

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

ВІСНИК

**НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"**

Серія: "Нові рішення в сучасних технологіях"

№ 12 (1184) 2016

Збірник наукових праць

Видання засновано у 1961 р.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 12 (1184) – 215 с.

Державне видання

Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України

КВ №5256 від 2 липня 2001 року

Збірник виходить українською, російською та англійською мовами.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ» внесено до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук», затвердженого рішенням Атестаційної колегії МОН України щодо діяльності спеціалізованих вчених рад, від 15 грудня 2015 р. Наказ № 1328 (додаток 8) від 21.12.2015 р.

Координаційна рада:

Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф. (**голова**);

К. О. ГОРБУНОВ, канд. техн. наук, доц. (**секретар**);

А. П. Марченко, д-р техн. наук, проф.; Є. І. Сокол, член-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.; Є. Є. 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. І. Кравченко, д-р техн. наук, проф.; Г. В. Лісачук, 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. Пуляев, 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. Тимофієв, д-р техн. наук, проф.; М. А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.

Редакційна колегія серії:

Відповідальний редактор: Є. І. Сокол, член-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.

Відповідальний секретар: Р. С. Томашевський, канд. техн. наук, доц.,

А. В. Грабовський, канд. техн. наук.

Члени редколегії: Л. Л. Брагіна, д-р техн. наук, проф.; В. Г. Данько, д-р техн. наук, проф.; В. Т. Долбня, д-р техн. наук, проф.; В. Я. Заруба, д-р техн. наук, проф.; В. Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.; Б. В. Кліменко, д-р техн. наук, проф.; О. С. Куценко, д-р техн. наук, проф.; Г. І. Львов, д-р техн. наук, проф.; П. Г. Перерва, д-р екон. наук, проф.; М. І. Погорелов, канд. екон. наук, проф.; Л. Г. Раскін, д-р техн. наук, проф.; Р. Д. Ситнік, д-р техн. наук, проф.; В. І. Шустіков, д-р техн. наук, проф.; О. Ю. Заковоротний, канд. техн. наук, доц.; О. О. Ларін, канд. техн. наук, доц.; В. В. Куліченко, канд. техн. наук, доц.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія «Нові рішення в сучасних технологіях», індексується в наукометричних базах WorldCat, Google Scholar, Index Copernicus і включений у довідник періодичних видань бази даних Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA).

Рекомендовано до друку вченою радою НТУ «ХПІ»

Протокол № 3 від «08» квітня 2016 р.

© Національний технічний університет «ХПІ», 2016

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
“KHARKIV POLYTECHNIC INSTITUTE”

BULLETIN

**OF THE NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
“KHARKIV POLYTECHNIC INSTITUTE”**

Series: " New solutions in modern technologies"

№ 12 (1184) 2016

Collected Works

The publication was founded in 1961

Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016, **12** (1184), 215 p.

State edition

Certificate of State Committee of Ukraine for Information Policy KB №5256 from July 2, 2001

The collection is published in Ukrainian, Russian and English.

Bulletin of the National Technical University "KhPI" added to the "List of scientific professional publications of Ukraine, which can be published results of dissertations for the degree of doctor and candidate of sciences", approved by the Certifying Board of MES of Ukraine on the activity academic councils, December 15, 2015 . Order number 1328 (appendix 8) of 12.21.2015.

Coordinating Board:

L. L. Tovazhnyanskyy, Dr. Tech. Sci., Prof. (**chief**);

K. A. Gorbunov, PhD. Tech. Sci., доц. (**secretary**);

A. P. Marchenko, Dr. Tech. Sci., Prof.; Ye. I. Sokol, member NAS of Ukraine, Dr. Tech. Sci., Prof.; E. E. Aleksandrov, Dr. Tech. Sci., Prof.; A. V. Boyko, Dr. Tech. Sci., Prof.; F. F. Gladkiy, Dr. Tech. Sci., Prof.; M. D. Godlevskiy, Dr. Tech. Sci., Prof.; A. I. Grabchenko, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. G. Danko, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. D. Dmitrienko, Dr. Tech. Sci., Prof.; I. F. Domnin, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. V. Epifanov, PhD. Tech. Sci., Prof.; Yu. I. Zaytsev, PhD. Tech. Sci., Prof.; P. A. Kachanov, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. B. Klepikov, Dr. Tech. Sci., Prof.; S. I. Kondrashov, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. I. Kravchenko, Dr. Tech. Sci., Prof.; G. V. Lisachuk, Dr. Tech. Sci., Prof.; O. K. Morachkovsky, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. I. Nikolaenko, PhD. Hist. Sci, Prof.; P. G. Pererva, Dr. Econ. Sci., Prof.; V. A. Pulyaev, Dr. Tech. Sci., Prof.; M. I. Rishchenko, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. B. Samorodov, Dr. Tech. Sci., Prof.; G. M. Suchkov, Dr. Tech. Sci., Prof., Yu. V. Timofeev, Dr. Tech. Sci., Prof., M. A. Tkachuk, Dr. Tech. Sci., Prof.

Editorial Board:

Editor: Ye. I. Sokol, member NAS of Ukraine, Dr. Tech. Sci., Prof.

Secretary: R. S. Tomashevskiy, PhD. Tech. Sci.

A. V. Grabovskiy, PhD. Tech. Sci.

Members of the editorial board: L. L. Bragina, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. G. Danko, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. T. Dolbnya, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. Y. Zaruba, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. B. Klepikov, Dr. Tech. Sci., Prof.; B. V. Klymenko, Dr. Tech. Sci., Prof.; A. S. Kutsenko, Dr. Tech. Sci., Prof.; G. I. Lvov, Dr. Tech. Sci., Prof.; P. G. Pererva, Dr. Econ. Sci., Prof.; N. I. Pogorelov, PhD. Econ. Sci, Prof.; L. G. Raskin, Dr. Tech. Sci., Prof.; R. D. Sytnik, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. I. Shustikov, Dr. Tech. Sci., Prof.; A. U. Zakovorotnij, PhD. Tech. Sci.; A. A. Larin, PhD. Tech. Sci.; V. V. Kulichenko, PhD. Tech. Sci.

