\alpha x} (C_3 \cos \alpha x + C_4 \sin \alpha x) + \frac{P\beta}{8E_n I_n (\alpha^4 - \beta^4)} e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x). \quad (4)$$

Для нахождения постоянных интегрирования учтены следующие граничные условия: 1) при  $x = \infty$  должно быть  $y_n = 0$ , что возможно только при  $C_1 = C_2 = 0$ ; 2) при  $x = 0$  из симметрии вытекает, что угол поворота сечения

$$\frac{dy_n}{dx} = 0$$

и, следовательно,  $C_3 = C_4 = C$ ; 3) при воздействии на лежень распределенной нагрузки поперечная сила при  $x = 0$  из условия симметрии должна быть равна нулю, т. е.:

$$\frac{d^3 y_n}{dx^3} = 0.$$

Окончательное уравнение упругой линии лежня

$$y_n = \frac{P\beta}{8E_n I_n (\alpha^4 - \beta^4)} \left[ e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x) - \frac{\beta^3}{\alpha^3} e^{-\alpha x} (\cos \alpha x + \sin \alpha x) \right]. \quad (5)$$

Полный изгиб рельса ( $y$ )

$$y = y_n + \frac{P\beta}{2U} e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x). \quad (6)$$

Изгибающий момент в лежне из формулы (5)

$$M_n = \frac{P\beta^3}{4(\alpha^4 - \beta^4)} \left[ e^{-\beta x} (\cos \beta x - \sin \beta x) - \frac{\beta}{\alpha} e^{-\alpha x} (\cos \alpha x - \sin \alpha x) \right]. \quad (7)$$

Изгибающий момент в рельсе из формулы (6)

$$M = M_n + \frac{P}{4\beta} e^{-\beta x} (\cos \beta x - \sin \beta x). \quad (8)$$

Наиболее слабым элементом конструкции является шпала, работающая на изгиб. Опасное сечение при изгибе шпалы — подрельсовое сечение, в котором изгибающий момент:

$$M = Q \frac{b-s}{2}, \quad (9)$$

где  $Q$  — давление, приходящееся на шпалу со стороны рельса;  
 $b$  — расстояние между точками опоры шпалы на лежни;  
 $s$  — расстояние между осями рельсов.

Максимальное напряжение в подрельсовом сечении шпалы

$$\sigma = \frac{Q(b-s)h}{4I_{ш}}, \quad (10)$$

где  $h$  — высота поперечного сечения шпалы;  
 $I_{ш}$  — момент инерции поперечного сечения шпалы.

Учитывая, что упругая линия рельса является линией влияния от двух колес тележки сцепа [5], давление на шпалу определяем как сумму двух интегралов от реакции рельсового основания в интервале, равном расстоянию между смежными шпалами:

$$Q = \frac{P\beta}{2} \left[ \int_{\xi-1/2}^{\xi+1/2} e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x) dx + \int_{c-\xi+1/2}^{c-\xi-1/2} e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x) dx \right], \quad (11)$$

где  $c$  — база тележки сцепа;  
 $\xi$  — координата шпалы, т. е. расстояние от точки опирания на рельс одного из колес тележки до оси шпалы.

Вычислив интегралы, получим:

$$Q = \frac{P}{2} \left( -e^{-\beta x} \cos \beta x \Big|_{\xi-1/2}^{\xi+1/2} - e^{-\beta x} \cos \beta x \Big|_{c-\xi-1/2}^{c-\xi+1/2} \right). \quad (12)$$

Максимальное давление на шпалу определяем численно методом проб по формуле (12) при разных значениях  $\xi$ . Результаты этих расчетов с использованием формулы (10) приведены на рис. 2. Напряжения в шпалах от изгиба даны для четырех вариантов эпюры их укладки по длине рельсов. Видно, что с увеличением расстояния между лежнями напряжения в шпалах значительно возрастают.

