



XIV научна конференция с международно участие

ТРАНСПОРТ 2004

сборник доклади

11 - 12 ноември 2004
София



XIV НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНО УЧАСТИЕ



ТРАНСПОРТ 2004



сборник доклади

Висше транспортно училище
"Тодор Каблешков"

11 - 12 ноември 2004
София



МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПАРЕ КОЛЕСО - РЕЛЬС

Aleksander Śladkowski, Tomasz Kuminek

Силезский технологический университет, ul. Krasińskiego, 8, 40-019, Polska
sladk@polsl.katowice.pl

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрено контактное взаимодействие колес и рельсов с различными профилями рабочих поверхностей. Метод конечных элементов использовался для определения расположения контактных зон и распределений напряжений. Разработана новая методика, которая позволила уменьшить погрешность расчетов.

Ключови думи: Взаимодействие колесо - рельс, контактные напряжения, метод конечных элементов.

The contact interaction of a wheels and a rails with the various profiles of the working surfaces is considered in the article. The finite element method was used for a definition of an arrangement of the contact zones and the distributions of a stresses. The new technique which has allowed to reduce an error of the calculations is developed.

Ключови думи: Wheel – rail interaction, contact stresses, finite element method.

ВВЕДЕНИЕ

Метод конечных элементов является одним из наиболее эффективных способов решения задач механики деформируемого твердого тела, в том числе контактных задач. В книге [1] приведены основы МКЭ и решение некоторых простейших задач, связанных с механикой железнодорожного транспорта, в том числе с колесами. Анализ программного обеспечения, которое в настоящее время предлагается на рынке, показал, что существует устойчивая тенденция к объединению возможностей таких программ. Чаще всего это происходит путем приобретения более крупным разработчиком мелких компаний с программными кодами их разработок, которые в последующем включаются в программные средства основной компании. В этом процессе преуспела фирма MSC.Software, которая за последнее десятилетие приобрела

программные продукты MARC, ADAMS, Working Model и другие.

Моделирование контактного взаимодействия в паре колесо – рельс для реальных профилей взаимодействующих тел является достаточно сложной проблемой. Существует ряд методик, базирующихся на классических подходах. Их основным недостатком является принятие ряда существенных допущений, среди которых одним из важнейших является недопущение пластических деформаций взаимодействующих тел. Метод конечных элементов позволяет устранить этот недостаток. На кафедре рельсового транспорта Силезского технологического университета для таких расчетов используется пакет MSC.MARC, преимуществом которого является отсутствие дополнительных контактных элементов при построении математической модели.

При решении контактных задач с использованием МКЭ наиболее сложной проблемой

является генерация приемлемых КЭ сеток колеса и рельса. Проблема заключается в том, что использование встроенных генераторов КЭ сетки является неэффективным. Это объясняется тем, что при задании характеристического размера конечного элемента и последующей генерации соответствующей сетки возможны два варианта. Первый вариант имеет место в том случае, когда характеристический размер элемента соизмерим с размерами контактной зоны. Полученная в результате КЭ модель не позволяет решить контактную задачу с приемлемой точностью, не позволяет судить о влиянии профилей взаимодействующих колеса и рельса на распределение контактных напряжений. Второй вариант имеет место тогда, когда выбирается достаточно малая величина конечного элемента, но при этом создается КЭ сетка, размерность которой столь велика, что решение контактной задачи на персональном компьютере, а тем более исследование различных параметров контактного взаимодействия становится невозможным.

Оба описанных варианта являются неприемлемыми для решения контактных задач. На основе проведенных исследований предлагается новая методика, основанная на применении МКЭ.

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ КОНТАКТНЫХ ЗАДАЧ С ПРИМЕНЕНИЕМ МКЭ

В основу предложенной методики положен следующий алгоритм. Первоначально рассматриваются задачи деформирования колеса и рельса отдельно друг от друга под действием всей совокупности нагрузок, приложенных к ним. Среди таких внешних нагрузок одним из наиболее существенных факторов является термическое воздействие вследствие коллодного торможения колес.

В результате КЭ расчета рассматриваются выделенные приконтактные зоны. При этом наиболее интересующая информация – это величина перемещений узлов для таких зон.

