М П С--Г У У З

Днепропетровский институт инженеров
железнодорожного транспорта

Ассистент ОРЛЕНКО В. П.

НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БАЛОЧНЫХ МОСТОВ ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКИ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск
1966

Публичная защита диссертации состоится на заседании Ученого Совета в июне 1966г.

Просим Вас и сотрудников Вашего учреждения, интересующихся темой диссертации, принять участие в заседании Ученого Совета или прислать свои отзывы о работе по адресу: Днепропетровск, 10, Университетская, 2, институт инженеров железнодорожного транспорта.

М П С – Г У У З
Днепропетровский институт инженеров
железнодорожного транспорта

Ассистент ОРЛЕНКО В.П.

НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БАЛОЧНЫХ МОСТОВ И ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКИ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук,
профессор Бондарь Н.Г.

Днепропетровск
1966

Работа выполнена в Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта.

В текущем пятилетии на железных дорогах СССР в основном будет завершена замена паровой тяги электрической и тепловозной. Использование новых видов тяги позволяет увеличить вес поездов и повысить скорости движения их до 160–200 км/час. В этих условиях требования ко всем элементам пути значительно возрастают. Так как на мостах состояние пути в сильной степени зависит от величины деформаций мостового полотна и общих деформаций пролетных строений, то изучение вопросов динамической работы пролетных строений приобретает сейчас большое значение.

Изучение этих вопросов необходимо и по другой причине. В настоящее время жесткость пролетных строений нормируется отношением

$$\frac{f_н}{l} \le \frac{1}{800}$$

где $f_н$ - прогиб середины пролетного строения от расчетной нормативной нагрузки; l - пролет.

Эта норма была установлена эмпирически и не имеет достаточного обоснования. При проектировании мостов из обычных материалов это затруднений не вызывало, так как жесткость пролетных строений оказывалась сравнительно большой и соответствующая проверка ее по существу была формальной.

В настоящее время положение меняется в связи с тем, что в мостостроении все большее применение находят высокопрочные стали, алюминиевые сплавы и другие новые материалы. Конструкции, изготовленные из этих материалов, имеют, как правило, значительно меньшую жесткость, чем конструкции из материалов, применявшихся ранее.

В практике проектирования это вызывает определенные трудности, так как для обеспечения жесткости пролетных строений, требуемой нормами, приходится идти на неполное использование прочности материалов. Конечно, жесткость пролетных строений может быть повышена за счет увеличения их высоты, изменения конструкции и т.д. Идя, однако, на такие изменения, связанные, как правило, с ухудшением экономических показателей, надо быть уверенным в справедливости требований, предъявляемых нормами.

С 1962г. изучением различных вопросов, необходимых для научного обоснования норм жесткости, занимается ряд организаций МПС.

Реферируемая работа представляет собой часть исследований, проводящихся в этом направлении в Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта.

Обоснование норм жесткости-проблема весьма сложная. При ее решении необходимо исходить из различных критериев. Важнейшим из них является критерий безопасности движения. Особое внимание при этом следует уделить явлению обезгруживания рессор подвижного состава на мостах, так как при этом могут возникнуть благоприятные предпосылки для схода колес с рельсового пути. Для исследования условий, при которых возможно явление обезгруживания, приходится рассматривать совместные колебания пролетных строений мостов и перемещающегося по ним подвижного состава. Большая часть настоящей работы посвящена приближенному решению этой весьма сложной задачи.

На основании исследований С.С.Норейко, И.И.Казея и С.И.Конашенко[*)] расчетная схема была принята в виде простой балки, по которой с постоянной скоростью перемещается полоса равномерно распределенной и равномерно подрессоренной нагрузки, обладающей массой. Такая упрощенная схема вполне приемлема для изучения вертикальных колебаний пролетных строений балочных мостов с пролетами свыше 30 м. Для исследования колебаний надрессорного строения железнодорожных экипажей эта идеализация является слишком грубой. Однако получив с ее помощью перемещения пролетного строения, можно затем перейти к изучению и этих вопросов, считая перемещения пролета заданными.