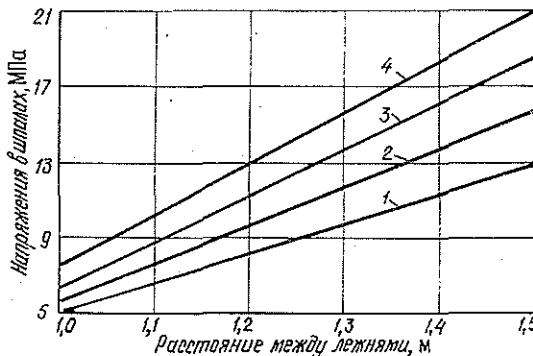


Рис. 2. Напряжения в шпалах.

1 — расстояние между шпалами 0,45 м; 2 — 0,55 м;  
 3 — 0,65 м; 4 — 0,75 м.

Поскольку шпалы, как деревянные конструкции, находятся в неблагоприятных условиях эксплуатации — в условиях переменного ув-

лажнения, то предельно-допустимые напряжения в них могут быть приняты не более 9 МПа. С учетом этого для эпюры укладки шпал по длине рельсового звена с расстоянием 65 см, что соответствует 1600 шпалам на 1 км пути [4], по рис. 2 определяют расстояние между лежнями, равное 110 см. Это одна из основных характеристик переносного элемента рекомендуемой конструкции пути. Большее расстояние между лежнями вызовет недопустимые напряжения в шпалах. Кроме того, в процессе эксплуатации должен осуществляться постоянный контроль за правильностью положения шпал по длине рельсового звена (расстояние между шпалами не должно превышать 65 см). Соблюдение этих требований — важное условие устойчивой работы пути, долговременной службы переносной рельсошпальной решетки.

В конструктивном отношении представляет интерес вопрос о толщине продольных лежней, которая может быть определена из условия их работы под поездной нагрузкой в соответствии с расчетной схемой рис. 1. Одновременно нами проведен проверочный расчет на допустимые напряжения в рельсе. Максимальные напряжения от изгиба в рельсе и в лежне определяют под одним из колес колесной пары сцепа. Изгибающие моменты вычисляют по формулам (7) и (8).

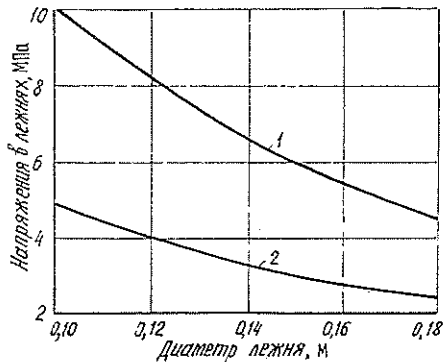


Рис. 3. Напряжения в лежнях.

1 — торфяное основание; 2 — песчаное основание.

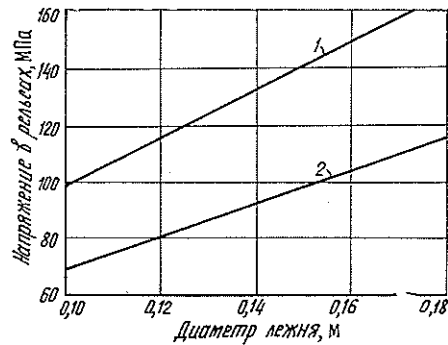


Рис. 4. Напряжения в рельсах.

1 — торфяное основание; 2 — песчаное основание.

Значения максимальных напряжений в рельсах и лежнях для условий принятой конструкции переносного элемента пути, т. е. при расстоянии между лежнями 110 см и эпюре укладки шпал с расстоянием между ними 65 см, для различных диаметров лежней и двух видов основания пути (торфяное и песчаное) приведены на рис. 3 и 4. Из рис. 3 видно, что на торфяном основании, характерном для заболоченных участков местности, складываются наиболее неблагоприятные условия работы лежня. Но даже для этих условий с точки зрения возникающих напряжений могут применяться лежни диаметром 12 см. С учетом этого в качестве продольных лежней в конструкции переносного элемента пути необходимо использовать круглые лесоматериалы хвойных пород с диаметром в верхнем отрубе не менее 12 см.