Полученные распределения перемещений позволяют оценить, насколько перемещения остальной зоны колеса и рельса влияют на изменение относительного расположения контактных поверхностей, поскольку именно этот фактор в наибольшей степени влияет на распределение контактных напряжений. Анализ таких перемещений показывает, что для большинства видов нагружения деформирование зон колеса и рельса удаленных от области контакта влияет на контактное взаимо-

действие в очень малой степени и может не приниматься во внимание при изучении последнего. Тем не менее отдельные виды нагружения, например, боковое воздействие на рельс при ослаблении его крепления к шпале (разуклонка) или значительное термическое воздействие на колесо при торможении могут существенно изменять взаимное расположение контактирующих поверхностей, что приводит к существенному перераспределению контактных зон и, очевидно, контактных напряжений.

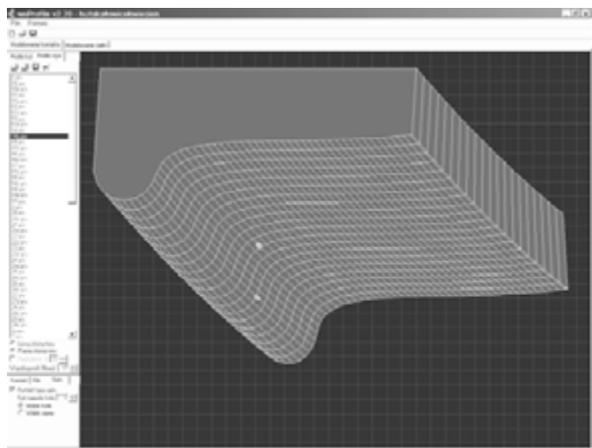
Первоначально отдельно рассматриваются полные модели колеса и рельса с редкими КЭ сетками, для которых решаются задачи нагружения всей совокупностью внешних нагрузок. Определяются перемещения на границах выделенных приконтактных областей, для которых затем решается задача контактного взаимодействия. Полученные ранее перемещения на границах указанных областей могут использоваться в качестве граничных условий. Тем не менее в большинстве случаев анализа контактного взаимодействия такими перемещениями следует пренебрегать, т.к. они влияют на распределение контактных напряжений в малой степени, но их учет ведет к существенному усложнению постановки задачи.

Далее для выделенных приконтактных областей колеса и рельса решается при помощи МКЭ контактная задача. Первоначально должна быть проведена генерация КЭ сеток. К таким сеткам предъявляются повышенные требования. В соответствии с работой [2] такие сетки должны быть согласованными. Ранее авторами было доказано, что несогласованность КЭ сеток может приводить к значительным погрешностям вычислений, которые могут быть более 30%. Это обозначает, что для при нагружении рассматриваемых областей силами и последующей деформации контактирующие узлы колеса и рельса должны образовывать контактные пары или быть близки друг к другу.

Для создания плоской КЭ модели была разработана программа wxProfile, которая позволила упростить процесс генерации согласованных КЭ сеток колеса и рельса в их поперечном сечении. Эта программа определяет положение колеса относительно рельса, а также проводит деление профилей на заданные отрезки определенной длины. Указанные отрезки выбираются таким образом, чтобы сгенерированная на их основе КЭ сетка имела бы согласованные контактные узлы, которые

после нагружения образовывали бы контактные пары. Окончательно программа wxProfile записывает выходной файл в формате FEMAP neutral, который легко обрабатывается программой MSC.Visual NASTRAN for Windows.

На фиг. 1 показан пример определения при помощи указанной программы исходных начальных точек контакта колеса и рельса. Рассматривается диалоговое окно программы, а в главном рабочем поле показано колесо, для которого определены начальные точки контакта. В частности, рассмотрен случай двухточечного (двухзонного) контакта при ненулевых углах набегания колеса. В данном случае имеет место забегание гребневой области контакта, что хорошо видно на приведенном рисунке.



