

Модель напряженно-деформированного состояния железнодорожного пути на основе волновой теории распространения напряжений

Д.М. КУРГАН¹, И.О. БОНДАРЕНКО

Резюме

Введение: для решения задач, связанных с моделированием напряженно-деформированного состояния железнодорожного пути, уже традиционно используется определенный набор физико-математических методов. Если для подвижного состава это в основном системы на основе уравнений Лагранжа, то для пути – это, как правило, статические или квазистатические модели, дополненные эмпирическими параметрами, ориентированные на определенные краевые задачи. Этого не всегда достаточно для решения современных задач, связанных с высокими скоростями движения и вопросами надежности работы железнодорожного пути.

Цель работы: создание принципиально новой модели напряженно-деформированного состояния железнодорожного пути на основе волновой теории распространения напряжений. **Результаты:** на основании волновой теории описана геометрия распространения напряжений, которая используется для составления уравнений передачи потенциалов напряжений в толще материалов. Динамическое равновесие достигается учетом ускоренной деформации массы вещества в пространстве между разными уровнями потенциалов. Результатом являются процессы распространения напряжений (деформаций) в пространственной системе с учетом их изменений во времени. Значения полученной массы системы, которая принимает участие во взаимодействии на данный момент времени, используются как важная характеристика процессов передачи энергии и выполненной работы, которые необходимы для решения задач надежности. Волновая модель учитывает не только прямое распространение напряжений от приложенной нагрузки, а и отражение волн от поверхности контакта объектов с разными физическими свойствами, что дает возможность аналитически получить адекватный инструмент формирования упругой динамической деформации. **Выводы:** Математические модели, которые привычно применять для описания напряженно-деформированного состояния пути, с одной стороны является обоснованным компромиссом между сложностью

¹ Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна; Каф. Путь и путевое хозяйство; e-mail: kurgan@brailsys.com

и возможностями для определенных задач, но с другой – имеют четкие границы применимости. На сегодняшний день набирает все большей актуальности ряд вопросов, которые нуждаются в использовании принципиально новых подходов, в качестве которых дано обоснование использовать волновую теорию распространения напряжений. На этой основе разработана принципиально новая модель напряженно-деформированного состояния железнодорожного пути.

Ключевые слова: железнодорожный путь, напряжения, деформация, волновая теория, упругие волны, надежность пути.

1. Введение и постановка проблемы

Решение вопросов напряженно-деформированного состояния элементов железнодорожного пути является неотъемлемой частью большого количества разнообразных задач связанных с проектированием новых конструкций, улучшением устройства и оценкой состояния существующих конструкций, оптимизацией условий эксплуатации и т.п. На сегодняшний день в области физико-математических наук существует довольно большое многообразие математических моделей, которые предоставляют возможность решать поставленные задачи в том или ином виде. Некоторые из них уже нашли свое применение непосредственно для моделирования работы железнодорожного пути. В некоторых случаях используется описание железнодорожного пути как целостной системы. В некоторых, наоборот, достаточно ограничиться моделированием отдельного элемента (рельс, шпала и т.д.) или сочетанием нескольких элементов (передача напряжений от шпал на основную площадку земляного полотна через балласт). В большинстве случаев современные методы расчетов представляют собой объединение теоретических основ и эмпирических корректировок, которые базируются на многолетнем опыте экспериментальных исследований. Такой симбиоз дает возможность получать компромисс между сложностью и громоздкостью расчетов с одной стороны и адекватностью полученных результатов для соответствующих задач с другой стороны.

Если проанализировать модели, которые обычно применяются для расчетов пути, то их можно разделить на несколько групп. Во-первых, это максимально упрощенные модели, которые базируются на статическом равновесии между деформацией объекта и приложенной к нему силой. Связь между деформацией и силой определяется по основным формулам теории сопротивления материалов. Динамический характер нагрузки учитывается условным увеличением значения силы. Совместное действие

нескольких сил приводится к одной эквивалентной. Такие методики имеют целый ряд упрощений, предположений и эмпирических коэффициентов.

