Ассистент И. И. ЛЕОНОВИЧ,
студент В. Б. НЕМЦОВ

К РАСЧЕТУ ЛЕЖНЕВОГО ПОКРЫТИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ, УЛОЖЕННОГО НА ШПАЛАХ*

Одним из наиболее распространенных типов лежневых покрытий, применяемых на автомобильных лесовозных дорогах, является покрытие, уложенное на шпалах.

За расчетную схему такого покрытия, как показали теоретические и экспериментальные исследования, может быть принята многопролетная неразрезная балка на отдельных упруго оседающих опорах. Число опор и расстояние между ними зависит от несущей способности грунтового основания и длины лежней. В практике строительства лесовозных дорог установилось—длину лежней применять 6,0—6,5 м, а расстояние между шпалами—0,8—1,0 м. Вследствие этого лежни колесопроводов представляют собой не что иное, как шести, семи- или восьмипролетные балки на отдельных упругих опорах.

Для расчета лежней колесопроводов, как балок на отдельных упругих опорах необходимо ввести следующие допущения:

1) расстояние между шпалами имеет одинаковую величину;
2) сечение лежня по длине не меняется и имеет постоянное значение момента инерции;
3) опоры лежня равпоупругие;
4) между опорами и балкой взаимных перемещений нет.

Принимая эти допущения, получим схему многопролетной, неразрезной, регулярной балки на упруго оседающих опорах.

Для расчета таких балок, работающих под воздействием подвижной нагрузки, наиболее приемлемый является метод линий влияний. Этот метод разработан и нашел достаточное освещение в работах В. П. Крачковского, В. В. Григорьева,

---

* Работа выполнена при кафедре транспорта леса под руководством И. И. Леоновича при участии студентов В. Б. Немцова и Н. Ф. Савко.

[1,2] А. А. Уманского, В. С. Осипова [5] и др. Его с успехом применяют при расчете железнодорожного пути, наплавных мостов и других строительных конструкций.

При расчете многопролетных балок весьма важным является выбор минимального и достаточного количества опор.

Число опор, вводимое в расчет, ограничивается условием, чтобы влияние наиболее удаленных от опоры грузов на ве-

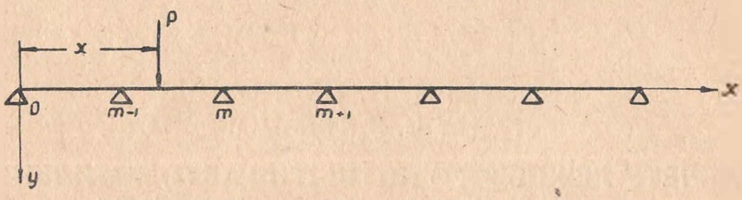

Рис. 1.

личину изгибающих моментов и опорной реакции было бы близким к нулю. При расчете рельсов обычно ограничиваются 12 опорами, рассматривая таким образом 11-пролетную балку.

В то же время Ю. Г. Козьмин [3] на основании исследований утверждает, что увеличение числа пролетов балки >3 незначительно сказывается на величине статических и динамических деформаций. Правильность этих утверждений подтвердилась также при наших экспериментальных исследованиях лежневого покрытия. В результате этого при расчете лежневого покрытия вполне достаточно ограничиться рассмотрением трехпролетной балки на отдельных упругих опорах.

Для получения аналитических выражений, необходимых при построении линий влияния опорных давлений, изгибающих моментов и поперечных сил, используем принцип Максвелла о взаимности перемещений, а при решении дифференциального уравнения изгиба балки используем математический метод операционного исчисления [4] на основе одностороннего интегрального преобразования Лапласа.

Для определения начальных параметров используются уравнения статики. Примем, что начало координат помещается в левом конце балки; ось иксов направляем по оси балки слева направо. Ось игреков направлена вниз. Найдем уравнение линии влияния для реакции опоры с номером m (рис. 1). Крайнюю слева опору обозначим индексом 0. В точке x приложена сила P. Перемещение опоры m от действия силы P в точке x составит Pa_{mx}(a_{mx}—перемещение в точке m от единичной силы, в точке x). Перемещение опоры m от действия реакции этой опоры X_m будет иметь вид $X_m a_{mm}$, где a_{mm}—перемещение оси балки в точке m от действия силы $X_m=1$, приложенной в той же точке m. Сумма этих перемещений должна дать истинную осадку опоры m, которая в соответствии с гипотезой Винклера будет равна $\frac{X_m}{K}$,

где K—коэффициент упругости, равный $K=c\omega$;

c—коэффициент постели опоры в кг/см^3;

ω—проекция опорной площади на горизонтальную плоскость в см^2 $\omega=\beta\frac{ab}{2}$;

β—коэффициент, учитывающий влияния изгиба шпал;

a—длина шпалы;

b—ширина нижней постели шпалы.

