

## НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ “ХПІ”

Збірник наукових праць.

Тематичний випуск

22'2012

## “МАШИНОЗНАВСТВО ТА САПР”

Видання засновано Національним технічним університетом  
“Харківський політехнічний інститут” у 2001 році

## КООРДИНАЦІЙНА РАДА:

## Голова

Л.Л.Товажнянський, д-р техн. наук, проф.

## Секретар координаційної ради

К.О.Горбунов, канд. техн. наук, доц.

А.П. Марченко, д-р техн. наук, проф.;

Є.І. Сокол, д-р техн. наук, проф.;

Є.С. Александров, д-р техн. наук, проф.;

А.В. Бойко, д-р техн. наук, проф.;

Ф.Ф. Гладкий, д-р техн. наук, проф.;

М.Д. Годлевський, д-р техн. наук, проф.;

А.І. Грабчєнко, д-р техн. наук, проф.;

В.Г. Данько, д-р техн. наук, проф.;

В.Д. Дмитриєнко, д-р техн. наук, проф.;

І.Ф. Домнін, д-р техн. наук, проф.;

В.В. Єпіфанов, канд. техн. наук, проф.;

Ю.І. Зайцев, канд. техн. наук, проф.;

П.О. Качанов, д-р техн. наук, проф.;

В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.;

С.І. Кондрашов, д-р техн. наук, проф.;

В.М. Кошельник, д-р техн. наук, проф.;

В.І. Кравченко, д-р техн. наук, проф.;

Г.В. Лісачук, д-р техн. наук, проф.;

В.С. Лупіков, д-р техн. наук, проф.;

О.К. Морачковський, д-р техн. наук, проф.;

В.І. Ніколаєнко, канд. іст. наук, проф.;

П.Г. Перерва, д-р екон. наук, проф.;

В.А. Пуляєв, д-р техн. наук, проф.;

М.І. Рищенко, д-р техн. наук, проф.;

В.Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.;

Г.М. Сучков, д-р техн. наук, проф.;

Ю.В. Тимофєєв, д-р техн. наук, проф.;

М.А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.

## Держвидання

Свідоцтво Держкомітета по інформаційній політиці України КВ №  
5256 від 2 липня 2001 року

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

## Відповідальний редактор:

М.А. Ткачук, д-р техн. наук., проф.

## Відповідальний секретар:

Г.В. Ткачук, канд. техн. наук, ст.н.с.

Є.С. Александров, д-р техн. наук, проф.;

В.С. Гапонов, д-р техн. наук, проф.;

А.В. Грабовський, канд. техн. наук, доц.;

Г.М. Жолткевич, д-р техн. наук, проф.;

А.О. Зарубіна, канд. техн. наук, проф.;

Г.І. Львов, д-р техн. наук, проф.;

А.Д. Чепурний, д-р техн. наук, проф.

Адреса редколегії: 61002, Харків,  
вул. Фрунзе, 21. НТУ “ХПІ”.Каф. ТММіСАПР,  
тел. (057) 7076-902.

Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Машинознавство та САПР. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2012. – № 22. – 198 с.

У збірнику представлені результати досліджень кінематики, динаміки, напружено-деформованого стану елементів сучасних машин, а також методи, моделі та системи їх автоматизованого проектування. Для викладачів, наукових співробітників, спеціалістів.

В сборнике представлены результаты исследований кинематики, динамики, напряженно-деформированного состояния элементов современных машин, а также методы, модели и системы их автоматизированного проектирования. Для преподавателей, научных сотрудников, специалистов.

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ “ХПІ”.  
Протокол № 4 від 17 квітня 2012 р.

Рис. 21. Коэффициент перекрытия односторонней эвольвентной передачи с выпукло-вогнутым и вогнуто-выпуклым контактом

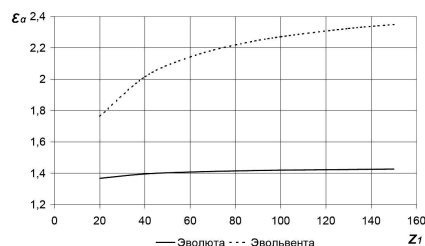


Рис. 23. Коэффициент перекрытия двусторонней эвольвентной передачи и аналогичной эвольвентной (угол зацепления в полюсе  $\alpha = 15^\circ$ ,  $u = 2$ )

С изменением передаточного числа  $u$   $\varepsilon_\alpha$  меняется незначительно, что позволяет использовать односторонние передачи во всем диапазоне  $u$ . Из графиков на рис. 23, 24 видно, что коэффициент перекрытия двустороннего зацепления находится в пределах  $\varepsilon_\alpha > 1$ .

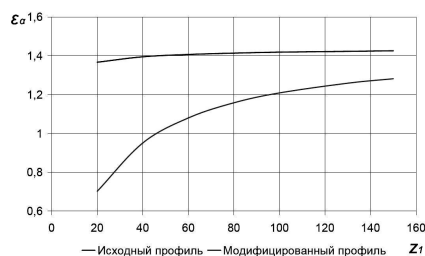


Рис. 25. Коэффициент перекрытия двусторонней эвольвентной передачи с исходной и модифицированной рейкой

Анализируя рис. 25, можно заключить, что предлагаемый в работе [6] вариант модификации исходного профиля приводит к неработоспособности передачи, т.к. для ее реализации необходимо, чтобы коэффициент перекрытия был больше 2. Однако двусторонняя эвольвентная передача может работать и без этой модификации.