Во-вторых, это модели, основанные на системе уравнений Лагранжа второго рода. В динамике твердого тела принимается, что объект имеет постоянную массу, сила, приложенная к точке объекта, мгновенно приводит к перемещению все другие его точки и тело движется как одно целое относительно центра масс. Разделять железнодорожный путь на целостные объекты с постоянной массой можно только условно. Причем эти массы будут иметь небольшие по значению перемещения, которые будут происходить за короткий промежуток времени.

В-третьих, это приближенные теории упругих сред, основанные на разных гипотезах о характере деформации слоев материалов или приближенных методов, таких, как метод сеток, метод конечных элементов и другие. Такие вариационные методы с появлением мощных компьютеров получили широкое применение. К их недостаткам нужно отнести необходимость в добротном генераторе триангуляции и сложности получения априорных и аналитических оценок. Кроме того, данные теории не могут учитывать динамические процессы в полной мере, так как, например, нет условий для получения процесса отражения.

Все вышеупомянутые модели основаны на принципах классической теории упругости, где рассматривается тело, которое находится в состоянии равновесия под действием приложенных сил, причем считается, что упругие деформации уже достигли статических значений. Такие трактовки теряют необходимую точность для задач, в которых время между моментом приложения нагрузки и установлением действительного равновесия соизмеримо со временем действия или изменения нагрузки. Это актуально для высоких скоростей движения, а так же для задач надежности пути, для которых имеют значения не только максимальные напряжения, а и их цикличность и изменение во времени.

Известно, что основные элементы конструкции пути, которые определяют безопасность движения поездов, такие как рельсы и стыковые накладки (при рассматривании меньшего срока службы пути), балластная призма и земляное полотно (при рассматривании большего срока службы пути), получают повреждение в большинстве случаев не потому, что при каком-то стечении обстоятельств (механических, атмосферных, биологических) произошло динамическое силовое воздействие подвижного состава на них, которое превысило предел прочности, а как следствие многократного приложения к ним различных по величине нагрузок, которые обусловили развитие внутренних повреждений или дефектов, т.е. вследствие развития процесса усталости, как самих материалов элементов конструкций пути, так и усталости конструкции в целом.

Вопросы об интенсивности накопления остаточных деформаций в пути непосредственно связаны с экономикой его эксплуатации. Расчеты и исследования железнодорожного пути вместе с параметрами прочности, которые решают вопросы безопасности, должны давать возможность определять интенсивность накопления остаточных деформаций в зависимости от конструкции пути, системы ее содержания и воздействия подвижного состава. Параметры, по которым определяется выносливость работы любого объекта, – это амплитуды колебаний, асимметрический цикл напряжений, количество циклов нагрузки, упругие и остаточные перемещения и т.п.

Чтобы вести разработки в этом направлении необходимо иметь соответствующий расчетный инструмент. Для решения большинства задач надежности железнодорожного пути недостаточно определять только максимально возможные силы и напряжения. Для оценки накопления усталостных деформаций необходимо рассматривать процесс возникновения и затухания напряжений, их распространение в толще подрельсовой основы во времени, вибрационное действие, амплитудно-частотные характеристики. Возникает необходимость изучения колебаний системы тел, как одного из основных факторов, которые влияют на безотказную эксплуатацию конструкции пути и его сооружений. Существующие модели взаимодействия пути и подвижного состава достаточно полно описывают процесс статической и квазистатической нагрузки конструкции, однако такой подход не дает возможности исследования динамических эффектов связанных с движущимися скоростными нагрузками.

Следовательно, актуальным является разработка принципиально новой математической модели для решения расчетных задач работы железнодорожного пути. В качестве основы для такой модели предлагается использовать теорию распространения упругих волн.

2. Анализ публикаций

Применение теории распространения упругих волн для решения задач напряженно-деформированного состояния твердого тела описаны в ряде фундаментальных работ классической физики. В качестве теоретической основы были приняты работы Ландау Л. и Кольского Г. [1, 3]. Применительно к моделированию работы железнодорожного пути эти методики ранее практически не применялись, поэтому в современной литературе почти отсутствуют описания аналогичных исследований. Некоторые идеи использования данного направления физики для решения задач железнодорожного пути высказывались в кандидатской диссертации Вострухова А. В. [6] и в докторской диссертации Суворовой Т. В. [7]. Однако эти работы имели цель

разработку математического аппарата для решения ряда задач теории упругости, и только в качестве прикладного использования в том числе предлагались задачи вибрационного воздействия на железнодорожный путь и прилегающие здания.