Bulletin of the National Technical University "KPI" series "New solutions in modern technologies," scientometric databases indexed in WorldCat, Google Scholar, Index Copernicus and included in the directory of periodicals database Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA).

Recommended for publication by the Academic Council of NTU "KhPI"
Protocol number 3 of April, 08, 2016

© National Technical University "KhPI", 2016

УДК 539.3+621.9

doi:10.20998/2413-4295.2016.12.04

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ШТАМПОВ ДЛЯ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

О. А. ИЩЕНКО¹, А. В. ТКАЧУК², А. В. ГРАБОВСКИЙ^{2*}, Н. А. ДЕМИНА¹

¹ Кафедра высшей математики и физики, Таврический государственный агротехнологический университет, Мелитополь, УКРАИНА

² Кафедра теории и систем автоматизированного проектирования механизмов и машин, Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", Харьков, УКРАИНА

*email: grabovski@tmm-sapr.org

АННОТАЦИЯ В статье описан новый подход к формированию расчетных моделей для элементов разделительных штампов. Предложено формировать комплексную модель, учитывающая условия силового и кинематического сопряжения базовых плит, пакета и направляющих колонок. В созданных моделях учтен множественный контакт элементов штампов. Также обеспечено построение параметрических моделей. Эти модели позволяют организовывать многовариантные расчеты напряженно-деформированного состояния. На основе анализа результатов этих расчетов определяются рациональные проектно-технологические параметры разделительных штампов.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, разделительный штамп, базовая плита, расчетная модель, метод конечных элементов.

FORMATION OF COMPLEX COMPUTABLE MODELS OF DIES ELEMENTS FOR SHEARING OPERATIONS

O. A. ISHCENKO¹, A. V. TKACHUK², A. V. GRABOVSKIY², N. A. DEMINA¹

¹Higher Mathematics and Physic Department, Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, UKRAINE

²Theory and Systems of Mechanisms and Machines Automated Design Department, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkov, UKRAINE

ABSTRACT The new approach in computable models formation for the shearing dies elements is described in the article. It has been suggested to form a comprehensive model which takes into account the conditions of power and kinematic connection between the base plates, the package and the guideposts. The designed models consider the multiple contacts between dies elements. The construction of the parameter-oriented models is also ensured. These models make it possible to organize multiple calculations of stress-strain state. It has been established that consideration of the contact interaction conditions significantly alter the results of the stress-strain state of the dies elements. A substantial disparity of the stresses distribution in the elements of dies was defined. Stress concentration zones have been identified. Maximum stresses which strongly nonlinearly depend on design parameters were revealed. Reasonable design and production parameters of the shearing die are determined after the analysis of the calculations results.

Keywords: the stress-strain state, shearing die, base plates, design model, finite-element method

Введение

Во многих работах [1-11] исследуется напряженно-деформированное состояние элементов разделительных штампов. При этом расчетные схемы элементов исследованных штампов строятся либо на основе выделения отдельных деталей штампов (в данном случае действие остальных заменяется соответствующими граничными условиями и усилиями нагружения), либо на основе исследования отдельные групп деталей. Например, в работе [2] использованы "изолированные" расчетные схемы (то есть напряженно-деформированное состояние (НДС) исследуется для отдельно взятых матриц, базовых плит, съемников и т. д.). В работе [1] строятся низкоуровневые расчетные схемы, объединяющие условиями контактного сопряжения только 2÷3 соседние детали (например, матрицу и пуансон, взаимодействующие через штампуемый материал или нижнюю базовую плиту штампа в контакте с подштамповой плитой прессы). В

тоже время разделительный штамп характеризуется как раз комплексным взаимодействием всех деталей и сборок. В связи с этим актуальной задачей является разработка комплексных расчетных схем элементов штампов для разделительных операций, которые интегрируют в себе все их основные сопрягаемые детали и узлы. На решение этой задачи направлена данная работа.

Формирование комплексных расчетных схем элементов разделительных штампов

Рассмотрен новый подход к формированию комплексных расчетных схем элементов разделительных штампов, базирующийся на системном анализе технологических систем "пресс – штамп – режущие части – заготовка". Следуя работе [1], рассмотрим разноразмерные подсистемы данной технологической системы. Однако, в отличие от подсистемы самого нижнего уровня (рис. 1 [1]), предлагается рассмотреть систему

среднего уровня. В этой подсистеме присутствуют все основные элементы, обеспечивающие рабочий процесс штамповки, базирование и взаимное относительное движение частей штампов.

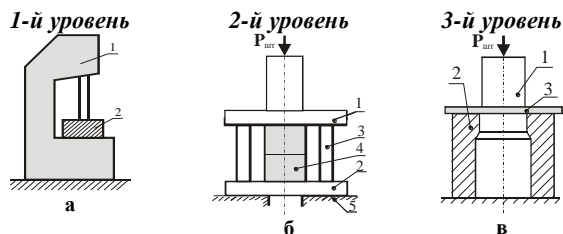


Рис. 1 – Подсистемы технологической системы "пресс – штамп – режущие части – заготовка":

а – пресс 1 и штамп 2; б – верхняя и нижняя плиты штампа 1 и 2, колонки 3, пакет 4 и подштамповая плита 5; в – пуансон 1, матрица 2 и штампуемый материал 3

Для формирования комплексных расчетных схем исследуем основные элементы разделительного штампа, вступающие в силовое взаимодействие (рис. 2).