При наличии неровностей на участке пути перед мостом наиболее вероятным будет случай, когда каждый элемент нагрузки, входя на пролетное строение, имеет одинаковое возмущение. Во всех рассмотренных задачах принято, что это условие выполняется.

Работа состоит из введения, четырех глав и выводов. Во введении кратко изложена история вопроса и отмечен круг задач, рассмотренных автором.

В начале первой главы получены дифференциальные уравнения задачи для случая, когда полоса нагрузки заполняет пролетное строение по всей его длине:

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} + 2v\frac{\partial^2 \eta}{\partial x \partial t} + v^2\frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + n^2(\eta - y) = 0 ;$$

[*)] Норейко С.С. Свободные колебания загруженных железнодорожных мостов. Труды ЛИИЖТ, вып.144,1952г.

Казей И.И. Динамический расчет пролетных строений железнодорожных мостов. Трансжелдориздат,1960г.

Конашенко С.И. О критической скорости движения подрессоренной нагрузки по балке. Известия ВУЗов, "Строительство и архитектура", 2, 1963г.

$$\left.\frac{EJ}{m_n}\cdot\frac{\partial^4 y}{\partial x^4}+\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}-\beta n^2(\eta-y)=\frac{q}{m_n}\ ,\right\}\qquad (I)$$

где $\eta(x,t)$ - отклонение полосы нагрузки от положения статического равновесия ее вне пролета; $y(x,t)$ - прогиб пролетного строения от горизонтальной оси x, проходящей через опоры; V - скорость движения, $n=\sqrt{\frac{k_p}{m_н}}$ - частота колебаний подпрыгивания нагрузки; $m_н$ и k_p - погонная масса и погонная жесткость подрэссоривания нагрузки; EJ и m_n - изгибная жесткость и погонная масса пролетного строения; $\beta=\frac{m_н}{m_n}$

$q=q_n+q_н+q_o+q(t)$; q_n и $q_н$ - погонные веса пролетного строения и нагрузки; q_o - эквивалентная безмассовая нагрузка, учитывающая влияние провисания или строительного подъема; $q(t)$ - прочие нагрузки, в том числе зависящие от времени.

Как частные случаи из уравнений (I) можно получить уравнения некоторых задач, рассмотренных в цитированных выше работах. Так, полагая $V=0$ приходим к уравнениям задачи, рассмотренной С.С.Норейко.

Рассматривая квазистатический режим, когда величины η, y и q не зависят от времени, получим

$$\left.\begin{aligned}&V^2\frac{d^2\eta}{dx^2}+n^2(\eta-y)=0\\&\frac{EJ}{m_n}\frac{d^4y}{dx^4}-\beta n^2(\eta-y)=0\end{aligned}\right\}\qquad (2)$$

Эти уравнения совпадают с уравнениями С.И.Конашенко при отсутствии полосы неподрессоренной нагрузки.

Примем

$$\eta=a\sin\left(\frac{nx}{V}+\xi\right)+\sum_{k=1}^{\infty}T_1^{(k)}\sin\frac{k\pi x}{l}\ ;\ y=\sum_{k=1}^{\infty}T_2^{(k)}\sin\frac{k\pi x}{l},\qquad (3)$$

где a и ε – постоянные, $T_1^{(k)}$ и $T_2^{(k)}$ – функции времени. Используя метод Бубнова-Галеркина после преобразований получим

$$\left.\begin{aligned}
&\ddot{T}_1^{(k)} + \frac{4\pi v}{l^2}\sum_{p=1}^{\infty} p\,\dot{T}_1^{(p)}\int \cos\frac{p\pi x}{l}\cdot\sin\frac{k\pi x}{l}\,dx + \\
&+\left[n^2 - \left(\frac{k\pi v}{l}\right)^2\right]T_1^{(k)} - n^2 T_2^{(k)} = 0 \\
&\ddot{T}_2^{(k)} + \left(\theta_k^2 + \beta n^2\right)T_2^{(k)} - \beta n^2 T_1^{(k)} = \\
&= \frac{2}{m_n\cdot l}\int_0^l q\sin\frac{k\pi x}{l}\,dx + \frac{2a\beta n^2}{l}\int_0^l \sin\left(\frac{nx}{v}+\varepsilon\right)\cdot\sin\frac{k\pi x}{l}\,dx,
\end{aligned}\right\}\qquad (4)$$