3. Цель работы

Создание принципиально новой модели напряженно-деформированного состояния железнодорожного пути на основе волновой теории распространения напряжений.

Для построения такой модели железнодорожный путь рассматривается как пространственная система объектов, которые характеризуются геометрическими размерами и физическими свойствами, определяющими скорости распространения волн и параметры деформаций упругости и сдвига. К ним прикладываются силы, которые имеют свободную пространственную ориентацию, время действия и непостоянство значения. В качестве реакции на действие внешних сил рассматривается возникновение и распространение в теле объекта пространственных сферических волн. В общем виде фронт распространения напряжений будет определяться уравнением

$$\begin{cases} (x, y, z) \in A(t) \Big| \rho \frac{\partial^2 \Delta}{\partial t^2} = (\lambda + 2\mu) \nabla^2 \Delta, \\ A(t) \subset \Omega, \end{cases} \quad (1)$$

где: ∇^2 определяет оператор $\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right)$,

(x, y, z) – геометрическое место точки фронта волны,

$A(t)$ – множество точек, которые на момент времени t определяют границы распространения волны,

ρ – плотность вещества,

Δ – объемное расширение,

λ, μ – постоянные Ляме,

Ω – пространство, ограниченное поверхностью тела.

Распространение волн корректируется размерами объектов и учитывает изменения в параметрах волнового процесса при переходе от одного объекта к другому. При наличии на текущем временном шаге в объекте нескольких фрагментов волновых процессов используется метод суперпозиции [2].

Для определения деформаций и соответствующих напряжений объект представляется как набор сегментов

$$B_i = A(t) \setminus A(t - \delta t). \quad (2)$$

Состояние динамического равновесия такого сегмента будет описываться уравнением соответствия потенциалов напряжений на его стенках с учетом ускоренной деформации массы вещества в пространстве между ними [3]. Система таких уравнений и будет определять напряженно-деформированное состояние модели в целом [4].

Запись уравнения равновесия сегмента будет варьироваться в зависимости от математических инструментов, выбранных для описания геометрических параметров объектов и волн, формула (1), детализации физики процесса (уровень учета диссипации и др.) и от потребностей решаемой задачи.

Например, его можно записать через интегрирование потенциалов по поверхности сегмента приводя все составляющие к напряжениям (как альтернатива – к деформациям)

$$\forall B_i \left| \frac{d^2 \sigma_i}{dt^2} \int \frac{m_{i\alpha} |\vec{a}| f_1(\alpha, \lambda, \mu) \cos^2 \alpha}{E_\alpha} d\alpha = \sigma_{i-1} \int S_{(i-1)\beta} f_1(\alpha, \lambda, \mu) f_2(\alpha, \beta) \cos \alpha d\alpha - \sigma_i \int S_{(i)\beta} f_1(\alpha, \lambda, \mu) f_2(\alpha, \beta) \cos \alpha d\alpha - D \frac{|\vec{a}|}{E_\alpha} \frac{d\sigma_i}{dt} \right., \quad (3)$$

где σ_i – напряжения на поверхности стенки сегмента B_i , которые совпадают по направлению с распространением волны (α),

α – направление действия вектору \vec{a} , если описывать распространение волны как векторное пространство, $\vec{a} \in B_i$,

E – модуль упругости вещества,

$f_1(\alpha, \lambda, \mu)$ – функция распространения напряжений по поверхности сегмента,

$f_2(\alpha, \beta)$ – функция приведения потенциала напряжений от нормальных относительно положения стенки сегмента (β) к направлению действия вектора \vec{a} ,

D – функция диссипации, может учитывать различные процессы, связанные с рассеиванием энергии, в минимальном значении учитывает природу твердого тела (нетекучесть),