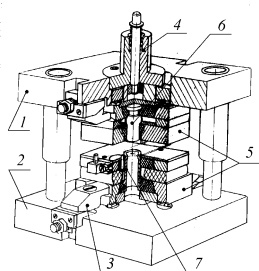


Рис. 2 – Взаимодействие элементов разделительных штампов на примере конструкции УСПШ совмещенного действия:
1- верхняя базовая плита;
2 – нижняя базовая плита;
3 – прихватки; 4 – хвостовик;
5 – пакет; 6 – пуансон;
7 – матрица

Основные элементы штампа базируются на нижней и верхней базовых плитах. Основное рабочее движение осуществляется путем перемещения верхней базовой плиты по направляющим колонкам. При этом в силу деформирования нижней базовой плиты штампа колонки, в них запрессованные или соединенные при помощи склеивания (например, заливкой зазора между колонкой и плитой эпоксидным компаундом или иным твердеющим составом), деформируются, вступая в верхней части в контактное сопряжение с верхней базовой плитой. Во время такого взаимодействия возникают нормальные и касательные (от трения) усилия, включаемые в силовые потоки в технологической подсистеме "стол пресса – блок штампа – пакет – заготовка". Одновременно ответные усилия оказывают обратное воздействие на нижнюю базовую плиту. Таким образом, точный расчет этих усилий возможен только на основе анализа контактного взаимодействия, в которое опосредованно вовлечены не только соседние, непосредственно механически сопрягаемые, но и удаленные друг от друга элементы штампов.

Кроме рассмотренных элементов, необходимо также учесть контактное взаимодействие в сопряжении "пакет – нижняя базовая плита" и в сопряжении "нижняя базовая плита – подштамповая плита пресса".

На рис. 3 представлены элементы исследуемой технологической системы и соответствующие характер-

ные зоны контактного взаимодействия. Здесь k_1 – контакт "колонки – верхняя базовая плита"; k_2 – контакт "колонки – фиксирующий слой – нижняя базовая плита"; k_3 – плоскость опирания нижней базовой плиты на подштамповую плиту штампа; k_4 – плоскость опирания пакета на нижнюю базовую плиту.

Таким образом, комплексная расчетная схема разделительного штампа предполагает наличие множественного контакта в сопряжениях элементов штампа. При этом усилия, возникающие между контактирующими элементами, определяются в ходе решения самой контактной задачи, будучи в ней дополнительными неизвестными. В этом состоит принципиальное отличие создаваемой комплексной расчетной схемы от ранее использованных [1, 2].

Задача 1. В качестве иллюстрации рассмотрим контактное взаимодействие тестовой конструкции, схема которой на рис. 4: сменный пакет воздействует на нижнюю базовую плиту, опирающуюся на подштамповую плиту пресса. Варьируются: диаметр провального отверстия в подштамповой плите пресса – параметр p_2 (в диапазоне 160-360 мм); толщина плиты штампа – параметр p_1 (в диапазоне 15-90 мм).

Усилие штамповки $P_{шт}$ (см. рис. 3) – 50 кН, габариты штампа – 240×240 мм, габариты пакета 100×100 мм. Материал основных деталей – сталь 40Х (модуль упругости $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$). В силу симметрии рассмотрена 1/4 конструкции.

На рис. 5-11 приведены характерные картины распределения компонент НДС элементов штампа.

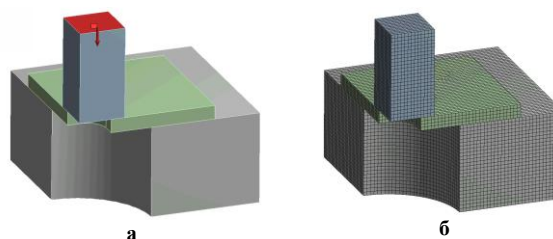


Рис. 4 – Нижняя базовая плита во взаимодействии со сменным пакетом и подштамповой плитой пресса: а – геометрическая модель, б – конечно-элементная модель

На рис. 12-18 приведены интегральные зависимости характеристик НДС от варьируемых параметров. Полученные зависимости изменения картин распределений компонент НДС элементов технологической подсистемы "пакет – нижняя базовая плита штампа – подштамповая плита пресса" дает возможность сделать следующие выводы.

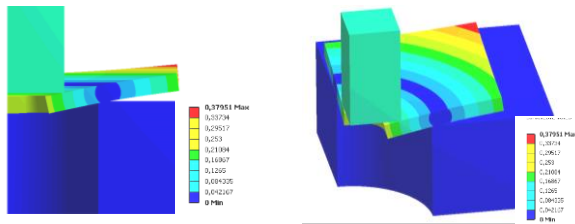


Рис. 5 – Результати дослідження НДС елементів штамп (задача 1): розподілення повних переміщень

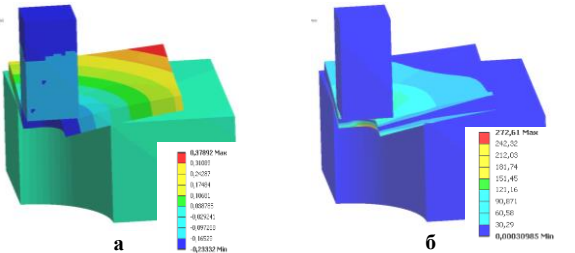


Рис. 6 – Результати дослідження НДС елементів штамп (задача 1): а – вертикальні переміщення; б – еквівалентні напруження по Мизесу

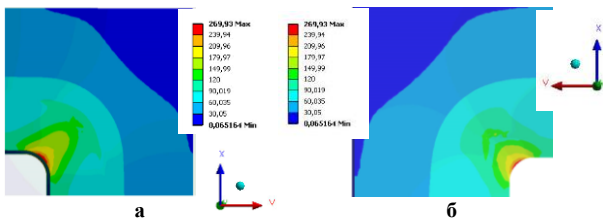


Рис. 7 – Розподілення еквівалентних напружень по Мизесу в нижній базовій плиті в площині сопряження (задача 1): а – со сменного пакетом, б – с подштамповою плитой преса

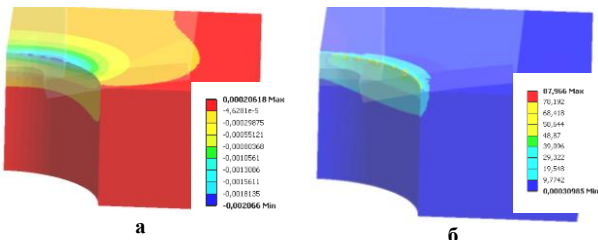


Рис. 8 – Результати дослідження НДС елементів штамп в подштамповою плиті преса (задача 1): а – вертикальні переміщення; б – еквівалентні напруження по Мизесу