где $K=1,2,3,\ldots$; $\theta_k^2 = \frac{k^4\pi^4}{l^4}\cdot\frac{EJ}{m_n}$ – квадрат собственной частоты к-го тона колебаний незагруженного пролетного строения.

Решая бесконечную систему уравнений (4), можно найти любое число величин $T_1^{(k)}$ и $T_2^{(k)}$. Подставив их затем в выражения (3), получим значения y и η .

В первой главе рассмотрены только собственные колебания, которые описываются однородными дифференциальными уравнениями, соответствующими уравнениям системы (4).

Бесконечный ряд в этих уравнениях учитывает взаимное влияние гармоник выражений (3). Если этим влиянием в первом приближении пренебречь, другими словами, если пренебречь влиянием кориолисовых сил инерции, то для квадратов собственных частот рассматриваемой механической системы получим формулу :

$$P_k^2 = \frac{1}{2}\left\{\left[\theta_k^2 + (1+\beta)n^2 - \left(\frac{k\pi v}{l}\right)^2\right] \mp \right.$$
$$\left. \mp\sqrt{\left[\theta_k^2 + (1+\beta)n^2 - \left(\frac{k\pi v}{l}\right)^2\right]^2 - 4n^2\theta_k^2\left[1-\left(\frac{k\pi v}{nl}\right)^2\right] + 4\beta n^2\left(\frac{k\pi v}{l}\right)^2}\right\} \quad (5)$$

К=I,2,3...

При К=I и V=0 формула (5) переходит в соответствующую формулу С.С.Норейко, которая сравнительно неплохо согласуется с опытными данными.

Подробные вычисления автора показали, что влияние скорости на собственные частоты сравнительно мало. Однако это влияние увеличивается с уменьшением жесткости пролетных строений и с увеличением веса и скорости движения нагрузки. Пренебрегать им поэтому можно не всегда. Было исследовано также влияние сопротивлений и влияние кориолисовых сил для первых трех гармоник. Оказалось, что учет этих обстоятельств к существенному изменению собственных частот не приводит. Высшие формы колебаний затухают значительно быстрее, чем низшая. Вследствие этого во многих случаях можно ограничиться учетом лишь основной формы колебаний.

Во второй главе сначала рассмотрен случай, когда при движении нагрузки по пролетному строению последнее не колеблется (квазистатический режим). Полагая

$$y = \sum_{k=1}^{\infty} f_k \sin\frac{k\pi x}{l} \quad (6)$$

и используя метод Бубнова-Галеркина, из уравнений (2) можно получить

$$f_k = \frac{2}{k\pi}\cdot\frac{\frac{q}{m_n}(1-\cos k\pi) - \frac{\beta n^2}{1-\left(\frac{nl}{k\pi v}\right)^2}\left[a\sin\left(\frac{nl}{v}+k\pi+\xi\right)-\eta(0)\right]}{\theta_k^2 + \frac{\beta n^2}{1-\left(\frac{nl}{k\pi v}\right)^2} - \frac{2\beta n v\sin\left(\frac{nl}{v}+k\pi\right)}{l\left[1-\left(\frac{nl}{k\pi v}\right)^2\right]\left[1-\left(\frac{k\pi v}{nl}\right)^2\right]}};$$

К=I,2,3, ...

Второе слагаемое в числителе этой формулы учитывает возмущения нагрузки , полученные ею до входа на мост. Вычисления показали, что влияние этих возмущений на величину прогиба пролетного строения сравнительно невелико (4–8%).

Ряд (6) быстро сходится и для практических целей можно ограничиться учетом лишь одного его члена.