S_{i-1} – площадь контакта между смежными сегментами,

$$S_{i-1} = B_i \cap B_{i-1}, \quad (4)$$

m_i – масса, заключенная в пространстве сегмента B_i ,

$$m_i = \rho B_i. \quad (5)$$

Результатом такого расчета будут параметры процессов распространения волн в конструкциях в различные моменты времени и параметры процессов распространения напряжений и деформаций в любой точке пространственной сборки объектов в функции от времени. Причем последние показатели отвечают геометрии волнового процесса, который дает возможность получать не только их абсолютные значения, а и иметь информацию об изменении во времени, момент появления и стабилизации (или затухания). На рисунке 1 показан пример распространения волн напряжений в элементах железнодорожного пути на одном из временных шагов расчета от нагрузки в виде двух сосредоточенных сил.

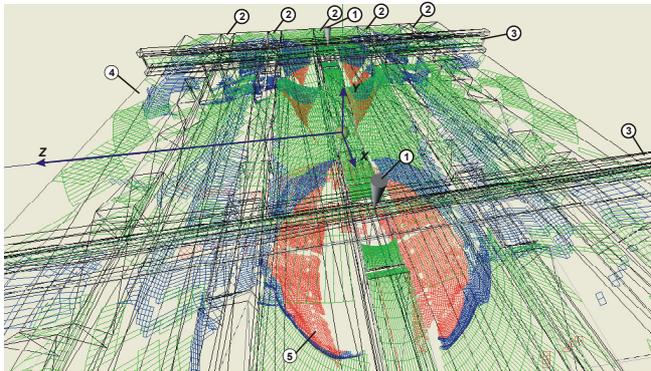


Рис. 1. Пример расположения фронтов волновых процессов в элементах железнодорожного пути, 1) приложенная сила, 2) шпалы, 3) рельсы, 4) балласт, 5) фронт распространения волны напряжений (красным – преобладание продольной составляющей «сжатие-растяжение», синим – преобладание поперечной составляющей (сдвиг), зеленым – поверхностная волна)

Рельс, шпалы

Отпадает потребность в таком условном параметре как приведенная масса. В волновой модели для каждого момента времени известен фронт распространения напряжений, поэтому в расчетах используется соответствующая масса, как рельса, так и других элементов пути в виде $m = f(t)$ – формула (5). Масса системы, которая принимает участие во взаимодействии, может использоваться как важная характеристика процессов передачи энергии и выполненной работы, что необходимо для решения задач надежности по определению усталостных напряжений и накопления деформаций.

Учитывая то, что в волновой модели в расчете учитывается действительное геометрическое очертание объекта, нет необходимости в использовании таких приведенных параметров как моменты инерции относительно любых направлений. Например, инерцией вращения рельса в большинстве задач вообще пренебрегают.

Модуль упругости подрельсового основания

Характеристика, которая широко используется в задачах взаимодействия пути и подвижного состава. От значения этого показателя значительно зависят результаты расчетов – и прогибы, и напряжения. На сегодня возникает много вопросов, как по правильной интерпретации этого параметра, так и по возможностям его натурного измерения [5]. Нужно различать модуль упругости в точке под рельсом (если считать, что рельс опирается на отдельные опоры) и модуль упругости по длине рельса (если считать, что рельс опирается на непрерывное упругое основание), а также разделять статический и динамический модуль упругости. Вопросы правильности учета и измерения модуля упругости прежде всего связаны со сложностью происходящего физического процесса. На модуль упругости подрельсового основания влияют свойства элементов пути: рельс, подкладка, шпала, балласт, земляное полотно и др. Его значение складывается из жесткости каждого из названных элементов, но не в равной мере, а с учетом их вклада в общую деформацию на данный момент действия. Именно степень их вклада будет существенно зависеть от динамики процесса. Понятно, что чем меньшую жесткость имеет материал, тем большая часть прогиба будет реализовываться именно за счет его деформации. Но деформации от нагрузки на рельс распространяются не мгновенно, и пока в процесс войдет наименее жесткий слой (земляное полотно) к взаимодействию (тоже постепенно во времени) будут уже привлеченные и другие элементы. Это послужит причиной изменения значения модуля упругости во времени. А если нагрузка действует короткое время (достаточно большая скорость движения), то значение модуля упругости может и не успеть войти в область, которая бы соответствовала состоянию уравновешенных деформаций всех слоев.