Таким образом, будем иметь следующее соотношение:

$$Pa_{mx}-X_m a_{mm}=\frac{X_m}{K}. \tag{1}$$

Знак (—) при втором члене связан с тем, что направление перемещения a_{mx} совпадает с положительным направлением оси y, а для перемещения a_{mm} это направление противоположное.

Далее, принимая $P=1$ из выражения (1) получим:

$$a_{mx}-R_m a_{mm}=\frac{R_m}{K}. \tag{2}$$

Здесь R_m обозначает реакцию опоры m от действия силы $P=1$, приложенной в точке x. Из (2) найдем, что

$$R_m=\frac{a_{mx}}{\frac{1}{K}+a_{mm}}. \tag{3}$$

Если выразить величину a_{mx} как функцию положения единичной силы, то уравнение (3) определит линию влияния реакции R_m. Знаменатель в выражении (3) представляет постоянную величину. Значение $a_{mx}=a_{xm}$ согласно принципу взаимности перемещений.

В соответствии с этим задача рассмотрения подвижной единичной силы благодаря принципу взаимности перемещений свелась к задаче изгиба балки от действия неподвижной единичной силы, приложенной в опоре m, которая при этом отбрасывается.

Для нахождения уравнения изогнутой оси балки используем следующие исходные уравнения:

$$EIy^{IV} = q(x); \qquad \frac{d^2M}{dx^2} = -q(x); \quad \frac{dM}{dx} = Q(x);$$

$$EIy^{III} = -Q(x);$$

$$EIy^{II} = -M(x); \qquad \frac{dQ}{dx} = -q(x).$$

Здесь EI—жесткость балки при изгибе, $q(x)$—интенсивность распределенной нагрузки, $M(x)$—изгибающий момент. $Q(x)$—поперечная сила, y, y^I, y^{II}, y^{III}, y^{IV}—прогиб балки и производные от него.

Построение линии влияния опорных реакций двухпролетной балки

Рассмотрим сперва двухпролетную балку с пролетами l (рис. 2). Найдем линию влияния для реакции R_0. В соответствии со сказанным выше нулевую опору отбрасываем, заменяем единичной силой и получаем основную систему.

Для данного случая имеем:

$$R_0 = \frac{a_{x0}}{\frac{1}{K} + a_{00}}, \tag{4}$$

$a_{x0} = y$—уравнение изогнутой оси балки;
$a_{00} = y_0$—перемещение нулевой опоры балки или прогиб балки при $x = 0$.

Уравнение изогнутой оси балки получаем интегрированием дифференциального уравнения изгиба балки:

$$EIy^{IV} = q(x). \tag{5}$$

Распределенную нагрузку, действующую на балку основной системы $q(x)$, представляем в виде:

$$q(x) = -R_1\,\delta(x-l), \tag{6}$$

где R_1—реакция первой опоры балки основной системы, $\delta(x-l)$—дельта-функция Дирака.

Реакция R_1 может быть представлена в соответствии с гипотезой Винклера в виде:

$$R_1 = y_1 K, \tag{7}$$

y_1—осадка первой опоры балки основной системы.

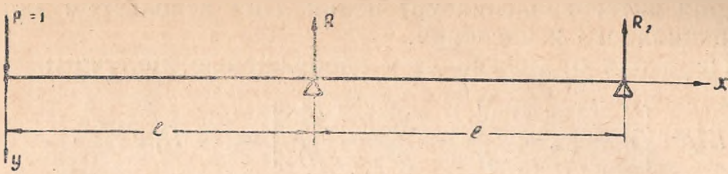

Рис. 2.