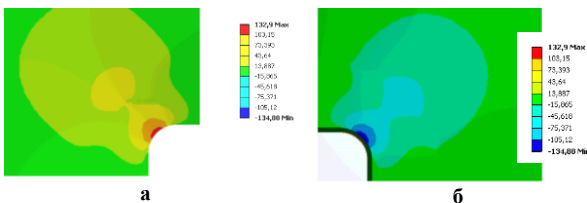


Рис. 9 – Касательні напруження в базовій плиті штамп (задача 1): а – вид сверху, б – вид снизу

1. Напряжения в элементах данной подсистемы концентрируются в зонах их механического контакта.

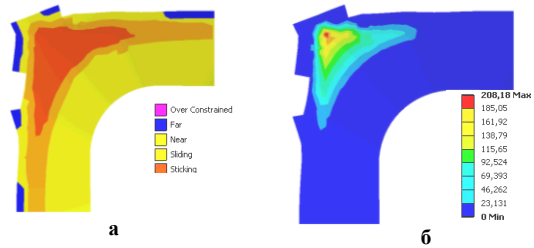


Рис. 10 – Результати дослідження напруженно-деформованного стану елементів штамп в сопряженні сменного пакета и базовой плиты (задача 1): а – розподілення контактних зон; б – розподілення контактних давлень

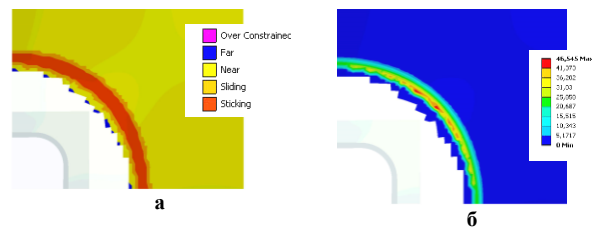


Рис. 11 – Результати дослідження НДС елементів штамп в сопряженні подштамповою плиты преса и базовой плиты штамп (задача 1): а – розподілення контактних зон; б – розподілення контактних давлень