Во второй главе рассмотрены также вынужденные колебания, вызванные равномерно распределенной подвижной нагрузкой с интенсивностью

$$q = h_0 \sin(\psi t + \gamma) \tag{7}$$

где h_0, ψ и γ - постоянные.

Для решения задачи, как и ранее, использован метод Бубнова-Галеркина. При этом было положено

$$\eta = \sum_{k=1}^{\infty} A_k \sin(\psi t + \gamma) \cdot \sin\frac{k\pi x}{l}$$

$$y = \sum_{k=1}^{\infty} B_k \sin(\psi t + \gamma) \cdot \sin\frac{k\pi x}{l}$$

Для амплитуд A и B получены следующие формулы :

$$A_k = \frac{1}{D} \cdot \frac{2h_0 n^2 (1 - \cos k\pi)}{k\pi m_n}$$

$$B_k = \frac{1}{D} \cdot \frac{2h_0 (1 - \cos k\pi)\left[n^2 - \left(\frac{k\pi v}{l}\right)^2 - \psi^2\right]}{k\pi m_n},$$

где $$D = \left[n^2 - \left(\frac{k\pi v}{l}\right)^2 - \psi^2\right](\theta_k^2 + \beta n^2 - \psi^2) - \beta n^4$$

К= 1, 2, 3, ...

В работе показано, что к нагрузке вида (7) можно привести и некоторые другие виды нагрузок, в частности ряд подвижных постоянных или пульсирующих сил.

В третьей главе рассмотрены нестационарные колебания пролетных строений при входе на них и при сходе с них полосы подрессоренной нагрузки.

Если предположить, что вход полосы нагрузки на пролетное строение начинается при $t=0$, то дифференциальные уравнения соответствующей задачи будут иметь вид:

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} + 2v \frac{\partial^2 \eta}{\partial x \cdot \partial t} + v^2 \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + n^2(\eta - y) = 0 \qquad (0 \le x \le vt)$$

$$\frac{EJ}{m_n} \cdot \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \begin{cases} \dfrac{q_o + q_n + q_н}{m_n} + \beta n^2(\eta - y) & \text{при } 0 \le x \le vt \\ \dfrac{q_o + q_n}{m_n} & \text{при } vt \le x \le l \end{cases}$$

При сходе нагрузки с пролетного строения

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} + 2v \frac{\partial^2 \eta}{\partial x \cdot \partial t} + v^2 \cdot \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + n^2(\eta - y) = 0; \quad (vt \le x \le l)$$

$$\frac{EJ}{m_n} \cdot \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} \quad \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \begin{cases} \dfrac{q_o + q_n}{m_n} & \text{при } 0 \le x \le vt \\ \dfrac{q_o + q_n + q_н}{m_n} + \beta n^2(\eta - y) & \text{при } vt \le x \le l \end{cases}$$

Принимая в первом приближении

$$\eta = a\sin\left(\frac{nx}{v}+\xi\right) + T_1 \sin\frac{\pi x}{l} \qquad y = T_2 \sin\frac{\pi x}{l}$$

и используя метод Бубнова-Галеркина, получим

$$\left.\begin{aligned} &\ddot{T}_1 + \frac{\dot{f}}{f}\dot{T}_1 + \left[n^2 - \left(\frac{\pi v}{l}\right)^2\right]T_1 - n^2 T_2 = 0; \\ &-\frac{\beta n^2}{2\pi} f T_1 + \ddot{T}_2 + \left(\theta^2 + \frac{\beta n^2}{2\pi} f\right)T_2 = F(t), \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

где при входе

$$f = \frac{2\pi v t}{l} - \sin\frac{2\pi v t}{l};$$

$$F(t) = \frac{4}{\pi m_n}\left(q_0 + q_n + q_н \sin^2\frac{\pi v t}{l}\right) +$$

$$+ \frac{2a\beta n^2}{l}\int_0^{vt} \sin\left(\frac{nx}{v}+\xi\right)\cdot \sin\frac{\pi x}{l}\,dx;$$