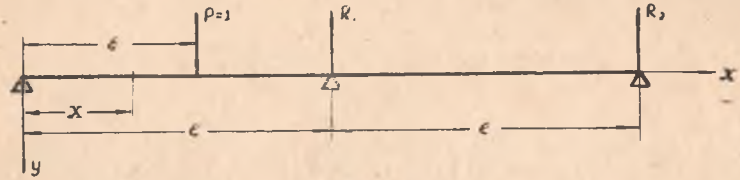

Рис. 3.

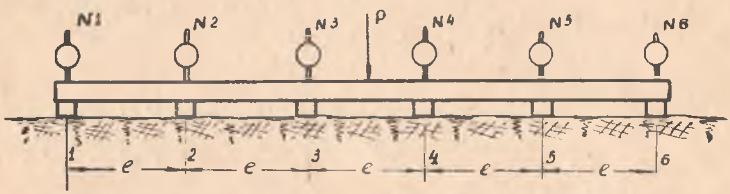

Рис. 4.

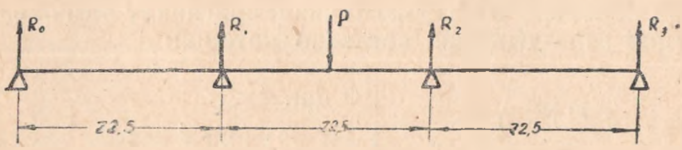

Рис. 5.

Далее учитываем граничные условия при $x = 0$ $M(x) = 0$, т. е.

$$EIy^{II}\big|_{x=0} = EIy_0^{II} = 0. \tag{8}$$

При $x = 0$ $Q(x) = -1$ или

$$EIy^{III}\big|_{x=0} = EIy_0^{III} = +1. \tag{9}$$

Исходя из (5) и (6), получаем:

$$EIy^{IV} = -R_1\,\delta(x - l). \tag{10}$$

$$y_0'l = -\frac{3+5\alpha}{K}. \tag{23}$$

Подставляя (22) и (23) в (16) и (17), найдем:

для 1 пролета $y = \frac{4\alpha+5}{K} - \frac{3+5\alpha}{K}\left(\frac{x}{l}\right) + \frac{\alpha}{K}\left(\frac{x}{l}\right)^3,$

для 2 пролета $y = \frac{4\alpha+5}{K} - \frac{3+5\alpha}{K}\left(\frac{x}{l}\right) +$

$$+\frac{\alpha}{K}\left(\frac{x}{l}\right) - \frac{2\alpha}{K}\left(\frac{x}{} - 1\right)^3.$$

Воспользовавшись последними соотношениями (22) и (4), получим окончательные уравнения линии влияния для реакции R_0.

для 1 пролета

$$R_0 = \frac{4\alpha+5-(3+5\alpha)\left(\frac{x}{l}\right)+\alpha\left(\frac{x}{l}\right)^3}{4\alpha+6}, \tag{24}$$

для 2 пролета

$$R_0 = \frac{4\alpha+5-(3+5\alpha)\left(\frac{x}{l}\right)+\alpha\left(\frac{x}{l}\right)^3-2\alpha\left(\frac{x}{l}-1\right)^3}{4\alpha+6}. \tag{25}$$

При положении силы в пределах первого пролета нужно пользоваться уравнением (24); для второго пролета—уравнением (25).

Произведя аналогичные выкладки, получим уравнения линий влияния для остальных реакций двухпролетной балки. Они имеют вид:

1) уравнения линий влияния R_1.

для первого пролета:

$$R_1 = \frac{2+6\alpha\left(\frac{x}{l}\right)-2\alpha\left(\frac{x}{l}\right)^3}{6+4\alpha}, \tag{26}$$

для второго пролета:

$$R_1 = \frac{2+6\alpha\left(\frac{x}{l}\right)-2\alpha\left(\frac{x}{l}\right)^3+4\alpha\left(\frac{x}{l}-1\right)^3}{6+4\alpha}, \tag{27}$$

где: x—координата подвижной нагрузки;

2) уравнения линий влияния R_2

для первого пролета:

$$R_2 = \frac{4\alpha + 5 - (3 + 5\alpha)\left(2 - \frac{x}{l}\right) +}{4\alpha + 6}$$

$$\frac{+ \alpha\left(2 - \frac{x}{l}\right)^3 - 2\alpha\left(1 - \frac{x}{l}\right)^3}{4\alpha + 6}, \tag{28}$$