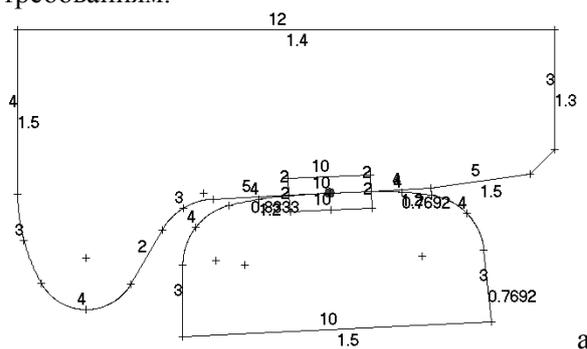
Фиг. 1

В указанной программе создается сначала плоская КЭ сетка для сечений колеса и рельса, которая затем преобразуется в пространственную. В дальнейшем подготовленная математическая модель экспортируется в программу MSC.MARC, где задаются граничные условия, формируются контактные тела и производится расчет напряженного состояния. Процесс подготовки согласованных КЭ сеток колеса и рельса показан на фиг. 2.

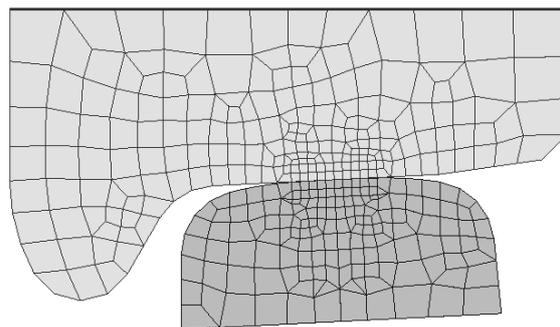
В частности, сначала создается геометрическая модель рассматриваемых областей колеса и рельса (фиг. 2а). Выделяются их приконтактные области. На границах области задается разбиение на элементы.

Указанное разбиение должно быть регулярным для приконтактных областей, обеспечивать согласование контактных узлов, а далее, вне приконтактных областей, размеры конечных элементов должны постепенно увеличиваться при отдалении от зоны контакта. На фиг. 2б изображен пример

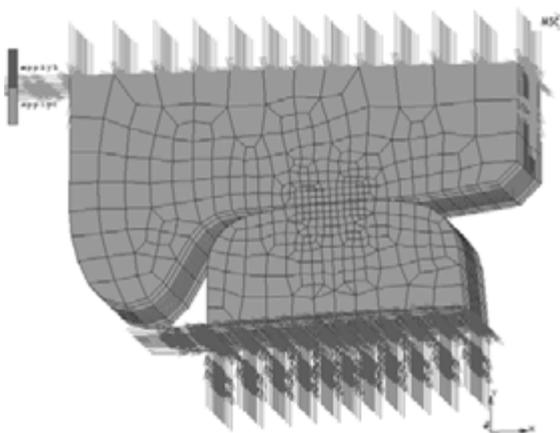
плоской КЭ сетки, отвечающей указанным требованиям.



а



б



с

Фиг. 2

Плоская КЭ сетка для сечений колеса и рельса затем преобразуется в пространственную. В дальнейшем подготовленная математическая модель экспортируется в программу MSC.MARC, где задаются граничные условия, формируются контактные тела и производится расчет напряженного состояния. Указанная процедура осуществляется так, как это показано на фиг. 2с, где в частности показано задание граничных условий для пространственной КЭ модели взаимодействия колеса и рельса.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ КОЛЕС И РЕЛЬСОВ НА РКР

На польских железных дорогах (РКР) используются колеса с профилями, выполнен-

ными согласно стандарта [3], а также рельсы, размеры которых соответствуют стандарту [4]. Очевидно, что в процессе эксплуатации колеса и рельсы подвержены износу. Разработанная методика позволяет учитывать профили изношенных поверхностей. Необходимо только такие профили задать при создании геометрической модели. Изношенные профили сканируются при помощи лазерных профиломеров продукции фирмы P.T.U GRAW (Гливице), которые позволяют записать информацию о профилях взаимодействующих поверхностей в виде удобном для дальнейшей численной обработки. В частности, на фиг. 3 показан процесс сканирования таких профилей на одном из участков железной дороги.