при сходе

$$f = 2\pi\left(1 - \frac{vt}{l}\right) + \sin\frac{2\pi v t}{l};$$

$$F(t) = \frac{4}{\pi m_n}\left(q_0 + q_n + q_н \cos^2\frac{\pi v t}{l}\right) +$$

$$+ \frac{2a\beta n^2}{l}\int_{vt}^{l} \sin\left(\frac{nx}{v}+\xi\right)\cdot \sin\frac{\pi x}{l}\,dx$$

Более подробно в работе решена задача о сходе нагрузки с пролетного строения. Для этого уравнения (8) сначала преобразованы к такому виду, чтобы их можно было считать независимыми, а затем решение каждого из них получено с использованием идеи переменного масштаба*). После преобразований выражение для T_2 получено в виде

$$T_2 = \frac{Z_2 - \alpha Z_1}{1 - \alpha \psi} , \qquad (9)$$

где

$$\alpha = -\frac{\beta}{2\pi}\psi = -\frac{1}{2}\left\{\frac{N_1(t) - N_2(t)}{n^2\sqrt{f}} - \sqrt{\left[\frac{N_1(t) - N_2(t)}{n^2\sqrt{f}}\right]^2 + \frac{2\beta n^2}{\pi}}\right\}$$

$$N_1(t) = n^2 - \left(\frac{\pi V}{l}\right)^2 + \frac{1}{4}\left[\left(\frac{\dot f}{f}\right)^2 - 2\frac{\ddot f}{f}\right]; \quad N_2(t) = \theta^2 + \frac{\beta n^2}{2\pi} f$$

$$Z_1 = \frac{1}{\sqrt{N_1^*(t)}}\left\{\left[A_1 + \lambda_{11}(t)\right]\sin\varphi_1 + \left[B_1 - \lambda_{12}(t)\right]\cos\varphi_1\right\};$$

$$Z_2 = \frac{1}{\sqrt{N_2^*(t)}}\left\{\left[A_2 + \lambda_{21}(t)\right]\sin\varphi_2 + \left[B_2 - \lambda_{22}(t)\right]\cos\varphi_2\right\}$$

$$N_1^*(t) = N_1(t) - \psi\frac{\beta n^2}{2\pi}\sqrt{f}; \quad N_2^*(t) = N_2(t) - \alpha n^2\sqrt{f};$$

$$\varphi_1 = \varphi_1(0) + \int_0^t \sqrt{N_1^*(t)}\,dt \qquad \varphi_2 = \varphi_2(0) + \int_0^t \sqrt{N_2^*(t)}\,dt$$

---

*) Бондарь Н.Г., Казей И.И., Лесохин Б.Ф., Козьмин Ю.Г. Динамика железнодорожных мостов. Издательство «Транспорт», 1965 г.

$$\lambda_{11}(t)=\int_0^t \frac{\psi F(t)}{\sqrt{N_1^*(t)}} \cos\varphi_1\, dt \;;$$

$$\lambda_{12}(t)=\int_0^t \frac{\psi F(t)}{\sqrt{N_1^*(t)}} \sin\varphi_1\, dt \;;$$

$$\lambda_{21}(t)=\int_0^t \frac{F(t)}{\sqrt[4]{N_2^*(t)}} \cos\varphi_2\, dt$$

$$\lambda_{22}(t)=\int_0^t \frac{F(t)}{\sqrt[4]{N_2^*(t)}} \sin\varphi_2\, dt \;;$$

А и В - постоянные интегрирования, определяемые из начальных условий.

Сравнение с численным решением этой задачи по методу Рунге-Кутта, а также с решением ее на электронной модели показало, что предлагаемый приближенный способ дает достаточную для практики точность. По сравнению с обычными численными методами он требует значительно меньшего объема вычислений. Особенно заметно это в тех случаях, когда расчет приходится повторять при различных значениях начальных условий. Легко видеть, что в приведенных выше уравнениях при этом меняются только посточнные интегрирования А и В.