для второго пролета:

$$R_2 = \frac{4\alpha + 5 - (3 + 5\alpha)\left(2 - \frac{x}{l}\right) +}{4\alpha + 6}$$

$$\frac{+ \alpha\left(2 - \frac{x}{l}\right)^3 - 2\alpha\left(1 - \frac{x}{l}\right)^3}{4\alpha + 6}. \tag{29}$$

Уравнения линий влияния опорных реакций трехпролетной балки

Для трехпролетной балки на отдельных упругих опорах уравнения линий влияния для реакций, полученные вышерассмотренными способами имеют вид:

1. Уравнение линий влияния R_0:

для первого пролета:

$$R_0 = \frac{15\alpha^2 + 52\alpha + 14 - (19\alpha^2 + 49\alpha + 6)\left(\frac{x}{l}\right) +}{20 + 56\alpha + 15\alpha^2}$$

$$\frac{+ \alpha(4\alpha + 6)\left(\frac{x}{l}\right)^3}{20 + 56\alpha + 15\alpha^2}, \tag{30}$$

для второго пролета:

$$R_0 = \frac{15\alpha^2 + 52\alpha + 14 - (19\alpha^2 + 49\alpha + 6)\left(\frac{x}{l}\right) + \alpha(4\alpha + 6)\left(\frac{x}{l}\right)^3 -}{20 + 56\alpha + 15\alpha^2}$$

$$-\frac{\alpha(9\alpha+8)\left(\frac{x}{l}-1\right)^3}{20+56\alpha+15\alpha^2}, \qquad (31)$$

$$R_0 = \frac{15\alpha^2+52\alpha+14-(19\alpha^2+49\alpha+6)\left(\frac{x}{l}\right)+}{20+56\quad+15\alpha^2}$$

$$\frac{+\alpha(4\alpha+6)\left(\frac{x}{l}\right)^3-\alpha(9\alpha+8)\left(\frac{x}{l}-1\right)^3-}{20+56\alpha+15\alpha^2}$$

$$\frac{-\alpha(2-6\alpha)\left(\frac{x}{l}-2\right)^3}{20+56\alpha+15\alpha^2}. \qquad (32)$$

2. Уравнение линий влияния для R_1:

для первого пролета:

$$R_1 = \frac{9\alpha+8+(24\alpha^2+31\alpha-2)\left(\frac{x}{l}\right)-\alpha(9\alpha+8)\left(\frac{x}{l}\right)^3}{20+56\alpha+15\alpha^2}, \qquad (33)$$

для второго пролета:

$$R_1 = \frac{9\alpha+8+(24\alpha^2+31\alpha-2)\left(\frac{x}{l}\right)-\alpha(9\alpha+8)\left(\frac{x}{l}\right)^3+}{20+56\alpha+15\alpha^2}$$

$$\frac{+\alpha(24\alpha+14)\left(\frac{x}{l}-1\right)^3}{20+56\alpha+15\alpha^2}, \qquad (34)$$

для третьего пролета:

$$R_1 = \frac{9\alpha+8+(24\alpha^2+31\alpha-2)\left(\frac{x}{l}\right)-\alpha(9\alpha+8)\left(\frac{x}{l}\right)^3+}{20+56\alpha+15\alpha^2}$$

$$\frac{+\alpha(24\alpha+14)\left(\frac{x}{l}-1\right)^3+\alpha(21\alpha+4)\left(\frac{x}{l}-2\right)^3}{20+56\alpha+15\alpha^2}. \qquad (35)$$

3. Уравнение линий влияния R_2:

для первого пролета:

$$R_2 = \frac{9\alpha+8+(24\alpha^2+31\alpha-2)\left(3-\frac{x}{l}\right)-\alpha(9\alpha+8)\left(3-\frac{x}{l}\right)^3+}{20+56\alpha+15\alpha^2}$$

$$\frac{+\alpha(24\alpha+14)\left(2-\frac{x}{l}\right)^3-\alpha(21\alpha+4)\left(1-\frac{x}{l}\right)^3}{20+56\alpha+15\alpha^2}, \quad (36)$$

для второго пролета:

$$R_2 = \frac{9\alpha+8+(24\alpha^2+31\alpha-2)\left(3-\frac{x}{l}\right)-}{20+56\alpha+15\alpha^2}$$

$$\frac{-\alpha(9\alpha+8)\left(3-\frac{x}{l}\right)^3+\alpha(24\alpha+14)\left(2-\frac{x}{l}\right)^3}{20+56\alpha+15\alpha^2}, \quad (37)$$