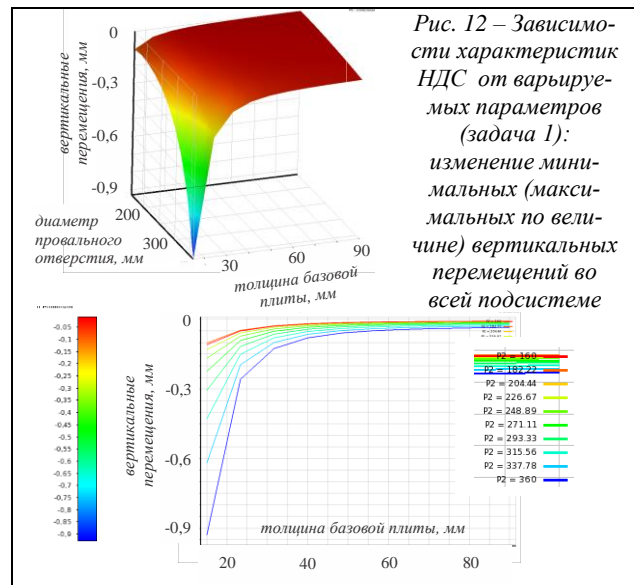
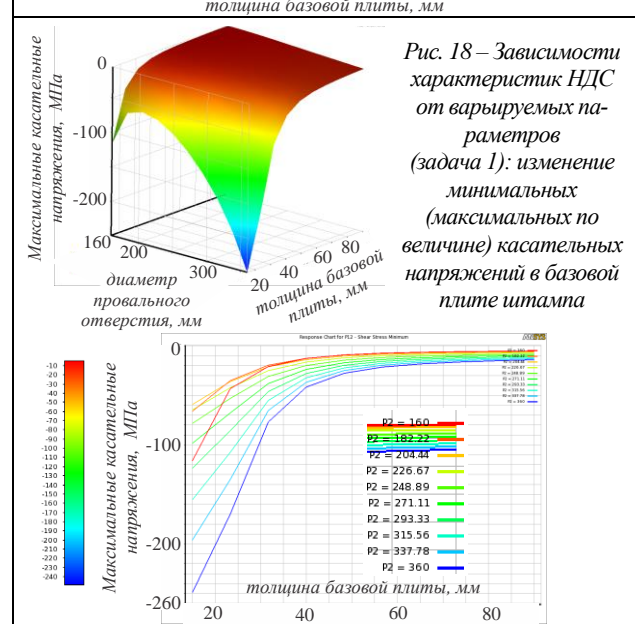
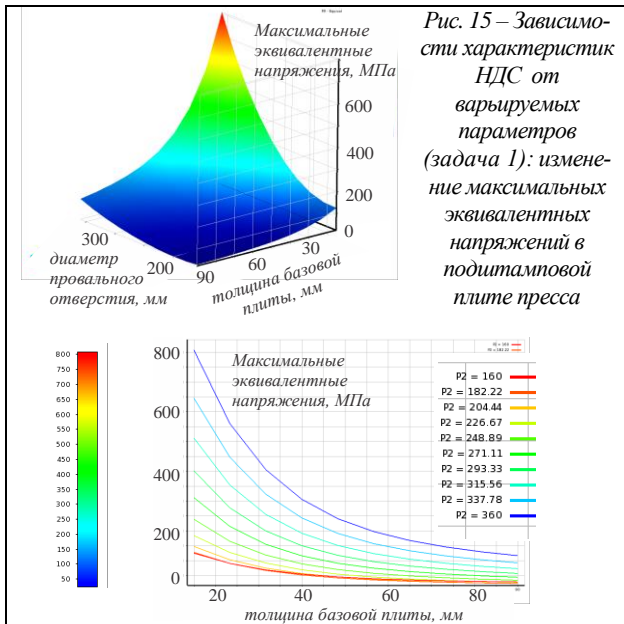
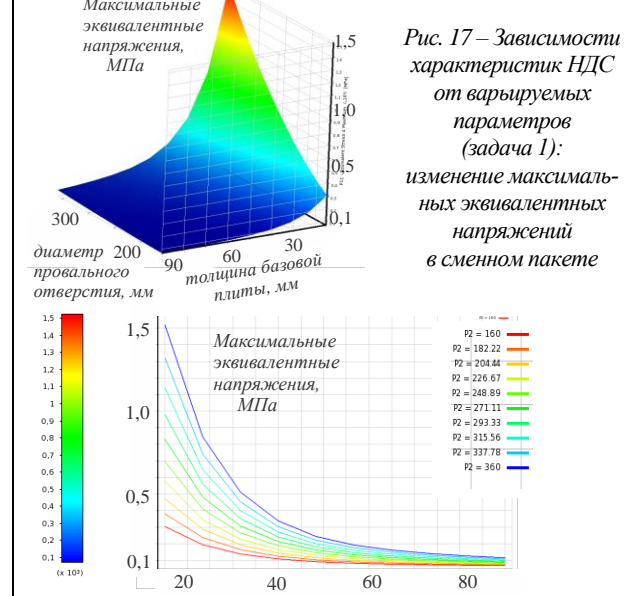
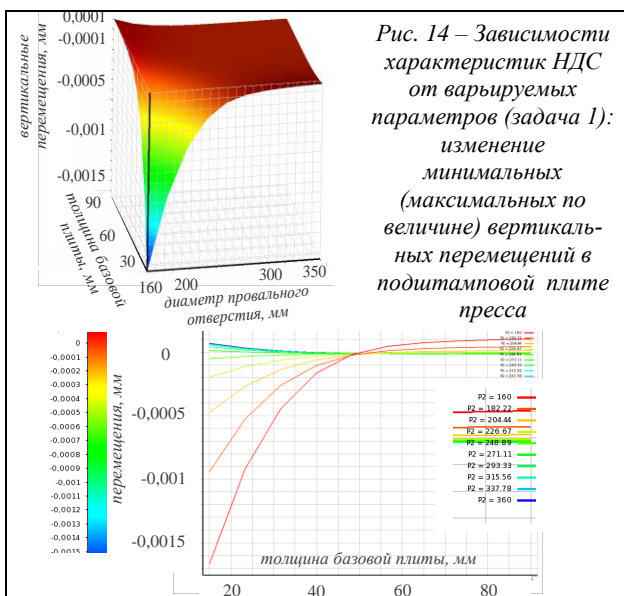
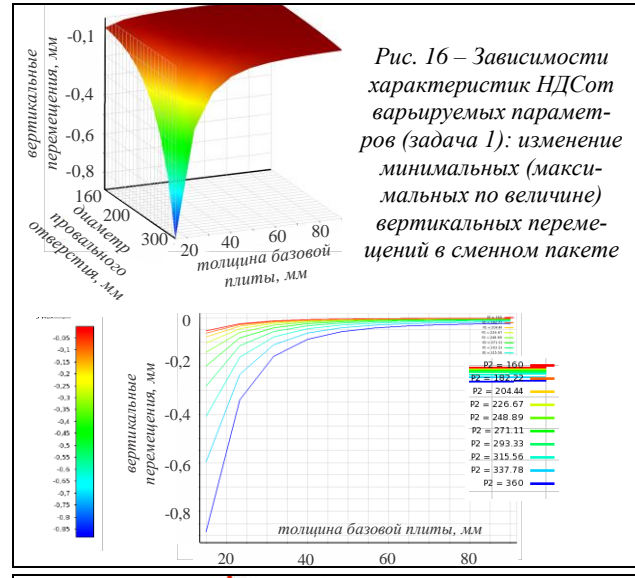
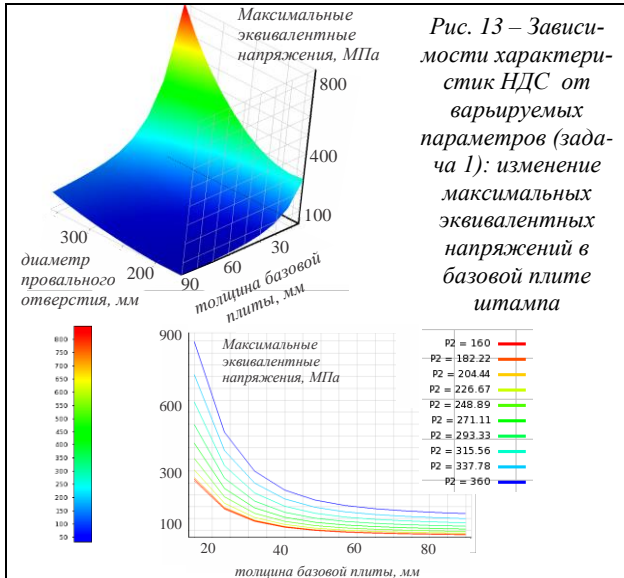


Рис. 12 – Зависимости характеристик НДС от варьируемых параметров (задача 1): изменение минимальных (максимальных по величине) вертикальных перемещений во всей подсистеме

2. Напряжения и контактные давления распределяются по площадям контактного сопряжения неравномерно.

3. Интегральные зависимости характеристик напруженно-деформованного состояния от варьируемых параметров (в данном случае – толщина базовой плиты и диаметр провального отверстия) соответствуют "гиперболическому" поведению: резкое возрастание при убывании объема материала детали ниже некоторого предела, практически неизменная величина – при возрастании этого объема выше некоторого другого предела и плавное изменение в переходном диапазоне.



Таким образом, полученные картины распределений характеристик напряженно-деформированного состояния элементов штамповой оснастки определяют наиболее нагруженные их зоны, а построенные поверхности отклика дают возможность решать задачу обоснования проектно-технологических параметров штампов по критериям стойкости, точности, прочности и жесткости.