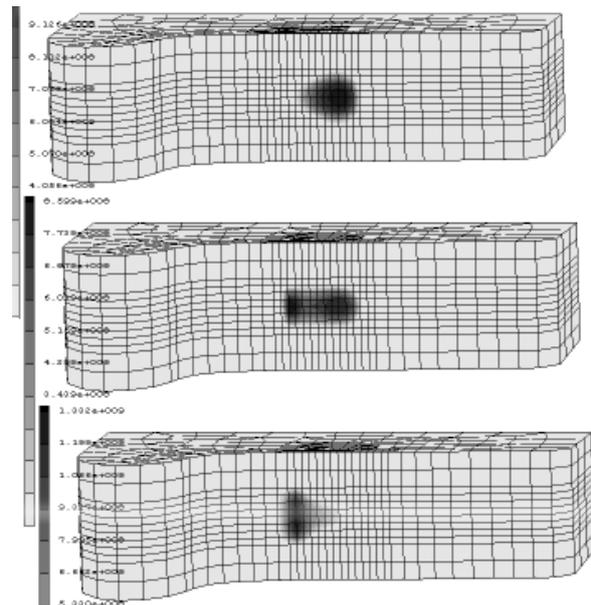


Фиг. 3

Проведенные исследования стали продолжением работы [5]. Рассмотрены были возможности моделирования контактного взаимодействия для различных относительных положений колеса и рельса, в том числе и для ненулевых углов набегания. В частности, на фиг. 4, в качестве примера показано распределение контактных напряжений для различных относительных положений колеса и рельса при поперечном смещении колесной пары относительно рельсовой колеи.

В заключение следует отметить, что разработанная методика оказалась достаточно эффективной и может служить для изучения контактного взаимодействия колес и рельсов, а также для создания новых профилей их поверхности катания. Очевидно, что в этом случае исследования следует дополнить анализом динамики движения экипажей при помо-

щи создания модели в какой-либо программе типа ADAMS, UM или MEDYNA.



Фиг. 4

Исследования проводились в соответствии с программой проекта KBN nr 5T12C 052 23.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Сладковский А.В., Ситаж М., Мартыненко Ю.П. Решение задач механики железнодорожного транспорта с помощью МКЭ. Днепропетровск: Новая идеология, 2002.
- [2] Śladkowski A., Kuminek T. Influence of the FE Discretization on Accuracy of Calculation of Contact Stress in a System Wheel – Rail. Proceedings 3rd Scientific Conference of Jan Perner Transport Faculty “New Trends in Transport and Communications”. Pardubice: University of Pardubice, 2003.
- [3] PN-92/K-91056. Tabor kolejowy. Zarys zewnętrzny obręczy i wieńców kół bezobrotowych zestawów kołowych. Warszawa: Wydawnictwa normalizacyjne „ALFA”, 1993.
- [4] PN-84/H-93421. Szyny normalnotorowe. Warszawa: Wydawnictwa normalizacyjne „ALFA”, 1992.
- [5] Сладковский А. К вопросу контактного взаимодействия колес и рельсов. Сборник научных трудов НГУ. Днепропетровск: Национальный горный университет. №19, т. 4, 2004.

СЕКЦИЯ ПЪРВА

“Технология, организация и
управление на транспорта, и логистика”