**Выводы.** Разработка и исследование эвольвентных зубчатых передач является перспективной научно-практической задачей, так как позволяет улучшить массогабаритные характеристики зубчатых приводов.

1. На основе метода профильных нормалей получены в общем виде уравнения и построены рабочие профили эвольвентных зубьев и переходные кривые. Они служат основой для построения геометрических и конечно-элементных моделей с целью исследования прочностных показателей зацепления.

2. По имеющимся уравнениям активного профиля зуба эвольвентной передачи была определена кривизна зубьев шестерни и колеса.

3. Анализ совместного графика кривизн зубьев шестерни и колеса показы-

Рис. 22. Коэффициент перекрытия односторонней эвольвентной передачи при различных передаточных числах

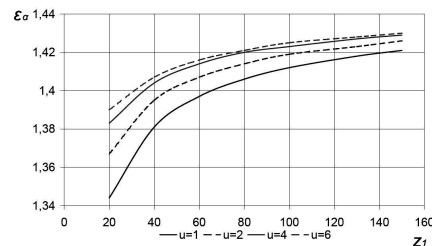


Рис. 24. Коэффициент перекрытия двусторонней эвольвентной передачи при различных передаточных числах

Также данный тип зацепления можно применять для широкого диапазона передаточных чисел, но, несмотря на малый угол зацепления в полюсе  $\alpha = 15^\circ$ ,  $\varepsilon_\alpha < 1,5$ .

Анализируя рис. 25, можно заключить, что предлагаемый в работе [6] вариант

дает ДВК в приполосной зоне, наличие которого предусматривала теория эвольвентного зацепления. Дальнейшие исследования выявили параметры, влияющие на величину этой зоны.

4. Рассчитаны контактные напряжения при перемещении точки приложения нагрузки по высоте зуба и проведен сравнительный анализ эвольвентного зацепления с аналогичным эвольвентным.

5. Разработана методика определения коэффициента перекрытия в эвольвентном зацеплении. Анализ результатов расчета показал неприменимость некоторых типов исходных контуров и параметров передач, а также невозможность провести модификацию исходного контура для двусторонних передач с целью избавления от ДВК в приполосной зоне.

**Список литературы:** 1. Павлов А.И. Современная теория зубчатых зацеплений. – Харьков: ХНАДУ, 2005. – 100с. 2. Павлов А.И. Эвольвентное зацепление и его характеристики // Вестник НТУ "ХПИ". – Харьков, 2003. – Вып.5. – С.103-106. 3. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. М.: Наука. – 1968. – 584с. 4. Протасов Р.В., Устиненко А.В. Построение рабочих профилей зубьев эвольвентных передач // Вестник НТУ "ХПИ": Тем. вып. Машиноведение и САПР. – Харьков, 2010. – №19. – С.124–128. 5. Протасов Р.В., Устиненко А.В. Построение переходной кривой зубьев эвольвентных передач // Вестник НТУ "ХПИ". Тем. вып. Проблемы механического привода. – Харьков, 2010. – №27. – С.148–153. 6. Протасов Р.В. Исследование приведенного радиуса кривизны в эвольвентных передачах // Вестник НТУ "ХПИ". Тем. вып. Машиноведение и САПР. – Харьков, 2010. – №1. – С.37–43. 7. Протасов Р.В., Устиненко А.В. Исследование приведенного радиуса кривизны и контактных напряжений в односторонних непарных эвольвентных передачах // Вестник СевНТУ. Тем. вып. Механика, энергетика, экология. – Севастополь, 2011. – №120. – С.64–69. 8. Протасов Р.В., Устиненко А.В. Исследование коэффициента перекрытия эвольвентных передач // Вестник НТУ "ХПИ". Тем. вып. Проблемы механического привода. – Харьков, 2011. – №29. – С.154–164.

Поступила в редакцию 17.02.2012

УДК 539.3

**А.Н. ТКАЧУК**, канд. техн. наук, университет Штутгарта, Германия;  
**О.А. ИЩЕНКО**, ст. преподаватель каф. высш. мат-ки, Гос. Таврический агротехнолог. ун-т, Мелитополь;  
**А.В. ТКАЧУК**, канд. техн. наук, с. н. с., ст. научн. сотр. каф. ЭИКТ НТУ „ХПИ”, Харьков

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СОПРЯЖЕННЫХ ТЕЛ

Для визначення контактних зон та розподілу контактної тиску при взаємодії пружних тіл розроблена методика експериментальних досліджень із застосуванням чутливих до тиску плівки для випадку контакту призматичного тіла із тонколистовим матеріалом. Наведені контактні відбитки, зафіксовані за різних умов контактної взаємодії.

