

*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

УДК 539.3

**А.Н. ТКАЧУК**, канд. техн. наук, университет Штутгарта, Германия;  
**О.А. ИЩЕНКО**, ст. преподаватель каф. высш. маг-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 контактного тиску при взаємодії пружних тіл розроблена методика експериментальних досліджень із застосуванням чутливих до тиску плівок 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.*

2 мм, толщина упругого резинового слоя – 1,5 мм.

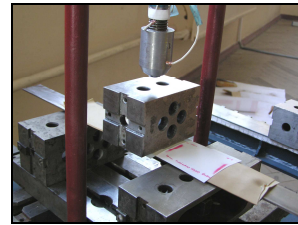
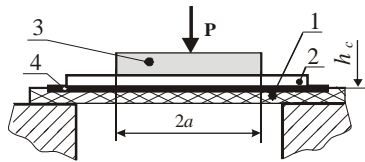


Рис. 1. Измерение контактного давления между жесткой накладкой и стержнем: схема и реализация

На рис. 2 представлены установка и рабочие моменты испытаний. Нагрузочный стенд оснащен винтовым нагружателем, на основной стержень которого наклеены тензодатчики.

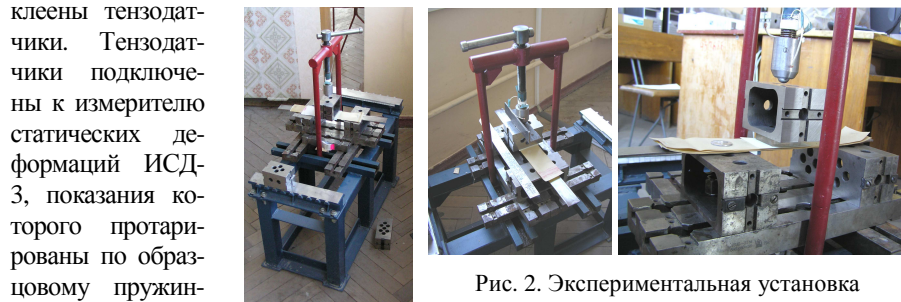


Рис. 2. Экспериментальная установка и рабочие моменты испытаний

Тензодатчики подключены к измерителю статических деформаций ИСД-3, показания которого протарированы по образцовому пружинному динамометру сжатия. 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 распоряже-

нии контактная пленка не обеспечивала необходимый предел измерений (усилия и давления в этом случае существенно растут).

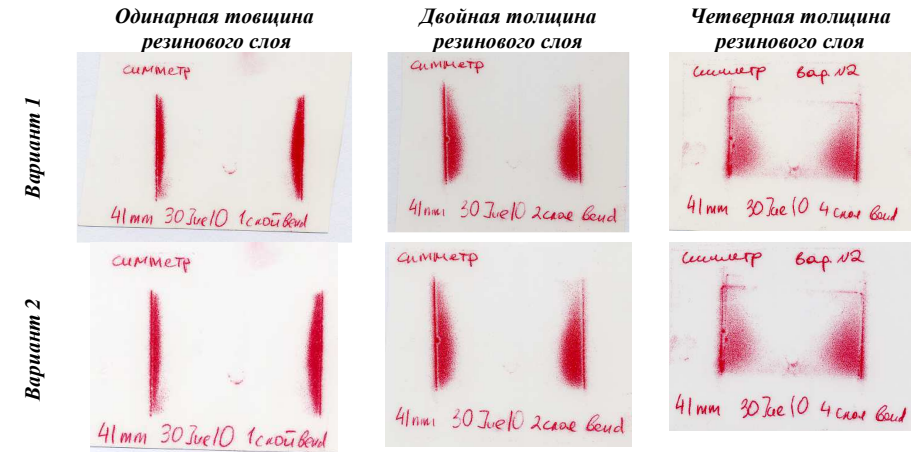


Рис. 3. Примеры контактных отпечатков в сопряжении „накладка – стержень” при варьировании податливости резинового слоя

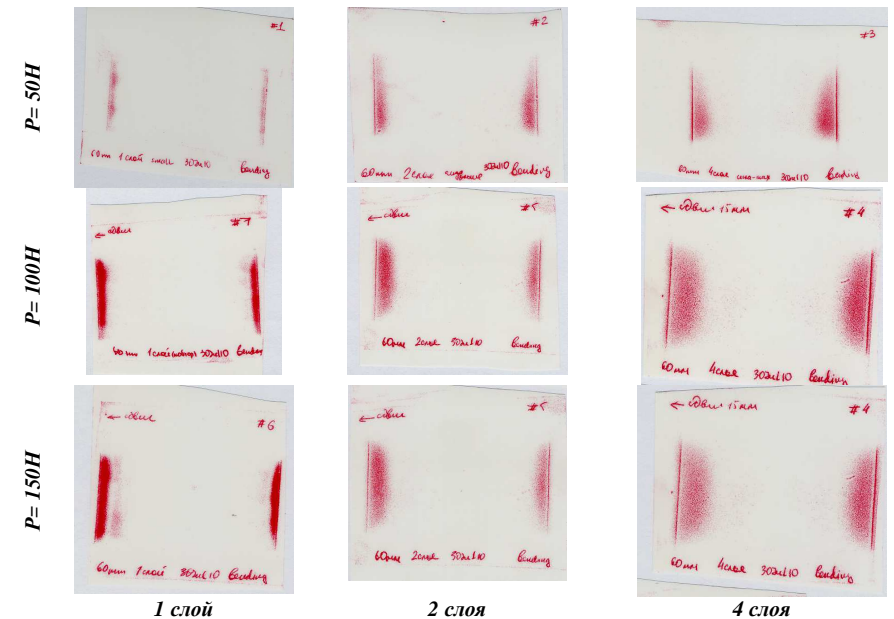


Рис. 4. Примеры контактных отпечатков в сопряжении „накладка – стержень” при варьировании податливости резинового слоя и усилия прижатия жесткой призмы P

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 осесимметричний кінцевий елемент для рішення контактних задач циліндричних оболонок / А.Н. Ткачук // Механіка та машинобудування. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2009. – № 1. – С.157-163. 6. *Ткачук А.Н.* Элементы раздельных 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 контактном 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 элементов машин при термомеханическом контакте: дисс... кандидата. техн. наук: спец. 05.02.09 – динамика и прочность машин / Ткачук Антон Николаевич. – Харьков, 2010. – 180 с.

*Поступила в редколлегию 12.01.12*