Таким же путем в работе решена задача о входе нагрузки на пролетное строение.

В четвертой главе исследуются условия обезгруживания рессор подвижного состава. Постановка задачи максимально упрощена. Вместо реального экипажа рассматривается подрессоренный груз с соответствующими параметрами . Деформации рессор определены в предположении, что груз перемещается по колеблющейся независимо от него балке. Эти колебания задаются на основании решений, полученных выше. Наибольшие возможные амплитуды их принимаются по действующим нормам динамических коэффициентов, т.е. в конечном счете по опытным данным.

Понятно, что такая задача требует рассмотрения большого числа вариантов. Аналитическое решение для этого непригодно, так как оно связано с необходимостью громоздких вычислений.

В реферируемой работе для этой цели использована электронная моделирующая установка.

Так как до входа нагрузки пролетное строение не колеблется, а при сходе ее уже в самом начале эти колебания могут быть большими, то следует ожидать, что в отношении обезгруживания случай схода будет более опасным. По этой причине случай входа нагрузки на пролетное строение на модели не исследовался.

Так как одно из решений уравнений (8) неограниченно возрастает, то непосредственно решить их с помощью модели невозможно. Соответствующую систему уравнений с устойчивыми решениями получим, производя замену $T_1 = \frac{2\pi}{f}\varepsilon$

$$\left.\begin{aligned} &\ddot{\varepsilon} - \frac{v}{l}\psi_{*}\dot{\varepsilon} + \left[n^2 - \left(\frac{\pi v}{l}\right)^2 + \left(\frac{v}{l}\right)^2 \Phi_{*}\right]\varepsilon - n^2\frac{f}{2\pi}T_2 = 0; \\ &-\beta n^2\varepsilon + \ddot{T}_2 + \left(\theta^2 + \frac{\beta n^2}{2\pi}f\right)T_2 = F(t), \end{aligned}\right\}$$

где $\psi_{*} = \frac{\dot{f}}{f}\cdot\frac{l}{v}$ $\quad \Phi_{*} = \left[\left(\frac{\dot{f}}{f}\right)^2 - \frac{\ddot{f}}{f}\right]\left(\frac{l}{v}\right)^2$

Модель, собранная для решения задачи о сходе нагрузки с пролетного строения, пригодна также для решения задачи о колебаниях его в полностью загруженном состоянии. Обе эти задачи решались параллельно.

Всего было рассмотрено свыше 300 вариантов задачи о колебаниях загруженных пролетных строений и столько же вариантов этой задачи при сходе полосы нагрузки с пролета. Решения получены для значений l=44,66 и 110 м и нагрузки, соответствующей груженым и порожним четырехосным и шестиосным вагонам. Кроме того, рассматривались условные нагрузки, которые можно истолковать как "перегруженные" четырехосные и шестиосные вагоны. Все решения получены для скоростей движения 100 и 200 км/час, а также для следующих значений отношения $\frac{f_н}{l}$

$$\frac{1}{400};\frac{1}{800};\frac{1}{1200}$$

Сопротивления в рессорах учитывались введением эквивалентных коэффициентов затухания. Значения их в запас прочности были приняты минимально возможными.

Зафиксированные во время опытов максимальные значения коэффициентов динамики приведены в работе.

В соответствии со шкалой ЦНИИ допускаемыми для грузовых вагонов считаются коэффициенты вертикальной динамики, не превышающие 0,65. С учетом этого по условиям обезгруживания для пролетных строений l=44 и 66 м безопасным можно считать отношение $\frac{f_н}{l} \leq \frac{1}{600}$, для пролетных строений l=110 м - $\frac{f_н}{l} \leq \frac{1}{500}$

ВЫВОДЫ

1. Для безопасности движения поездов по мостам необходимо обеспечить такие условия при которых возможность обезгруживания рессор подвижного состава была бы исключена. Особенно актуальной эта задача становится сейчас в связи со значительным ростом скоростей движения и внедрением в мостостроении высокопрочных сталей, легких сплавов и других новых материалов, конструкции из которых обладают пониженной жесткостью.