Для определения контактных зон и распределения контактных давлений при взаимодействии упругих тел разработана методика экспериментальных исследований с применением чувствительных к давлению пленок для случая контакта призматического тела с тонколистовым материалом. Приведены контактные отпечатки, зафиксированные при разных условиях контактного взаимодействия.

A methodology of experimental researches is worked out for determination of contact zones and contact pressure distribution at interaction of flexible bodies with application of sensible to pressure tapes for the case of contact of prismatic body with thin-sheet material. The contact imprints are presented, which are fixed at different conditions of contact interaction.

**Введение.** При исследовании контактного взаимодействия упругих тел широко применяются различные аналитические и численные методы [1-12]. Для обоснования адекватности и точности математических и численных моделей, а также получаемых при их использовании результатов требуется ряд экспериментальных исследований. Основное внимание в ходе данных расчетно-экспериментальных исследований предлагается сосредоточить на проверке адекватности моделей и точности результатов определения контактных зон и контактных давлений, а также тенденции их изменения в зависимости от различных параметров. Поскольку в решенных задачах о контактном взаимодействии существенными являются многие факторы, то объем требуемых экспериментальных исследований может быть очень большим. Однако в данном случае, как и в ряде других, можно частично опереться на экспериментальные данные, полученные ранее другими исследователями, что сокращает объем экспериментальных исследований. В работе в качестве примера проведено экспериментальные исследования изменения распределения контактных давлений при варьировании свойств тонкостенных элементов машиностроительных конструкций на примере изгиба полосы материала (стержня с широким поперечным сечением) под действием силы, передаваемой посредством жесткой призмы.

*Цель работы* – разработка и реализация методики определения контактных зон и давлений в сопряжении упругих тел при помощи чувствительных пленок.

**Постановка задачи.** Подробный анализ распределений контактных давлений в сопряжении упругих тел достаточно сложен. Особенно это сложно для случаев контакта жестких бандажей с оболочками или пластинами, для взаимодействия пуансонов с листовым материалом, базовых плит штампов с подштамповой плитой, при анализе контакта элементов штампов, пресс-форм и т.д. В связи с этим большое значение приобретают некоторые частные задачи, которые являются модельными для большого количества случаев, во многом типичными по схемам и условиям контакта. В частности, такой задачей является анализ влияния жесткости, вызванной, например, шероховатостью контактной поверхности, и ширины приложения нагрузки (габариты более жесткого тела) на локализацию контактных зон и давлений. Это обусловлено труднодоступностью зоны возможного контактного взаимодействия для измерений. В связи с этим было предложено провести качественный анализ зависимости контактных зон и давлений на примере изгиба стержня. Поэтому в качестве примера был исследован стержень 1, нагружаемый на участке  $2a =$

$= 60$  мм накладкой 3, опирающейся на упругий слой 2 (рис. 1).

**Методика измерений.** Давление фиксируется чувствительной пленкой фирмы Fujitsu. Длина стального стержня – 100 мм, ширина – 20 мм, толщина 2 мм, толщина упругого резинового слоя – 1,5 мм.

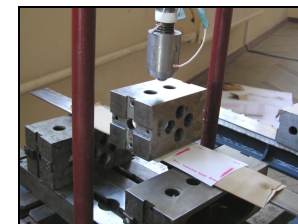
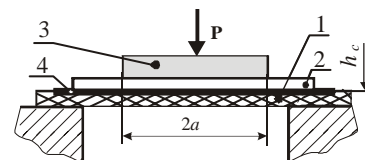


Рис. 1. Измерение контактного давления между жесткой накладкой и стержнем: схема и реализация

На рис. 2 представлены установка и рабочие моменты испытаний. Нагрузочный стенд оснащен винтовым нагрузителем, на основной стержень которого наклеены тензодатчики. Тензодатчики подключены к измерителю статических деформаций ИСД-3, показания которого протарированы по образцовому пружинному динамометру.



Рис. 2. Экспериментальная установка и рабочие моменты испытаний

Это дает возможность фиксировать в ходе эксперимента величину прижимного усилия при помощи компактного измерительного прибора.

**Результаты измерений.** Примеры полученных в ходе экспериментов контактных отпечатков представлены на рис. 3 (варианты 1 и 2 соответствуют прямому и перевернутому положению стержня) и рис. 4. Визуальный качественный анализ полученных отпечатков свидетельствует о соответствии предсказываемому характеру распределения контакта в сопряжении жесткого тела с тонкостенным элементом [12]: с ростом усилий прижатия происходит перераспределение зон контакта-отрыва – контактные напряжения смещаются к внешним краям жесткого тела, а сама контактная зона разделяется на две несвязанные полосы; при увеличении толщины мягкого слоя между стержнем и жестким телом распределение контактных давлений становится более равномерным, сглаженным.

Уже такой первичный анализ демонстрирует, что характер изменения решения соответствует описанному в ряде работ [1-12].

**Анализ результатов.** В процессе проведения эксперимента выявились,

кроме положительных, также и негативные моменты.

Во-первых, не удалось получить картины распределения контактных давлений для стержня на упругом основании, поскольку имеющаяся в распоряжении контактная пленка не обеспечивала необходимый предел измерений (усилия и давления в этом случае существенно растут).