для третьего пролета:

$$R_2 = \frac{9\alpha+8+(24\alpha^2+31\alpha-2)\left(3-\frac{x}{l}\right)-}{20+56\alpha+15\alpha^2}$$

$$\frac{-\alpha(9\alpha+8)\left(3-\frac{x}{l}\right)^3}{20+56\alpha+15\alpha^2}. \quad (38)$$

4. Уравнения линий влияния R_3:

для первого пролета:

$$R_3 = \frac{15\alpha^2+52\alpha+14-(19\alpha^2+49\alpha+6)\left(3-\frac{x}{l}\right)+}{20+56\alpha+15\alpha^2}$$

$$\frac{+\alpha(4\alpha+6)\left(3-\frac{x}{l}\right)^3-\alpha(9\alpha+8)\left(2-\frac{x}{l}\right)^3-}{20+56\alpha+15\alpha^2}$$

$$\frac{-\alpha(2-6\alpha)\left(1-\frac{x}{l}\right)^3}{20+56\alpha+15\alpha^2}, \tag{39}$$

для второго пролета:

$$R_3=\frac{15\alpha^2+52\alpha+14-(19\alpha^2+49\alpha+6)\left(3-\frac{x}{l}\right)+}{20+56\alpha+15\alpha^2}$$

$$\frac{+\alpha(4\alpha+6)\left(3-\frac{x}{}\right)^3-\alpha(9\alpha+8)\left(2-\frac{x}{l}\right)^3}{20+56\alpha+15\alpha^2}, \tag{40}$$

для третьего пролета:

$$R_3=\frac{15\alpha^2+52\alpha+14-(19\alpha^2+49\alpha+6)\left(3-\frac{x}{l}\right)+}{20+56\alpha+15\alpha^2}$$

$$\frac{+\alpha(4\alpha+6)\left(3-\frac{x}{l}\right)^3}{20+56\alpha+15\alpha^2}. \tag{41}$$

Уравнения линий влияния для изгибающих моментов двух- и трехпролетной балки

Рассмотрим заданную балку (рис. 3). В произвольной точке балки приложена единичная сила. Будем обозначать координату этой точки ε вместо прежнего обозначения x. Реакции R_0, R_1, R_2 этой балки нам известны как функции ε.

Воспользуемся уравнением

$$\frac{\partial^2 M(x,\varepsilon)}{\partial x^2}=-q(x,\varepsilon), \tag{42}$$

где x—координата рассматриваемого сечения, для которого определяется значение момента в зависимости от ε (положение на балке единичной силы).

Интенсивность q будет выражаться формулой:

$$q(x,\varepsilon)=-R_1(\varepsilon)\,\delta(x-l)+\delta(x-\varepsilon). \tag{43}$$

С учетом (43) уравнение (42) перепишется следующим образом:

$$\frac{\partial^2 M}{\partial x^2}=R_1(\varepsilon)\,\delta(x-l)-\delta(x-\varepsilon). \tag{44}$$

Интегрируя это уравнение, после некоторых преобразований получим уравнения линий влияния для изгибающих моментов.

1 пролет:

а) $$x < \varepsilon \qquad M(x, \varepsilon) = R_0(\varepsilon)\, x, \tag{45}$$

б) $$x > \varepsilon \tag{46}$$

$$M(x, \varepsilon) = R_0(\varepsilon)\, x - (x - \varepsilon).$$

2 пролет:

а) $$x < \varepsilon \tag{47}$$

$$M(x, \varepsilon) = R_0(\varepsilon)\, x + R_1(\varepsilon)(x - l),$$

б) $$x > \varepsilon \tag{48}$$

$$M(x, \varepsilon) = R_0(\varepsilon)\, x + R_1(\varepsilon)(x - l) - (x - \varepsilon).$$

Для трехпролетной балки уравнения получим из вышеуказанных путем введения члена $R_2(\varepsilon)(x - 2l)$. Они будут иметь вид:

1 пролет:

а) $$x < \varepsilon \tag{49}$$

$$M(x, \varepsilon) = R_0(\varepsilon)\, x;$$

б) $$x > \varepsilon \tag{50}$$

$$M(x, \varepsilon) = R_0(\varepsilon)\, x - (x - \varepsilon).$$

2 пролет:

а) $$x < \varepsilon \tag{51}$$

$$M(x, \varepsilon) = R_0(\varepsilon)\, x + R_1(x - l);$$

б) $$x > \varepsilon \tag{52}$$

$$M(x, \varepsilon) = R_0(\varepsilon)\, x + R_1(\varepsilon)(x - l) - (x - \varepsilon).$$

3 пролет:

а) $$x < \varepsilon \tag{53}$$

$$M(x, \varepsilon) = R_0(\varepsilon)\, x + R_1(\varepsilon)(x - l) + R_2(x - 2l);$$

б) $$x > \varepsilon \tag{54}$$

$$M(x, \varepsilon) = R_0(\varepsilon)\, x + R_1(\varepsilon)(x - l) + R_2(x - 2l) - (x - \varepsilon).$$

Неравенство $x < \varepsilon$ означает положение единичной силы правее рассматриваемого сечения x. Неравенство $x > \varepsilon$ указывает, что единичная сила расположена левее рассматриваемого сечения. В эти формулы нужно подставить полученные выше выражения для реакций для соответствующих пролетов, заменяя в них x и ε.

Уравнения линий влияния для поперечных сил балки двух и трех пролетов

Для вывода уравнений линий влияния поперечных сил двухпролетной балки используем соотношения:

$$\frac{\partial Q(x, \varepsilon)}{\partial x} = -q(x, \varepsilon), \tag{55}$$

$$q(x, \varepsilon) = -R_1(\varepsilon)\,\delta(x - l) + \delta(x - \varepsilon) \tag{56}$$

и получаем исходное уравнение вида:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = R_1(\varepsilon)\,\delta(x - l) - \delta(x - \varepsilon). \tag{57}$$

Интегрируя его, получим искомые уравнения.

1 пролет:

а) $$x < \varepsilon \tag{58}$$

$$Q(x, \varepsilon) = R_0(\varepsilon);$$

б) $$x > \varepsilon \tag{59}$$

$$Q(x, \varepsilon) = R_0(\varepsilon) - 1;$$

2 пролет:

а) $$x < \varepsilon \tag{60}$$

$$Q(x, \varepsilon) = R_0(\varepsilon) + R_1(\varepsilon);$$

б) $$x > \varepsilon \tag{61}$$

$$Q(x, \varepsilon) = R_0(\varepsilon) + R_1(\varepsilon) - 1.$$

Аналогичные выражения для трехпролетной балки имеют вид:

1 пролет:

а) $$x < \varepsilon \tag{62}$$

$$Q(x,\ \varepsilon) = R_0(\varepsilon);$$

б) $$x > \varepsilon \tag{63}$$

$$Q(x,\ \varepsilon) = R_0(\varepsilon) - 1;$$

2 пролет:

а) $$x < \varepsilon \tag{64}$$

$$Q(x,\ \varepsilon) = R_0(\varepsilon) + R_1(\varepsilon);$$

б) $$x > \varepsilon \tag{65}$$

$$Q(x,\ \varepsilon) = R_0(\varepsilon) + R_1(\varepsilon) - 1,$$

3 пролет:

а) $$x < \varepsilon \tag{66}$$

$$Q(x,\ \varepsilon) = R_0(\varepsilon) + R_1(\varepsilon) + R_2(\varepsilon);$$

б) $$x > \varepsilon \tag{67}$$

$$Q(x,\ \varepsilon) = R_0(\varepsilon) + R_1(\varepsilon) + R_2(\varepsilon) - 1.$$

Экспериментальная проверка теоретических выкладок и выводы

Для проверки применимости полученных уравнений к расчету покрытия автолежневых дорог были проведены экспериментальные исследования.

Испытания проводились на грунтовом канале (ширина 1,25 м, длина 5 м) лаборатории транспорта леса БЛТИ им. С. М. Кирова.

Для опыта была принята балка длиной 3,75 м (сечением 12,4×10,1 см), уложенная на шпалы длиной 110 см того же сечения. Расстояние между осями шпал—72,5 см. Модуль упругости древесины шпал и балки—$0{,}9 \cdot 10^5$ кг/см².

Канал заполнен песчаным грунтом, имеющим характеристику (таблица 1).