2. Исследование условий обезгруживания требует изучения совместных колебаний пролетных строений мостов и перемещающихся по ним единиц подвижного состава. Расчетная схема в виде простой балки, загруженной равномерно распределенной и равномерно подресоренной полосой, при этом может быть использована лишь для определения перемещений пролетных строений. Для определения перемещений железнодорожных экипажей расчетная схема должна быть изменена. В первом приближении для исследования этих вопросов можно рекомендовать решение задачи о колебаниях подвижного состава при движении по колеблющемуся независимо от него основанию.

Характер колебаний основания может быть установлен путем решения задачи о колебаниях простой балки, загруженной подвижной подрессоренной полосой.

3. При рассмотрении колебаний пролетных строений влияние высших форм колебаний можно не учитывать. Определение собственных частот следует производить с учетом скорости движения нагрузки.

4. Колебания нагрузки, возникшие до входа на мост, мало сказываются на перемещениях пролетных строений. Во многих случаях с влиянием этих колебаний можно не считаться.

5. При исследовании условий обезгруживания необходимо рассматривать как случай полной, так и случай неполной загрузки пролетного строения. Для этих целей целесообразно использовать вычислительные машины.

6. В реферируемой работе исследование условий обезгруживания проведено в максимально упрощенной постановке с заменой реального экипажа одиночным подрессоренным грузом. Полученные данные позволяют утверждать, что по условиям обезгруживания действующие нормы жесткости пролетных строений могут бнть заметно свягчены. Для пролетов l =44 и 66 м предельные значения прогибов от расчетной нормативной нагрузки из этих условий могут ограничиваться величиной $\frac{I}{600} l$. Для l =II0 м можно допускать даже $\frac{I}{500} l$.

Конечно, кроме обезгруживания, при обосновании норм жесткости должны быть учтены и другие факторы (плавность хода, условия работы отдельных элементов пути и т.п.). Подлежат более строгому изучению в будущем и условия обезгруживания. В первую очередь должна быть уточнена при этом расчетная схема экипажа с тем, чтобы можно было учесть различные формы его колебаний. Так как принятые исходные предпосылки идут в запас прочности, то результаты такого уточнения вряд ли существенно изменят данные предложения.

Диссертация изложена на 153 страницах, содержит 36 рисунков и II таблиц.

Перечень литературы состоит из 156 названий.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Орленко В.П. О горизонтальном воздействии подвижного состава на балочные мосты. Труды ДИИТ, вып.38, 1962.

2. Орленко В.П. Динамические прогибы и вынужденные колебания пролетных строений с подвижной подрессоренной нагрузкой. Труды ДИИТ, вып.45, 1963.

3. Орленко В.П. Собственные вертикальные колебания пролетных строений с подвижной подрессоренной нагрузкой. Труды ДИИТ, вып.53, 1964.

4. Орленко В.П. О нормах вертикальной жесткости балочных железнодорожных мостов. Труды ДИИТ, вып. 49, 1955.

5. Бондарь Н.Г. Казей И.И., Лесохин Б.Ф., Козьмин Ю.Г. Динамика железнодорожных мостов (§ 7 гл.П), издательство «Транспорт», 1965.

6. Орленко В.П. Вертикальные колебания пролетных строений при сходе с них подрессоренной нагрузки. Труды ДИИТ, вып.56, 1966.

Материалы диссертации доложены автором на:

1. Заседаниях семинара по механике Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта, 1964 и 1966.
2. Совещании по некоторым проблемам динамики сооружений и машин, Днепропетровск, 1964.
3. Научно-техническом совещании "Современные методы расчетов в машиностроении с применением электронных математических машин", г.Харьков, 1966.
4. Заседании комиссии по мостам и тоннелям Научно-технического Совета Министерства путей сообщения, Москва, 1966.

г. Днепропетровск, ДИИТ. р-принт, зак. 88 - 180 экз. БТ 09188, подп. к печ. 4.IV.66 г.