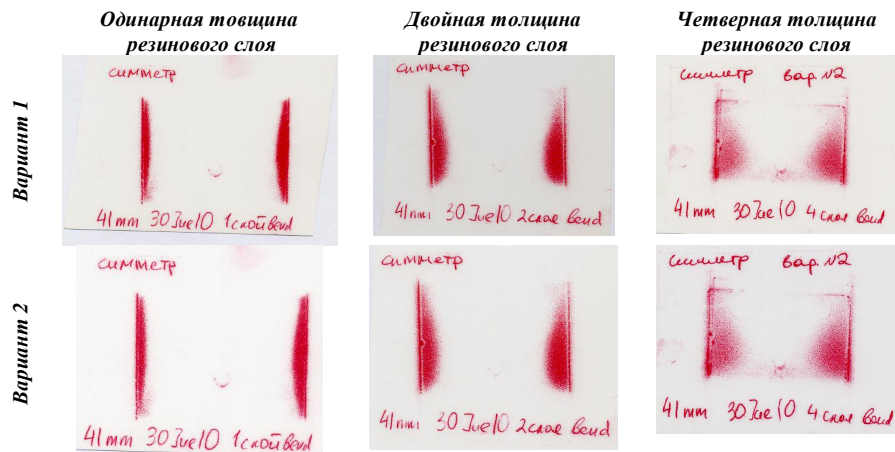


Рис. 3. Примеры контактных отпечатков в сопряжении „накладка – стержень” при варьировании податливости резинового слоя

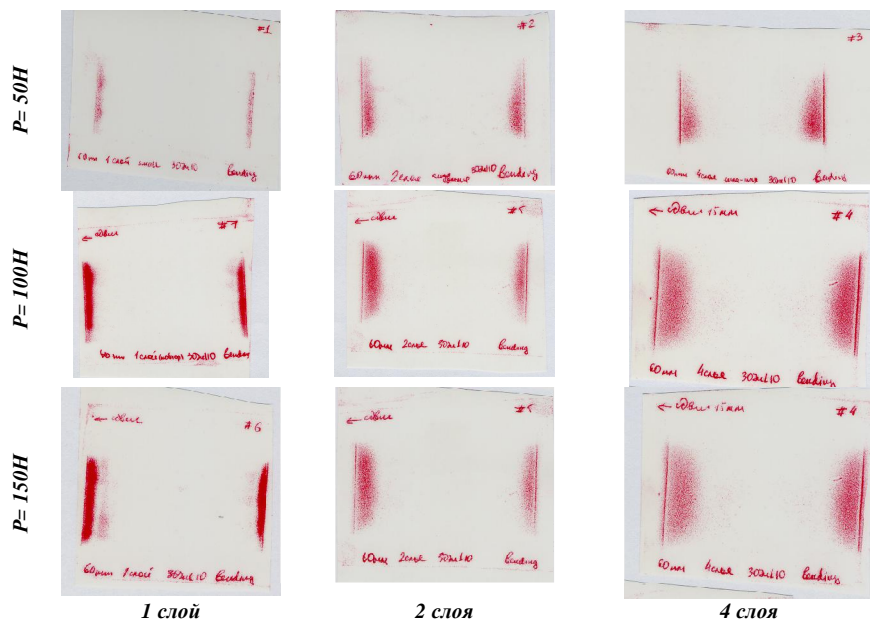


Рис. 4. Примеры контактных отпечатков в сопряжении „накладка – стержень” при варьировании податливости резинового слоя и усилия прижатия жесткой призмы  $P$

Во-вторых, в силу большой ширины стержня фактически речь идет об изгибе полосы, и распределение контактных давлений по ширине стержня оказалось существенно неравномерным.

В то же время резкого качественного изменения интегральных картин и тенденций изменения решений не происходит.

Таким образом, представленные результаты в целом подтверждают тенденцию изменения распределений контактных давлений при изменении жесткости упругого слоя (см. рис. 3, 4). При ужесточении слоя 2 переходим от случая „центральный контакт + кромочный” к случаю „кромочный контакт”. При этом, чем выше жесткость слоя, тем выше контактные давления в зоне кромки. Тем самым подтверждено качественное соответствие результатов численных и экспериментальных исследований изменения распределения контактных давлений в контакте стержня с упругим слоем с жесткой накладкой при варьировании свойств упругого слоя и усилия прижатия жесткого тела.

В дальнейшем планируется применить предложенную методику экспериментальных исследований для определения контактных зон и давлений в сопряжениях различных элементов машиностроительных конструкций.