Тестовая задача 2. Для исследования взаимодействия элементов подсистемы "нижняя базовая плита штампа – направляющие колонки" рассмотрим контактное взаимодействие тестовой конструкции, схема которой на рис. 19. Усилие штамповки, материал и размеры элементов штампа – те же, что и в задаче 1.

Задача 2.1. Исследуется влияние усилия, действующего со стороны верхней базовой плиты штампа (параметр $p_1 = 0 \div 10$ кН) через втулку на уровне ее верхнего среза (на высоте 120 мм) под углом в плоскости плиты (параметр $p_2 = 0 \div \pi/4$). Втулка диаметром 20 мм посажена в нижней плите толщиной 45 мм с натягом (параметр $p_3 = 0.001, 0.005, 0.1, 0.2$ мм). Картины распределения компонент напряженно-деформированного состояния приведены на рис. 20-23, а на рис. 24-27 – зависимости характеристик НДС от варьированных параметров.

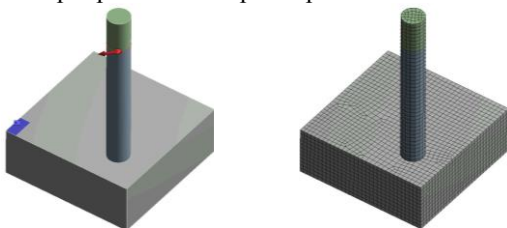


Рис. 19 – Геометрическая и конечно-элементная модели взаимодействия направляющей колонки с нижней базовой плитой штампа

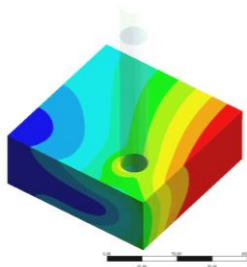


Рис. 20 – Распределение полных перемещений в нижней базовой плите штампа (задача 2)

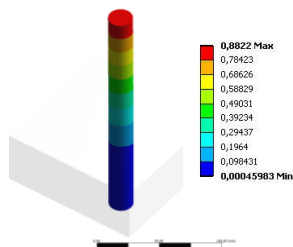


Рис. 21 – Распределение полных перемещений в колонке штампа (задача 2)

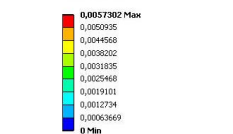


Рис. 22 – Распределение эквивалентных (по Мизесу) напряжений в колонке штампа (задача 2)

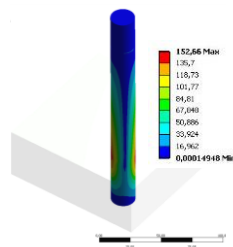


Рис. 23 – Распределение контактных напряжений в сопряжении колонки с плитой штампа (задача 2)

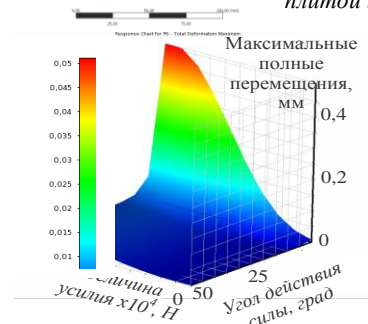


Рис. 24 – Зависимость полных перемещений верхнего среза колонки от параметров p_1, p_2 (задача 2.1)

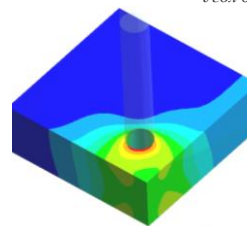
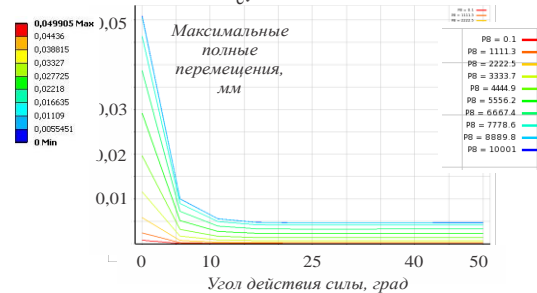


Рис. 25 – Распределения полных перемещений в нижней базовой плите штампа при натяге 0,1 мм (задача 2.1)

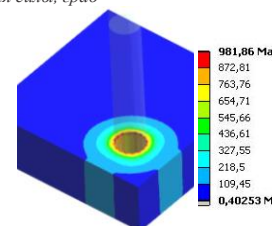


Рис. 26 – Распределения максимальных эквивалентных напряжений в нижней базовой плите штампа при натяге 0,1 мм (задача 2.1)

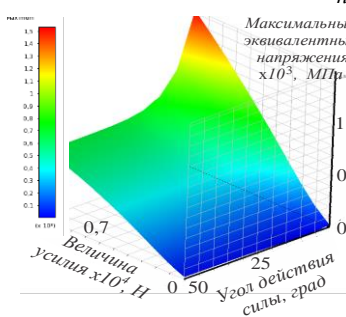
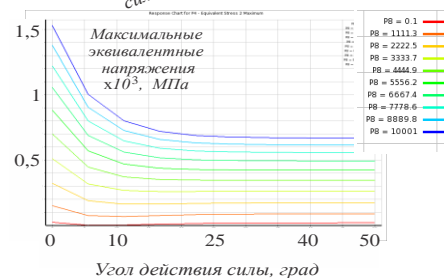


Рис. 27 – Зависимость максимальных эквивалентных напряжений от параметров p_1, p_2 (задача 2.1)



Как видно из представленных графиков и распределений, наблюдаются следующие закономерности.

1. Наиболее нагруженными от горизонтальных усилий зонами являются области, примыкающие к соединению колонок с плитами.
2. Контактные давления в сопряжении "колонка – плита" распределяются неравномерно, и чем меньше натяг, тем больше эта неравномерность.
3. Интегральные характеристики напряженно-деформированного состояния демонстрируют примерно такую же зависимость от конструктивных параметров, как и описанная выше (см. задачу 1) "гиперболическая" зависимость, и более равномерную и плавную – от параметров нагружения.