Данные рис. 4 показывают, что наиболее неблагоприятные условия работы рельса возникают также на слабых торфяных грунтах, но даже на них максимальные напряжения не превышают допустимых, которые равны 140 МПа для рельсов 2-го сорта и 170 МПа для рельсов 1-го сорта [3]. В то же время эти данные позволяют дать важную практическую рекомендацию, что не следует увлекаться применением лежней

больших диаметров. Лежни диаметром 12—14 см вполне удовлетворяют условиям их прочности, а лежни больших диаметров, повышая жесткость основания, вызывают увеличение напряжений в рельсах.

Приведенный анализ подтверждает положение, что элементы железнодорожного пути работают взаимосвязанно, изменение конструкции одного элемента влечет изменения условий работы других. В конструкции переносного элемента временного пути УЖД увеличение размеров диаметра лежня, вызывая снижение напряжений в нем (рис. 3), в то же время повышает напряжения в рельсе (рис. 4). Кажущееся на первый взгляд усиление конструкции переносного элемента уса вследствие применения более толстых лежней, фактически не дает положительного эффекта, а, наоборот, ухудшает работу рельсов. Нельзя не учитывать также, что применение толстых лежней увеличивает расход древесины на конструкцию переносного элемента пути и затрудняет условия их перевозки и укладки — разборки.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Галин Л. А. Контактные задачи теории упругости.— М.: ГИТТЛ, 1953.— 264 с. [2]. Ильин Б. И., Кувалдин Б. И. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— 384 с. [3]. Правила производства расчетов узкоколейного пути (колея 750 мм) на прочность.— М.: Трансжелдориздат, 1963.— 64 с. [4]. Технические указания по содержанию лесовозных железных дорог колеи 750 мм.— М.: Лесн. пром-сть, 1968.— 168 с. [5]. Шахунянец Г. М. Железнодорожный путь.— М.: Транспорт, 1969.— 615 с.

Поступила 21 мая 1985 г.

УДК 630\*37 : 621.355

### ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОИНЕРЦИОННОГО АККУМУЛЯТОРА ДЛЯ ТРОЛЛЕЙНОГО ЛЕСОВОЗА

В. Ф. РУСАКОВ

Московский лесотехнический институт

На кафедре электротехники и электропривода Московского лесотехнического института ведутся работы по созданию и экспериментальному внедрению троллейного лесотранспорта [3]. Троллейвоз передвигается за счет тяговых электродвигателей, получающих электроэнергию от контактной сети, подвешенной вдоль лесовозной дороги.

Наличие контактного провода в местах погрузки и разгрузки древесины создает опасную зону для работы погрузочно-разгрузочных механизмов, которые, в свою очередь, могут стать причиной повреждения контактной сети. Можно предложить несколько способов, обеспечивающих передвижение троллейвоза на этих участках, например, обеспечить питание тяговых электродвигателей при помощи кабельного ввода или от электрической аккумуляторной батареи, установленной на троллейвозе; передвигать троллейный лесовоз с помощью лебедки или колесного трактора. Можно установить на троллейвозе двигатель внутреннего сгорания небольшой мощности или электроинерционный аккумулятор [2]. По нашему мнению, последний вариант заслуживает большего внимания.

Электроинерционный аккумулятор (ЭИА) представляет собой маховик, установленный на одном валу с электрической машиной. При зарядке ЭИА электрическая машина работает в режиме двигателя и разгоняет маховик, а при использовании энергии, накопленной маховиком, — в режиме генератора и питает тяговые электродвигатели. ЭИА прост по конструкции, не требует больших эксплуатационных затрат,