**Список литературы:** 1. Ткачук А.Н. Специализированная система анализа и синтеза и расчетно-экспериментальное исследование элементов пресс-форм / И.Я. Храмцова, А.Н. Ткачук, Н.А. Ткачук [и др.] // Вісник НТУ „ХПІ”. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2005. – № 60. – С.151-178. 2. Ткачук А.Н. О влиянии кинематических гипотез на характер контактного взаимодействия цилиндрической оболочки с бандажом / Г.И. Львов, А.Н. Ткачук // Вісник НТУ „ХПІ”. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2006. – № 32. – С.98-104. 3. Ткачук А.Н. Численное решение тестовых термоупругих контактных задач для элементов пресс-форм / А.Н. Ткачук // Вісник НТУ „ХПІ”. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2008. – № 9. – С.118-124. 4. Ткачук А.Н. Методы, алгоритмы и модели для исследования физико-механических процессов при изготовлении деталей литьем / Н.А.Ткачук, А.Н.Ткачук, В.А. Заболотских [и др.] // Вісник НТУ „ХПІ”. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2009. – № 12. – С.129-148. 5. Ткачук А.Н. Термоупругий осесимметричный конечный элемент для решения контактных задач цилиндрических оболочек / А.Н. Ткачук // Механіка та машинобудування. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2009. – № 1. – С.157-163. 6. Ткачук А.Н. Элементы разделительных штампов: методы и модели для исследования напряженно-деформированного состояния / Н.А. Ткачук, А.Я. Мовшович, Ткачук А.Н. // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – М.: ООО „Тисо Принт”, 2009. – № 2. – С. 16-25. 7. Ткачук А.Н. Об аналитическом решении термоупругой контактной задачи о взаимодействии цилиндрической оболочки с бандажом / Г.И. Львов, А.Н. Ткачук // Вісник НТУ „ХПІ”. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2009. – № 30. – С.88-95. 8. Ткачук А.Н. Термоупругие контактные задачи для элементов штампов и пресс-форм / А.Н.Ткачук, И.Я.Мовшович, Н.А.Ткачук // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – М.: ООО „Тисо Принт”, 2009. – № 12. – С. 25-32. 9. Ткачук А.Н. Термоупругие контактные задачи для элементов штампов и пресс-форм / А.Н.Ткачук, И.Я.Мовшович, Н.А.Ткачук // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – М.: ООО „Тисо Принт”, 2009. – № 1. – С. 19-28. 10. Ткачук А.Н. К вопросу о контактом взаимодействии плоского штампа с полупространством / Н.Н. Ткачук, А.Н. Ткачук // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харків: УДАЗТ, 2010. – Вып. 3/9 (45). – С.50-53. 11. Tkachuk A.A contact-stabilized newmark method for coupled dynamical thermo-elastic problem / A. Tkachuk // Proceedings of the 3d International Conference on Nonlinear Dynamics. – 2010. – P. 497-500. 12. Ткачук А.Н. Методы анализа конструкционной прочности эле-

**Н.Н. ТКАЧУК**, канд. техн. наук, м. н. с. каф. „КГМ им. А.А. Морозова”  
НТУ „ХПИ”, Харьков;

**Н.А. ТКАЧУК**, докт. техн. наук, проф., зав. каф. ТММ и САПР НТУ „ХПИ”,  
Харьков;

**О.В. КОХАНОВСКАЯ**, науч. сотр. каф. ТММ и САПР НТУ „ХПИ”, Харьков;

**Н.Б. НЕГРОБОВА**, препод.-стажер каф. ТММ и САПР НТУ „ХПИ”, Харьков;

**А.А. ЗАРУБИНА**, канд. техн. наук, доц., проф. каф. ТММ и САПР  
НТУ „ХПИ”, Харьков

### **СВЯЗАННАЯ ЗАДАЧА АНАЛИЗА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ДЛЯ КОНТАКТИРУЮЩИХ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ТЕЛ**

*У статті описані методи аналізу напружено-деформованого стану складнопрофільних тіл, що знаходяться в контактi. У єдиній зв'язці використовуються модель Герца, метод скінченних елементів, метод граничних елементів. Для розв'язання задачі геометричного синтезу розроблений підхід на основі методу граничних елементів.*

*В статті описані методи аналізу напружено-деформованого стану складнопрофільних тіл, що знаходяться в контактi. В єдиній зв'язці використовуються модель Герца, метод скінченних елементів і метод граничних елементів. Для рішення задачі геометричного синтезу розроблений підхід на основі методу граничних елементів.*

*The methods of stressed-deformed state analysis of geometrically complex bodies being in a contact are described in the paper. The Hertz model, finite element method and boundary element method are used in unified connection. The approach at the basis of boundary element method is developed for solution of geometrical synthesis task.*

**Введение.** В конструкциях машин, оборудования и оснастки для осуществления связанных движений и усилий сопряжения традиционно применялись различные виды подвижных соединений. Однако тенденции усложнения кинематических схем, а также интенсификация условий нагружения приводят к неприменимости как известных конструктивных решений, так и методов их расчета. В связи с этим для современного машиностроения характерным является широкое применение машин, в которых передача требуемых сложных видов движения и значительных рабочих усилий осуществляется посредством контакта сложнопрофильных деталей. При этом форма рабочих поверхностей этих деталей определяется, во-первых, условиями кинематического сопряжения, а во-вторых, требованиями обеспечения прочности с учетом ре-

альных распределений контактных давлений. Соответственно, при проектировании таких элементов машин возникает две различные задачи: анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) сложнопрофильных тел (СПТ) с учетом их контактного взаимодействия (I) и синтеза геометрической формы сопряженных кинематически генерируемых поверхностей (КГП) (II). Эти две задачи являются связанными, поскольку в каждой из них в качестве исходных данных выступает решение другой задачи, а сами задачи включены в цепь последовательных итерационных многовариантных расчетов для определения рациональных параметров проектируемых элементов машиностроительных конструкций. Такая взаимосвязанность присутствует, к примеру, в задачах определения рациональной формы элементов штампов, прессформ, гидромашин, трансмиссий, двигателей внутреннего сгорания, подшипников, зубчатых передач и других конструкций. При проектировании и расчете приведенных выше элементов машин, оборудования и оснастки (и в ряде других практически важных случаев), форма деталей не является заранее заданной и не может быть описана только набором конструктивных параметров, а определяется в ходе проведения многовариантных исследований из кинематических и прочностных критериев.