Задача 2.2. Исследуется влияние усилия, действующего со стороны верхней базовой плиты штампа (параметр $p_1 = 0 \div 10$ кН) через втулку на уровне ее верхнего среза (на высоте 120мм) под углом в плоскости плиты (параметр $p_2 = 0 \div \pi/4$). Втулка диаметром 20 мм посажена в нижней плите толщиной 45 мм при помощи клеювого состава (толщина слоя – параметр $p_3 = 2.0, 3.5, 5.0$ мм). В качестве фиксирующего состава применен состав на основе эпоксидной смолы ($E = 3,2 \cdot 10^3$ МПа, $\nu = 0,45$). На рис. 28-32 приведены результаты исследований.

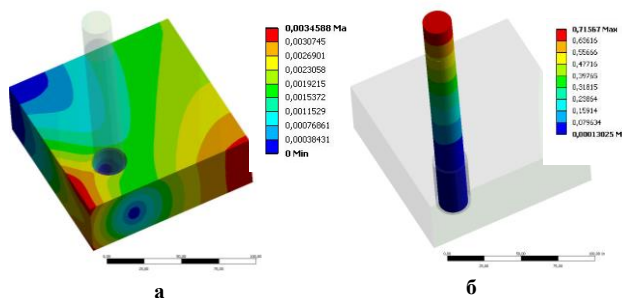


Рис. 28 – Распределение полных перемещений (задача 2.2):
а – в нижней базовой плите, б – в колонке штампа

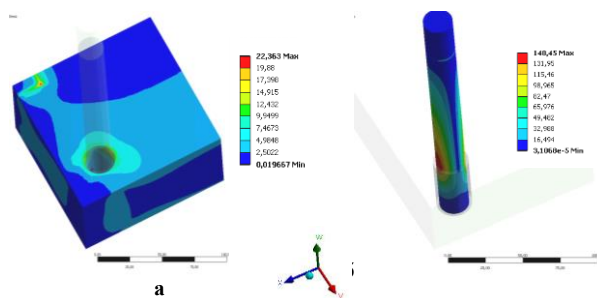


Рис. 29 – Распределение эквивалентных (по Мизесу) напряжений (задача 2.2):
а – в нижней плите, б – в колонке штампа

На рис. 28-30, в частности, представлены распределения перемещений и напряжений в тестовой конструкции. Видно, что распределения контактного давления в сопряжениях элементов штампов далеки от равномерных. Этот фактор существенным образом сказывается на напряженно-деформированном состоянии всех элементов штампов, находящихся во взаи-

модействии, и его нужно учитывать при формировании более адекватных, чем традиционные, расчетных схем элементов разделительных штампов.

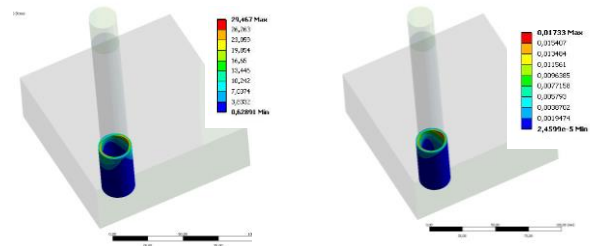


Рис. 30 – полных перемещений и эквивалентных (по Мизесу) напряжений в фиксирующем слое (задача 2.2)

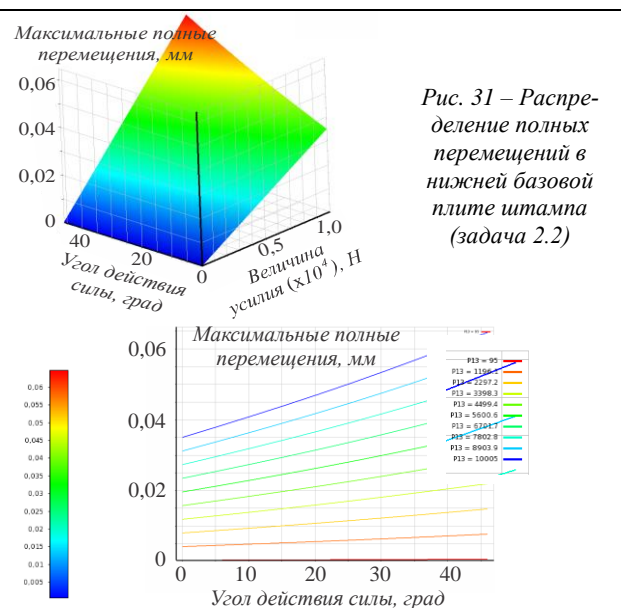


Рис. 31 – Распределение полных перемещений в нижней базовой плите штампа (задача 2.2)

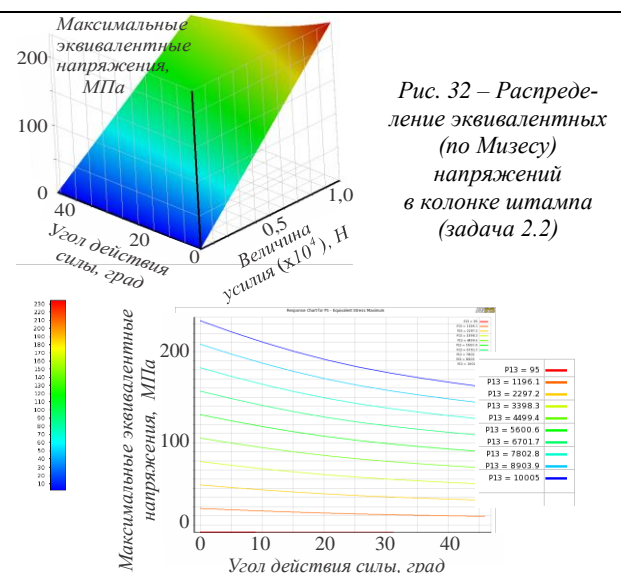


Рис. 32 – Распределение эквивалентных (по Мизесу) напряжений в колонке штампа (задача 2.2)

Как следует из анализа полученных результатов, напряженно-деформированное состояние данной подсистемы имеет свои особенности.