При применении волновой теории модуль упругости подрельсового основания как таковой вообще не используется. Связь между силами и деформациями осуществляется через коэффициенты передачи энергии (λ , μ). Таким образом, упругая деформация учитывается комплексно во всех направлениях, а не только вертикальная или в каждом направлении отдельно. Кроме того получается динамическое сопротивление, которое учитывает какие именно объекты, и даже которые их части, принимают участие во взаимодействии. Как следствие, результатом расчетов является не деформация объекта в целом, а ее распространение в теле объекта, с учетом его деления на сегменты – формула (2), что дает возможность получать не только осевые напряжения на поверхностях контакта объектов, а и в любой точке системы. Отдельно следует отметить, что волновая модель учитывает не только «прямое» распространение напряжений от приложенной нагрузки, а и отражение волн от поверхности контакта объектов с разными физическими

свойствами, что дает возможность аналитически получить адекватный инструмент формирования упругой динамической деформации.

Шпала-балласт

Если говорить об описании взаимодействия шпалы и балласта в волновой модели, нужно обратить внимание на некоторые особенности. В процессе перехода фронта напряжений от шпалы к балласту площадь их взаимодействия будет изменяться во времени (возрастать от точки до всей поверхности подошвы шпалы). Из первого момента такого взаимодействия напряжения начнут распространяться в толще балласта с разными скоростями в разных направлениях согласно коэффициентам передачи энергии (λ , μ) и условий уравнения (1). Но скорость их распространения по поверхности балласта будет существенно меньше скорости роста площади, по которой напряжения передаются от шпалы на балласт. Это приводит к появлению в балласте «воронки», для описания которой решение уравнения (1) должно приводиться в более общей форме в сравнении с классическим описанием распространения пространственной волны в виде двухосной сферы. Поэтому в приведенном примере его решения находились в форме векторного пространства. Пример фронта напряжений в балласте в виде такой «воронки» показан на рисунке 2. Для упрощения рисунка рассмотрена компоновка шпала-балласт под действием одиночной силы.

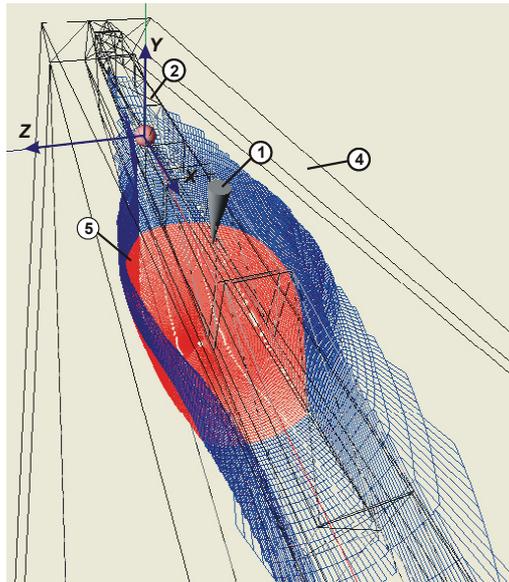


Рис. 2. Пример фронта волны при переходе из шпалы в балласт (условные обозначения аналогичны рис. 1)

Балласт

На сегодня появляются предложения принципиально новых моделей балласта, которые базируются на рассмотрении не сплошного тела, а взаимодействия множества отдельных объектов (вплоть до отдельных камней щебня). Но, не смотря на кажущуюся приближенность к физике процесса, и такие модели не дали ожидаемых результатов, что объясняется в первую очередь применением громоздкого математического аппарата с рядом предположений и невозможностью достаточного приближения исходных данных к действительному состоянию балласта. При применении волновой модели железнодорожного пути, балласт тоже можно считать сложным объектом для моделирования среди других элементов пути. Но волновая модель дает возможность, не изменяя общие принципы, использовать разную детализацию описания балласта в зависимости от решаемой задачи. Балласт может быть представлен как однородное (но уже не изотропное) тело или как набор тел составленных по длине и (или) по глубине с характеристиками, которые постепенно изменяются. Вообще нет принципиальных возражений и в рамках волновой модели составить слой балласта из отдельных щебенков, но не следует забывать, что по общим законам математического моделирования, чрезмерный рост объемов системы наоборот приведет к ухудшению ее адекватности.