Существующие методики решения задач I и II не обеспечивают *вариативности* при описании формы тел, не имеют механизмов *интеграции* геометрических и расчетных моделей и не являются *сбалансированными* по точности и уровню вычислительных затрат на различных этапах исследовательского цикла. Вследствие первого обстоятельства возникает сложность автоматизации процесса создания моделей для анализа контактного взаимодействия проектируемых деталей при проведении многовариантных исследований. Второе служит препятствием для установления обратной связи задачи анализа НДС с исходной задачей геометрического синтеза при организации процедуры итерационного поиска формы элементов машин, удовлетворяющей заданным кинематическим и прочностным критериям. Третий фактор является причиной неоправданного увеличения вычислительных затрат и, соответственно, потери оперативности на начальных этапах решения, либо низкой точности конечного результата вследствие нерационального выбора исследовательских методов. В связи с этим совершенствование методов анализа контактного взаимодействия и синтеза геометрии сложнопрофильных тел с кинематически генерируемыми поверхностями представляет собой *актуальную* и *важную* научную и практическую задачу.

**Анализ методов решения контактных задач и геометрического синтеза.** Развитие методов решения контактных задач связано как с практическими потребностями техники, так и теоретическими разработками в области математики и математического моделирования. В последнее время значительные достижения в области исследования контактного взаимодействия также связаны с прогрессом численных методов и ростом вычислительных возможностей: с одной стороны, неизменно расширяется круг инженерных

елементу машини зі спряженими елементами. Це призводить до поліпшення умов роботи у зоні рухомого з'єднання деталей машин із тертям.

У подальших дослідженнях цей ефект буде досліджено додатково.

**Список літератури: 1.** Підвищення ресурсу тепловозів на базі технології дискретного зміцнення деталей форсованих дизелів / *Е.К. Посвятенко, В.Г. Гончаров, С.С. Дяченко, М.А. Ткачук* // Сучасні технології в машинобудуванні. Зб. наукових праць. – Х.: НТУ «ХПІ». Вип. №5. – 2010. С. 61 – 75. **2.** *Савченков Б.В.* Дискретная обработка – эффективный способ упрочнения деталей машин / Б.В. Савченков, Гончаров В.Г., А.Н. Леоненко // Механіка та машинобудування. – Х., 2010. – №1. – С. 44-49. **3.** *Гончаров В.Г.* Повышение износоустойчивости коленчатых валов форсированных дизелей большой мощности / В.Г. Гончаров, Э.К. Посвятенко, С.С. Дяченко // Резание и инструмент в технологических системах. – 2009. – Вып. 77. – С. 53–65. **4.** *Гончаров В.Г.* Підвищення ресурсу транспортної техніки удосконаленням технології ремонту колінчастих валів: Автореф. канд. техн. наук: 05.22.20 / В.Г. Гончаров: Харківський національний автомобільно-дорожній ун-т. – Х.: 2008. С. 219. **5.** *Кравченко С.А.* Повышение надёжности деталей двигателей методом дискретного упрочнения / С.А. Кравченко, В.Г. Гончаров // Двигатели внутреннего сгорания. – 2009. – №1. – С. 97-99. **6.** Конечные-элементные модели элементов сложных механических систем: технология автоматизированной генерации и параметризованного описания / *Н.А. Ткачук, Г.Д. Гриценко, А.Д. Четурной и др.* // Механіка та машинобудування. – 2006. – №1. – С. 57-79. **7.** Основы обобщенного параметрического описания сложных механических систем / *Н.А. Ткачук, А.Д. Четурной, Г.Д. Гриценко и др.* // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2007. – №9(115), част. 1. – С. 196-205. **8.** *Ткачук Н.А.* До принципів організації програмно-апаратних комплексів для моделювання фізико-механічних процесів у складних та надскладних механічних системах / *Н.А. Ткачук* // Вісник НТУ «ХПІ». Тем. вип.: Машинознавство та САПР. – 2007. – № 29. – С. 3-7. **9.** *Канарчук В.С.* Инженерия поверхности деталей транспортных засобів: сучасний стан і перспективи / В.С. Канарчук, Е.К. Посвятенко, Л.А. Лопата // Вісник Національного транспортного ун-ту. – К., 2000. – Вип.4. – С. 6–24. **10.** *Посвятенко Е.К.* Комбіновані методи інженерії поверхні деталей транспортних засобів // Е.К. Посвятенко, О.В. Мельник, В.В. Алексеев // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ. – 2006. – Вип.11. – С.13–16.