АПРОКСИМАЦИЯ НА ВЕРОЯТНОСТТА ОТ НЕУДОВЛЕТВОРЯВАНЕ ЗАЯВКИТЕ НА КЛИЕНТИТЕ С ТОВАРНИ ВАГОНИ.....	3
Тошо Качаунов, Златин Трендафилов	
CHOOSING THE OPTIMUM WAY OF ORGANISING RAILWAY TRAFFIC FOR MASS TRANSPORT PURPOSES.....	7
Dragutin Jovanovic, Boban Djorovic	
ИЗСЛЕДВАНЕ НЕРАВНОМЕРНОСТТА НА ПРЕВОЗИТЕ ПО ОСНОВНИ НАЗНАЧЕНИЯ.....	11
Тошо Качаунов, Христо Христов	
ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ВЛИЯНИЕТО НА ТЕХНИКАТА, ТЕХНОЛОГИИТЕ И СЪСТОЯНИЕТО НА ПРОИЗВОДСТВЕНИЯ ПЕРСОНАЛ ВЪРХУ ТЕНДЕНЦИИТЕ НА РАЗВИТИЕ НА ЖЕЛЕЗОПЪТНИТЕ ЕКСПЛОАТАЦИОННИ ПОДСИСТЕМИ.....	19
Димитър Стойков	
РЕФОРМИРОВАНИЕ НЕМЕЦКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ.....	25
Thomas Berndt, Сергей Власеню	
ОБУЧАВАЩА СИСТЕМА ЗА ОРГАНИЗИРАНЕ НА ВЛАКОВОТО ДВИЖЕНИЕ В ЖП УЧАСТЪК.....	31
Теодор Беров, Златин Трендафилов	
MARKETING IN TRANSPORT SYSTEM OF RUSSIA AND MANAGEMENT OF IT.....	35
V.K.Sobol, I.V.Skopina, Y.O.Baklanova	
FREIGHT OPERATIONS BY CP THE PORTUGUESE RAIL OPERATOR.....	43
Marin Marinov	
ВЛИЯНИЕ НА УЧАСТЪКОВАТА СКОРОСТ ВЪРХУ ВРЕМЕТО ЗА ПЪТУВАНЕ В СИСТЕМАТА “ОБЩЕСТВЕН ПЪТНИЧЕСКИ ТРАНСПОРТ”.....	47
Николина Драгнева	
INTERMODAL TRANSPORT AND EUROPEAN TRANSPORT SYSTEM INTERMODAL TRANSPORT AND EUROPEAN TRANSPORT SYSTEM.....	51
Vlastislav Mojzis, Tatiana Molkova	
TRANSPORT AND MODERNIZATION OF BULGARIAN SOCIETY.....	55
Anna Dzhaleva-Chonkova, Vladimir Doulov	
ПРОГНОЗИРАНЕ И СЕГМЕНТИРАНЕ НА ПАЗАРА НА ПЪТНИЧЕСКИТЕ ПРЕВОЗИ.....	59
Кирил Карагъзов, Владимир Рангелов	
УСЪВЪРШЕНСТВАНЕ УПРАВЛЕНИЕТО НА ОБСЛУЖВАНЕТО НА МАРШРУТНИТЕ ЛИНИИ НА ГРАДСКИЯ ТРАНСПОРТ.....	65
Борис Галев	

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА РАЗШИРЯВАНЕ УЧАСТИЕТО НА ЖЕЛЕЗОПЪТНИЯ ТРАНСПОРТ ПРИ ТРАНЗИТНИТЕ ТОВАРНИ ПРЕВОЗИ.....	69
--	----

Нойко Кутев, Борис Галев

ОЦЕНКА НА НЕОБХОДИМАТА ПРОПУСКАТЕЛНА СПОСОБНОСТ НА ПЪТНИЧЕСКИЯ ТЕРМИНАЛ НА ЛЕТИЩЕ ВАРНА.....	73
---	----

Тонко Петков

ОЦЕНКА НА НЕОБХОДИМАТА ПРОПУСКАТЕЛНА СПОСОБНОСТ НА ПЪТНИЧЕСКИЯ ТЕРМИНАЛ НА ЛЕТИЩЕ БУРГАС.....	79
--	----

Тонко Петков

ОТКРИВАНЕ НА ТРАНСПОРТНИ СРЕДСТВА ПО НЯКОИ ХАРАКТЕРНИ ПРИЗНАЦИ.....	85
---	----

Иван Димитров

A CONCEPTUAL FRAMEWORK OF SYSTEMS TO BRING TOGETHER THE OPERATIONS AND MAINTENANCE OF THE RAILWAY TO BENEFIT THE CUSTOMER.....	89
---	----

Howard Pack

СЕКЦИЯ ВТОРА

“Транспортна инфраструктура”

RAILWAYS BRIDGE EVALUATION AND RECONSTRUCTION.....	99
--	----

Ján Vujňák, Josef Vičan

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ КОРИДОРЫ СЛОВАЦКОЙ РЕСПУБЛИКИ.....	103
--	-----