Даже описание балласта как одного объекта в рамках волновой модели предоставляет существенные преимущества. Учет разных скоростей распространения волн в разных направлениях дает возможность усреднить локальные неоднородности среды с точностью, достаточной для большинства задач. Возможность представлять балласт как объединение нескольких объектов с разными характеристиками дает возможность описывать наличие просадок, выплесков и других неоднородностей существенной протяженности.

4. Выводы

1. Ранее разработанные модели для описания напряженно-деформированного состояния пути, с одной стороны являются обоснованным компромиссом между сложностью и возможностями решения определенных задач, но с другой – имеют четкие границы применимости.
2. На сегодняшний день все большей актуальности набирает ряд вопросов, которые не могут быть решены в рамках существующих расчетных методик, даже путем их усовершенствования, а нуждаются в использовании принципиально новых подходов. В качестве такого нововведения обосновано использование волновой теории распространения напряжений.

3. Разработана принципиально новая математическая модель напряженно-деформированного состояния пути, которая позволяет оценивать и прогнозировать поведение конструкций пути и его элементов с учетом влияния каждого объекта конструкции пути и каждого параметра самих объектов при различных влияниях подвижного состава. Применение волновой модели железнодорожного пути дает следующие преимущества: возможность задавать исходные данные и получать решение в полноценной пространственной системе; пропадает необходимость в использовании таких неоднозначных характеристик, как приведенная масса, модуль упругости подрельсового основания и т.п.; к системе прикладываются несколько сил, которые могут изменять во времени как значение, так и положение; результаты расчетов можно получать в зависимости от времени и координат; система может состоять из любого количества объектов, которые имеют разные характеристики, что дает возможность моделировать участок с разным состоянием и разной конструкцией.

Литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.: *Теоретическая физика*. Т. VII. Теория упругости. Москва, Наука, 1987, 248 с.
2. Овсянников А.С., Стариков В.А.: *Метод суперпозиции сингулярных решений в осимметрических задачах теории упругости*, Киев, Наук. Думка, 1989, 100 с.
3. Kolsky N.: *Stress Waves in Solids*, Oxford: 1953, 211 p., Рус. пер.: Н. Кольский, Волны напряжения в твердых телах, Москва, 1955, 192 с.
4. Бондаренко И.О., Курган Д.М.: *Застосування теорії розповсюдження пружних хвиль для вирішення задач напружено-деформаційного стану залізничної колії*, Зб. наук. пр. ДЕТУТ „Транспортні системи і технології”, Вип. 18, Київ, 2011, С. 14–18.
5. Бондаренко И.О., Курган Д.М., Патласов О.М., Савлук В.Є.: *Використання цифрової виміральної техніки для експериментальних досліджень взаємодії колії і рухомого складу*, Вісник ДНУЗТу № 37, Дніпропетровськ, 2011, С. 124–128.
6. Вострухов А.В.: *Динамика железнодорожного пути с учетом волн в грунте*. Автореферат дис. канд. физ.-мат. наук: 01.02.06. Нижний Новгород, 2001, 22 с.
7. Суворова Т.В.: *Динамическое взаимодействие систем полуограниченных и ограниченных деформируемых тел, моделирующих железнодорожный путь и объекты инфраструктуры*, Автореферат дис. д.ф.-м.н.: 01.02.04, Краснодар, 2004, 46 с.

Model odkształcenia stanu toru kolejowego w oparciu o teorię rozchodzenia się fal naprężeń

Strzeszczenie

Wprowadzenie: do rozwiązywania zagadnień dotyczących modelowania stanu toru kolejowego, ulegającego deformacjom pod wpływem działania naprężeń, zwykle wykorzystuje się określony zestaw metod fizyko-matematycznych. Jeśli dla taboru są to głównie układy oparte na równaniach Lagrange'a, to dla toru zasadniczo są to statyczne i kwazi-statyczne modele uzupełnione parametrami empirycznymi, ukierunkowane na określone zagadnienia brzegowe. Nie zawsze wystarcza to do rozwiązania współczesnych zagadnień dotyczących dużych prędkości ruchu i niezawodności eksploatacji toru kolejowego.