*Поступила в редколлегию 15.02.12*

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>А.В.ГРАБОВСЬКИЙ, В.О. КРАВЕЦЬ, В.І. КОХАНОВСЬКИЙ, М.А. ТКАЧУК, А.Ю. ВАСИЛЬЄВ</b> САПР та навчально-дослідницька діяльність. Концепція впровадження в НТУ „ХПІ”.....	3
<b>О.В. БОНДАРЕНКО, О.В. УСТИНЕНКО</b> Оптимізація співвісних ступінчастих приводів машин по масогабаритним характеристикам на прикладі тривальних коробок передач .....	16
<b>Т.А. ВАСИЛЬЄВА</b> Совершенствование методов расчета элементов машин с длительным сроком работы при действии многокомпонентной нагрузки.....	27
<b>О.В. ВЕРЕТЕЛЬНИК, Н.А. ТКАЧУК, С.Ю. БЕЛИК</b> Контактное взаимодействие поршня с гальваноплазменной обработкой боковой поверхности со стенками цилиндра ДВС.....	32
<b>В.И. ГОЛОВЧЕНКО, Н.Л. ИВАНИНА</b> Основные положения расчета крепления цистерны к шасси автомобиля автотопливаправщика.....	40
<b>А.П. ГОРДИЕНКО</b> Пути совершенствования графического пользовательского интерфейса для машиностроительных САПР.....	48
<b>І.П. ГРЕЧКА, М.С. СВИНАРЕНКО, О.І. ЗІНЧЕНКО</b> Підвищення ефективності гідроагрегатів, побудованих з використанням гідроапаратів із осциляцією.....	58
<b>И.Н. КАРАПЕЙЧИК</b> Методика экспериментальных исследований реакции корпусов бронетранспортеров на локальное импульсное воздействие.....	65
<b>И.Н. КАРАПЕЙЧИК, А.В. ЛИТВИНЕНКО, С.Т. БРУЛЬ, Н.А.ТКАЧУК, А.Ю. ВАСИЛЬЄВ</b> Расширенная расчетно-экспериментальная идентификация параметров численных моделей корпусных элементов транспортных средств специального назначения.....	69
<b>Вісс. Гр. КЛИМЕНКО</b> Багатокритеріальна задача мінімізації по максимуму на орграфі при скалярних зіставленнях.....	78
<b>Е.А. ЛУНЕВ, А.Е. КАПУСТИН</b> Ассимилирующая способность и межфазная кинетика шлакообразующих смесей.....	82
<b>Ю.Я. МИРГОРОДСКИЙ, Н.Л. БЕЛОВ, И.Н. КАРАПЕЙЧИК, С.Т. БРУЛЬ, Н.А.ТКАЧУК, Е.В. ПЕЛЕШКО</b> Расчетно-экспериментальные исследования реакции бронекорпусов военных колесных и гусеничных машин на	

ударно-импульсное воздействие.....	87
<b>М.М. ПЕКЛИЧ</b> Обзор конструктивных подходов к проектированию отечественных кислородных конвертеров.....	93
<b>В.С. ПОДГУРЕНКО</b> Определение изгибающих моментов в реальных условиях эксплуатации зубчатых муфт.....	102
<b>Р.В. ПРОТАСОВ, А.В. УСТИНЕНКО, Г.А. КРОТЕНКО</b> Моделирование геометрии эволютных зацеплений, исследование их некоторых качественных показателей и контактных напряжений.....	106
<b>А.Н. ТКАЧУК, О.А. ИЩЕНКО, А.В. ТКАЧУК</b> Экспериментальное исследование контактного взаимодействия сопряженных тел.....	116
<b>Н.Н. ТКАЧУК, Н.А. ТКАЧУК, О.В. КОХАНОВСКАЯ, Н.Б. НЕГРОБОВА, А.А. ЗАРУБИНА</b> Связанная задача анализа напряженно-деформированного состояния и геометрического синтеза для контактирующих сложнопрофильных тел.....	121
<b>Н.А.ТКАЧУК, А. Ю. ТАНЧЕНКО, А.Н. ТКАЧУК, П.В. ЧУРБАНОВ, И.Я. ХРАМЦОВА, О.А. ИЩЕНКО</b> Анализ чувствительности прочностных и динамических характеристик машиностроительных конструкций на основе прямого возмущения конечно-элементных моделей.....	147
<b>А.В. УСТИНЕНКО</b> Математическое моделирование процессов усталостного разрушения зубьев.....	170
<b>С.А. ХАНМАМЕДОВ</b> Экспериментальное определение изгибающих моментов при статическом нагружении зубчатых муфт.....	175
<b>В.Г. ХРОМОВ, О.В. ХРОМОВ, Р.В. КОВРЫЖЕНКО</b> Исследования вынужденных крутильных колебаний тела с односторонней упругой и подвижной фрикционной связями при гармоническом возмущении.....	180
<b>П.В. ЧУРБАНОВ</b> Восстановление нагрузочной способности несущей металлоконструкции с усталостным повреждением на примере рамы ходовой отвалообразователя ОШС – 4000/125.....	185
<b>В.М. ШЕРЕМЕТ</b> Деформирования поверхні дискретно зміцнених деталей при експлуатаційному навантаженні.....	190