Ладислав Новак

НОРМАТИВНИ НАТОВАРВАНИЯ ВЪРХУ ЖЕЛЕЗНИЯ ПЪТ И СЪОРЪЖЕНИЯТА.....	107
--	-----

Стойо Тодоров

ТЕХНИЧЕСКИ ДОПУСКИ ЗА МЕЖДУРЕЛСИЕТО НА ЖЕЛЕЗНИЯ ПЪТ.....	113
--	-----

Стойо Тодоров

БЕЗБАЛАСТОВ ПЪТ В ЖП ТУНЕЛИ - ПРЕДИМСТВА И НЕДОСТАТЪЦИ НА СЪЩЕСТВУВАЩИТЕ КОНСТРУКЦИИ.....	117
--	-----

Коста Костов, Борис Иванов, Румен Иванов

СТАТИЧЕСКО ИЗСЛЕДВАНЕ НА СТОМАНОБЕТОННИ КОНСТРУКЦИИ С ОТЧИТАНЕ ДЕЙСТВИТЕЛНИТЕ КОРАВНИ НА ЕЛЕМЕНТИТЕ.....	121
---	-----

Димитър Хубчев

ЗА ОСНОВНИТЕ РЕЗУЛТАТИ ОТ СИМУЛАЦИОННИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА НАРУШЕНИЯТА ПО ТЕХНОЛОГИЧНИТЕ ТРАСЕТА НА РУДНИК “АСАРЕЛ” ПРИ ОДИТА НА РУДНИЧНАТА ПЪТНА МРЕЖА ПРЕЗ 2003 г.....	127
---	-----

Атанас Смилянков, Тодор Петров, Иван Марков, Димитър Христанов, Венцислав Баликов

МОДЕЛ ЗА ПЛАНИРАНЕ НА ОПТИМАЛЕН РЕД НА РЕМОНТИТЕ НА АВТОПЪТИЩАТА ОТ РУДНИЧНАТА ПЪТНА МРЕЖА.....	133
--	-----

Атанас Смилянков, Георги Трапов, Иван Марков, Димитър Христанов, Венцислав Баликов

ЧЕТИРИНАДЕСЕТА МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ

ПРЕПОРЪКИ ЗА ПРИБЛИЗИТЕЛНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕНАТА МОЩНОСТ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧНО ПРОЕКТИРАНЕ НА БЕТОНО-СМЕСИТЕЛНИ ЦЕХОВЕ.....	137
Христо Бояджиев	
ГЕОМЕХАНИЧНА ОЦЕНКА ПРИ СТРОИТЕЛСТВОТО НА ТУНЕЛ В МЕКИ СКАЛИ.....	141
Емил Андонов	
СТРУКТУРА НА ИНФОРМАЦИОННА СИСТЕМА ЗА ПЛАНИРАНЕ НА ЗАЩИТАТА НА ИНФРАСТРУКТУРНИ ОБЕКТИ.....	145
Иван Димитров	
ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА РЕЦИКЛИРАНЕ НА СТРОИТЕЛНИ ОТПАДЪЦИ НА ТЕРИТОРИЯТА НА РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ И ЕКОЛОГИЧНИТЕ АСПЕКТИ НА РАЗВИТИЕТО НА ТАЗИ ДЕЙНОСТ.....	149
М. Лепоев	
STRENGTHENING SEISMIC STABILITY OF THE REIN FORCED CONCRETE BRIDGES.....	155
Fantina Rangelova	
FRP COMPOSITE MATERIALS КАТО СЪВРЕМЕНО РЕШЕНИЕ В УСИЛВАНЕТО И ВЪЗСТАНОВЯВАНЕТО НА ТРАНСПОРТНИТЕ СЪОРЪЖЕНИЯ.....	159
Fantina Rangelova	
ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ОТНОСИТЕЛНИТЕ РЕЗУЛТАТНИ СИЛИ С ПОМОЩТА НА ПЕРСОНАЛНИ КОМПЮТРИ.....	163
Майя Иванова, Евгения Георгиева	
ИЗИСКВАНИЯ КЪМ НОРМАТИВНАТА БАЗА НА ИНФРАСТРУКТУРАТА ПРИ НЕКОНВЕНЦИАЛЕН ПОДВИЖЕН СЪСТАВ.....	167
Майя Иванова	
МЕТОДИЧЕСКИ УКАЗАНИЯ ЗА ПРЕДПРОЕКТНИ ПРОУЧВАНИЯ И СЪСТАВЯНЕ НА ПРОЕКТНАТА ДОКУМЕНТАЦИЯ ПРИ РЕМОНТНО - ВЪЗСТАНОВИТЕЛНИ РАБОТИ НА ЖИЛИЩНИ И ОБЩЕСТВЕНИ СГРАДИ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА ЕНЕРГИЙНИТЕ ИМ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	171
Александър Димитров, Янко Александров, Валентин Недев	
СТЪПКОВА МИНИМИЗАЦИЯ НА РАЗМЕРИТЕ НА ПРОЗОРЦИТЕ ПРИ САНИРАНЕ НА ЖИЛИЩНИ И ОБЩЕСТВЕНИ СГРАДИ.....	177
Александър Димитров, Валентин Недев	
СТРОИТЕЛСТВО НА ТУНЕЛИ ПО ЩИТОВ НАЧИН.....	183
Юлиан Тотев	
ОСВЕТЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТНИТЕ ТУНЕЛИ.....	189
Юлиан Тотев	
КОМБИНИРАНЕ НА ИЗМЕРВАНИЯ ОТ GPS И ТОТАЛНА СТАНЦИЯ ЗА ЦЕЛИТЕ НА ГЕОДЕЗИЧЕСКОТО ОСИГУРЯВАНЕ НА ЖЕЛЕЗНИЯ ПЪТ.....	193
Румен Иванов, Руско Вълков	
МИКРОТВЪРДОСТНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА РАЗЛИЧНИ СЪСТАВИ ДРЕБНОЗЪРНЕСТИ ШЛАКОБЕТОНИ.....	197
Галина Замфинова, Виолета Петкова, Валентин Гайдаров	