Cel pracy: utworzenie nowego modelu odkształcenia stanu toru kolejowego, wykorzystującego teorię rozchodzenia się fal naprężeń. **Wyniki:** na podstawie teorii rozchodzenia się fal, opisano geometrię propagacji naprężeń w warstwie materiałów. Równowaga dynamiczna jest osiągana przy uwzględnieniu przyspieszonej deformacji masy materiału w przestrzeni, pomiędzy różnymi poziomami potencjałów. Rezultatem są procesy rozchodzenia się naprężeń (deformacji) w układzie przestrzennym, z uwzględnieniem ich zmian w czasie. Wartości otrzymanej masy układu, który bierze udział we wzajemnym oddziaływaniu w danym momencie czasu, są wykorzystywane jako ważna charakterystyka procesów przekazania energii i wykonanej pracy, niezbędnych do rozwiązywania zagadnień niezawodności. Model falowy uwzględnia nie tylko samo rozchodzenie się naprężeń wywoływanych obciążeniem, lecz również odbicie się fal od powierzchni styku ośrodków z różnymi własnościami fizycznymi, co daje możliwość otrzymania metodami analitycznymi adekwatnego narzędzia kształtowania sprężystego odkształcenia dynamicznego. **Wnioski:** Modele matematyczne stosowane zwykle do opisanego odkształcenia stanu toru pod wpływem działania naprężeń, są z jednej strony uzasadnionym kompromisem pomiędzy złożonością a możliwościami dla określonych zadań, z drugiej strony zaś mają wyraźne granice zastosowania. Obecnie coraz bardziej istotne stają się liczne zagadnienia wymagające zastosowania zupełnie nowego podejścia, które podano jako uzasadnienie do wykorzystania teorii rozchodzenia się fal naprężeń. Na tej podstawie opracowano nowy model stanu toru odkształconego działaniem naprężeń.

Słowa kluczowe: tor kolejowy, naprężenia, deformacja, teoria falowa, fale sprężyste, niezawodność toru

Model the tension-deformed condition of permanent way on the basis of the wave theory for the distribution of stress

Summary

Introduction: for the solution of the tasks connected with modeling the tension-deformed condition of permanent way, a certain set of physical and mathematical methods is already traditionally used. If for a rolling stock it generally systems on the basis of the equations Lagrange, for a way is, as a rule, the static or quasistatic models added with empirical parameters, focused on certain regional tasks. Not always it is enough of it for the solution of the modern tasks connected with high speeds of movement and questions of reliability for work of a permanent way. **The purpose:** creation of essentially new model the tension-deformed condition of permanent way on the basis of the wave theory for the distribution of stress. **Results:** on the basis of the wave theory the geometry of distribution of tension which is used for drawing up the equations of drive of potentials of tension in the thickness of materials is described. Dynamic balance will be reached by the accounting of the accelerated deformation of weight of substance in space between different levels of potentials. Result are processes of distribution of tension (deformations) in spatial system taking into account their changes in time. Values of the received weight of system which takes part in interaction at present time, are used as the important characteristic of processes of transmission of energy and the performed work which are necessary for the solution of problems of reliability. The wave model considers on only direct distribution of tension from the enclosed loading, and reflection of waves from a surface of contact of objects with different physical properties that gives the chance to receive analytically the adequate instrument of formation of elastic dynamic deformation.

Conclusions: Mathematical models which habitually to apply to the description tension-deformed condition of railway, on the one hand is a reasonable compromise between complexity and opportunities for certain tasks, but with another – have a clear boundary of applicability. Today gathers the increasing relevance a number of questions which need use of essentially new approaches as which it is allowed to use justification the wave theory of distribution of stress. On this basis essentially new model the tension-deformed condition of permanent way is created.

Keywords: permanent way, tension, deformation, wave theory, stress wave, reliability of permanent way.