Вертикальная нагрузка создавалась 5-тонным гидравлическим прессом производства Detroid Testing Machine Co

Таблица 1

Содержание фракций в %			Весовая влажность в %	Удельный вес в г/см³	Объемный вес в г/см³	Модуль деформации в кг/см²	Коэффициент постели в кг/см³
Песчаная	пылеватая	глинистая					
75,8	21,9	2,3	3,3	2,68	1,67	380	4

модель ВТТ № 118. Величина ее замерялась по манометру с ценой деления 20 кг.

Физические свойства грунта определялись установившимися методами.

Модуль деформации определялся по методу проф. А. И. Симвулиди [6]. Переход от модуля деформации к коэффициенту постели был произведен по формуле Н. М. Герсеванова—А. Я. Мачерет:

$$c = 0{,}28 \sqrt{\frac{bE_0^4}{(1-\mu_0^2)\,EI}},$$

где b—ширина балки в см,

E_0—модуль деформации грунта в кг/см²,

μ_0—коэффициент Пуассона (для песка 0,3),

EI—жесткость балки.

Величина просадок и прогибов фиксировалась индикаторами с точностью до 0,01 мм. Индикаторы устанавливались в сечениях над шпалами и у места приложения силы (рис. 4). Отсчеты по индикаторам производились после полной стабилизации балки под нагрузкой.

Полученные в результате 6 опытов данные прогибов (просадок) обработаны методами математической статистики и среднеарифметическое значение их приводится в таблице 2. Вместе с тем для сравнения в таблице 2 приведены данные, полученные теоретическим путем.

Теоретические данные получены по формулам для реакции трехпролетной балки (31), (34), (37), (40) в соответствии с расчетной схемой рис. 5.

Анализ результатов экспериментальных исследований позволяет сделать вывод, что:

1) при расчете лежневых покрытий, уложенных на шпалах числом больше четырех, можно ограничиться числом расчетных пролетов до трех, т. е. рассматривать лежень как трехпролетную балку;

2) величины просадок, полученные теоретическим путем по величине и характеру сходственны с просадками, полу-

Таблица 2

Нагрузка P в кг	Прогибы (просадки шпал в мм)					
	Номера индикаторов					
	1	2	3	4	5	6
1000	$\frac{-3,42}{—}$	$\frac{-1,12}{-0,082}$	$\frac{+1,85}{+1,23}$	$\frac{+1,79}{+1,23}$	$\frac{-1,21}{-0,082}$	$\frac{-3,60}{—}$
2000	$\frac{-9,19}{—}$	$\frac{-3,70}{-0,164}$	$\frac{+2,71}{+2,46}$	$\frac{+2,67}{-2,46}$	$\frac{-3,82}{-0,164}$	$\frac{-9,24}{—}$
2500	$\frac{-11,14}{—}$	$\frac{-4,53}{-0,246}$	$\frac{+2,93}{+2,95}$	$\frac{+3,13}{+2,95}$	$\frac{-4,72}{-0,246}$	$\frac{-11,23}{—}$

ченными опытами. По величине хорошая сходимость имеет место при положительных осадках опор. Что касается отрицательных просадок, то они указывают лишь на качественное соответствие теоретической и экспериментальной формы изогнутой под нагрузкой балки. Некоторое несоответствие в количественном отношении для отрицательных осадок указывает на то, что принцип контактности нарушается в этом случае, ибо грунт на растяжение не работает.

3. Полученные уравнения позволяют построить линии влияния расчетных усилий для расчета лежневых покрытий на шпалах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев В. В. Статический расчет рельсов. Труды НТК КНПС. Выпуск № 85, 1928.
2. Григорьев В. В. Расчет неразрезных повлавных мостов ВИА РККА, 1934.
3. Козьмин Ю. Г. К динамическому расчету многопролетных неразрезных балок на упруго-опертых опорах под действием ударной нагрузки. Труды ЛИЖТ, 1957.
4. Лурье А. И. Операционное исчисление. Гостехиздат, 1950.
5. Осипов В. С. Справочные таблицы для расчета неразрезных балок на упруго-оседающих опорах. Госиздат, матер. по строит. и архит., 1953.
6. Симвулиди А. И. Расчет балок на сплошном упругом основании. Госиздат. Сов. наука, 1958.
7. Снитко Н. К. Теория и расчет балок на упругом основании. Москва, 1937.
8. Снитко Н. К. Статика сооружений и основы динамики. Часть II, Ленинград, 1958.