ЧЕТИРИНАДЕСЕТА МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ

СЕКЦИЯ ТРЕТА

“Механика и математика”

ИЗСЛЕДВАНЕ НА УСУКВАНЕ НА ТЪНКСТЕННИ КОНСТРУКТИВНИ ЕЛЕМЕНТИ С НЕКРЪГОВО НАПРЕЧНО СЕЧЕНИЕ.....	205
Светлана Лилкова-Маркова, Димитър Лолов, Димитрина Киндова	
ОПИТНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА КОЕФИЦИЕНТ НА ТРИЕНЕ ПРИ ТЕФЛОНОВИ И ГРАФИТНИ ЛАГЕРИ.....	211
Тотю Даалов	
ЛАБОРАТОРНИ УПРАЖНЕНИЯ ПО ТММ ЗА ГЪРБИЧНИ МЕХАНИЗМИ ВЪВ ВИРТУАЛНА СРЕДА.....	213
Добри Патъов, Валентин Недев	
ПРЕДАВАТЕЛНИ ФУНКЦИИ НА МЕХАНИЗМИ С ПЛЪЗГАЧ НА ВХОДА И ЦЕНТРАЛНО ЛАГЕРУВАНА РОЛКА НА ИЗХОДА.....	215
Илия Андонов	
КОМБИНАТОРНИ ТЪЖДЕСТВА.....	219
Драго Михалев	
ПРИЛОЖЕНИЕ НА ПАКЕТА “МАТЕМАТИКА” ЗА ОБОБЩЕНИЕ НА ГЕОМЕТРИЧНА ЗАДАЧА.....	223
Драго Михалев, Емил Иванов	
НЯКОИ ОПЕРАЦИИ ВЪРХУ КОДОВИ ПОЛИНОМИ.....	229
Емил Иванов	

СЕКЦИЯ ЧЕТВЪРТА

“Транспортна техника”

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПАРЕ КОЛЕСО-РЕЛЪС.....	237
Aleksander Sladkowski, Tomasz Kuminek	
STATISTICAL ANALYSIS OFFREIGHT WAGON SPRINGS STRESSES.....	241
Dragan Petrović, Zlatan Šoškić, Nebojša Bogojević, Ranko Rakanović	
AN EXTENSION TO TORQUE RIGIDITY TEST METHODOLOGY.....	245
Nebojša Bogojević, Zlatan Šoškić, Dragan Petrović, Ranko Rakanović	
ВИСОКОСКОРОСТНИ ПЪТНИЧЕСКИ ВАГОНИ ОТ ПАРКА НА ЮЖ.....	249
Владимир Александров	
ТЕХНОЛОГИЧНИ СХЕМИ ЗА ОБСЛУЖВАНЕ И РЕМОНТ НА ВАГОННИ КОЛООСИ.....	257
Владимир Александров	
A STOCHASTIC METHOD FOR MODELLING OF DYNAMICS BEHAVIOUR OF RANDOM EXCITED STRUCTURES	265
Bohus Leitner, Alexei Chovanec	