## CONTENTS

<b>A. V. GRABOVSKIY, V.A. KRAVETS, V.I. KOKHANOVSKIY, N.A. TKACHUK, A.Y. VASILYEV</b> CAD-systems and educational-research activity. Conception of implementation in NTU „KhPI”.....	3
<b>A. V. BONDARENKO, A. V. USTINENKO</b> Optimization of coaxial stepped machines drives on weight and dimensional features on example of three-shafted gearboxes.....	16
<b>T.A. VASILYEVA</b> Improvement of methods for machine elements calculating with long operation term under influence of multi-component loading.....	27
<b>O.V. VERETELNIK, N.A. TKACHUK, S.Y. BELIK</b> Contact interaction of piston with galvanic-plasmic treatment of lateral surface and cylinder walls of combustion engine.....	32

<b>V.I. GOLOVCHENKO, N.L. IVANINA</b> The basic propositions for calculation of tank fixing to the bowser vehicle chassis.....	40
<b>A.P.GORDIYENKO</b> Ways of improving for graphical user interface for engineering CAD systems.....	48
<b>I.P.GRECHKA, M.S. SVINARENKO, E.I. ZINCHENKO</b> Improving the efficiency of hydraulic units built with using hydrojets with oscillation.....	58
<b>I.N. KARAPEYCHIK</b> Methodology of experimental researches of armoured troop-carriers hulls reaction on local impulsive influence.....	65
<b>I.N. KARAPEYCHIK, A.V. LITVINENKO, S.T. BRUL, N.A. TKACHUK, A.Y. VASILYEV</b> Extended computational and experimental identification of numerical models parameters of hull elements of special setting transport vehicles.....	69
<b>Viss. Gr. KLIMENKO</b> Multi-objective minimization problem on maximum on digraph at scalar comparison.....	78
<b>E.A. LUNEV, A.E. KAPUSTIN</b> Assimilative ability and interphase kinetics of slag-forming mixtures.....	82
<b>Y.Y. MIRGORODSKIY, N.L. BELOV, I.N. KARAPEYCHIK, S.T. BRUL, N.A. TKACHUK, E.V. PELESHKO</b> Computational and experimental researches of reaction of military wheeled and caterpillar vehicles armoured hulls on shock-impulse influence.....	87
<b>M.M. PEKLIICH</b> Review of structural approaches to design of domestic oxygen converters.....	93
<b>V.S. PODGURENKO</b> Determination of bending moments in actual operating conditions of tooth-type couplings.....	102
<b>R.V. PROTASOV, A.V. USTINENKO, G.A. KROTENKO</b> Modeling of geometry of evolute meshings, the study of some quality indicators and contact stresses.....	106
<b>N.N. TKACHUK, N.A. TKACHUK, O.V. KOKHANOVSKA, N.B. NEGROBOVA, A.A. ZARUBINA</b> Associated task of stressed-deformed state analysis and geometrical synthesis of contacting complex shaped bodies.....	116
<b>A.N. TKACHUK, O.A. ISCHENKO, A.V. TKACHUK</b> Experimental research of contact interaction of conjugate bodies.....	121
<b>N.A. TKACHUK, A.Y. TANCHENKO, A.N. TKACHUK, P.V. CHURBANOV, I.Y. HRAMCOVA, O.A. ISCHENKO</b> Analysis of strength and dynamic characteristics sensitiveness of machine-building constructions on the base of finite-element models direct indignation.....	147
<b>A.V. USTINENKO</b> Mathematical modeling of processes of fatigue failure teeth.....	170
<b>S.A. KHANMAMEDOV</b> Experimental determination of bending moments under static loading of tooth-type couplings.....	175
<b>V.G. KHROMOV, O.V. KHROMOV, R.V. KOVRYZHENKO</b> Studies of forced torsional oscillations of body with one-way elastic and rolling friction links under harmonic perturbation.....	180
<b>P.V. CHURBANOV</b> Renewal of load capacity of bearing metalwork with a tireless damage on the example of spreader osc-4000/125 working frame.....	185
<b>V.N. SHEREMET</b> Deformation of discretely-strengthened details surface at operating loading.....	190

Надруковано СПД ФО Ізрайлев Є.М.  
Свідоцтво № 24800170000040432 від 21.03.2001 р.  
61024, Харків, вул. Фрунзе, 16.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ  
ВІСНИК  
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
„ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Тематичний випуск  
“МАШИНОЗНАВСТВО та САПР”

Збірник наукових праць  
№ 22

Науковий редактор  
Ткачук М.А.

Технічний редактор  
Ткачук Г.В.

Відповідальний за випуск  
Обухова І.Б.

Обл. вид. № 70-12

Підп. до друку 5.06.2012 р. Формат 60х90/16. Папір офісний.  
Віддруковано на ризографі. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 9,7.  
Обл.-вид. арк.10,0. Тираж 300 прим. Зам. № 834.

ДЛЯ ЗАМЕТОК