1. Напряжения в данном случае гораздо ниже, чем в случае посадки колонок с натягом.

2. Перемещения колонок от действия горизонтальных усилий выше, чем в случае посадки колонок с натягом.

3. Распределение напряжений в слое клеящего компаунда после полимеризации и приложения нагрузки в случае посадки колонок с натягом неравномерное по высоте.

4. Несмотря на более низкий уровень напряжений, следует учитывать также и более низкий уровень механических характеристик материала склеиваемого слоя по сравнению со свойствами металла, из которого изготовлены колонка и плита.

5. Интегральные зависимости характеристик напряженно-деформированного состояния данной подсистемы от всех варьируемых параметров носят примерно линейный характер.

Заключение

В работе представлен подход к созданию комплексных расчетных схем элементов штампов. Они отличаются от традиционных расчетных схем включением в единую интегрированную расчетную схему всех основных элементов разделительных штампов, причем с учетом их контактного взаимодействия значения контактных давлений определяются в ходе решения, контактной задачи, а не задаются заранее известными.

В ходе дальнейших исследований планируется провести анализ напряженно-деформированного состояния элементов разделительных штампов с учетом контактного взаимодействия на основе описанной в работе комплексной расчетной схемы.

Список литературы

1. Дьоміна, Н. А. Удосконалення методів розрахунку елементів штампового оснащення на основі аналізу їх напружено-деформованого стану: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.03.05 "Процеси та машини обробки тиском" / Н. А. Дьоміна. – Харків. – 2011. – 20 с.
2. Заярненко, Е. И. Разработка математических моделей и расчеты на прочность разделительных переналаживаемых штампов: дисс. доктора. техн. наук: спец. 01.02.06 и 05.03.05 / Заярненко Евгений Иванович. – Харьков. – 1992. – 280 с.
3. Ищенко, О. А. Базовые плиты разделительных штампов: напряженно-деформированное состояние с учетом контактного взаимодействия / О. А. Ищенко, Н. А. Демина, А. В. Грабовский и др. // Вестник НТУ "ХПИ". – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2011. – № 51. – С. 50 - 58.
4. Ищенко, О. А. Контактное взаимодействие элементов штампов для разделительных операций / О. А. Ищенко // Моделирование процессов в металлургии. – 2015. – № 1. – С.93-96.
5. Ищенко, О. А. Моделирование напряженно-деформированного состояния базовых плит разделительных штампов / О. А. Ищенко, Н. А. Демина, А. В. Грабовский, Н. А. Ткачук // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2012. – №9. – С. 40 - 44.
6. Борисевич, В. К. Анализ разделительных процессов листовой штамповки / В. К. Борисевич, В. В. Драгобецкий // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2009. – № 12. – С. 9-12.

7. Zhang, L. C. A new mechanics model of stamping a thin strip on an elastic foundation / L. C. Zhang, Zhongqin Lin // *International Journal of Solids and Structures*. – 1997. – 34(3). – P. 327-339. – doi:10.1016/S0020-7683(96)00011-X.
8. Kardes, N. Determining the flow stress curve with yield and ultimate tensile strengths. Part I / N. Kardes, C. Choi, X. Yang, T. Altan // *STAMPING Journal*. – May/June. – 2011. – P. 12-13.
9. Kardes, N. Determining the flow stress curve with yield and ultimate tensile strengths. Part II / N. Kardes // *STAMPING Journal*. – July/August. – 2011. – P. 14-15.
10. Oujebbour, F. Z. Multicriteria shape design of a sheet contour in stamping / F. Z. Oujebbour, A. Habbal, R. Ellaia, Z. Zhao // *Journal of Computational Design and Engineering*. – 2014. – Vol. 1. – №. 3. – P. 187-193. – doi:10.7315/JCDE.2014.018.
11. Liu, W. Multi-objective optimization of sheet metal forming process using Pareto-based genetic algorithm / Liu W., Yang Y. // *Journal of Materials Processing Technology*. – 2008. – 208(1). – P. 499-506. – doi:10.1016/j.jmatprotec.2008.01.014.
12. Azaoui, M. An heuristic optimization algorithm for the blank shape design of high precision metallic parts obtained by a particular stamping process / M. Azaoui, H. Naceur, A. Delamézière, J. L. Batoz, S. Belouettar // *Finite Elements in Analysis and Design*. – 2008. – 44(14). – P. 842-850. – doi:10.1016/j.finel.2008.06.008.
13. Lin, B. T. Application of an integrated CAD/CAE/ CAM system for stamping dies for automobiles / Lin B.T, Kuo C.C. // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2008. – № 35(9-10). – P. 1000-1013. – doi:10.1007/s00170-006-0785-y.
14. Hamdaoui, M. POD surrogates for real-time multi-parametric sheet metal forming problems / Hamdaoui M/, Le Quilliec G., Breitkopf P., Villon P. // *International Journal of Material Forming*. – 2013. – P. 1-22. – doi:10.1007/s12289-013-1132-0.

Bibliography (transliterated)

1. D'omina, N. A. Udoskonalennyya metodiv rozrakhunku elementiv shtampovoho osnashchennyya na osnovi analizu yikh napruzhenno-deformovanooho stanu [Improved methods of calculation elements die equipments based on the analysis of stress-strain state]: avtoref. dys. na zdobuttya nauk. stupenya kand. tekhn. nauk: spets. 05.03.05 "Protseyi ta mashyny obrobky tyskom" [thesis. dis. on competition sciences. degree candidate. sc. sciences specials. 05.03.05 "Processes and machines for pressure"]. Kharkiv, 2011, 20 p.
2. Zayarnenko, E. I. Development of mathematical models and calculations on durability of the dividing readjusted stamps [Development of mathematical models and raschetny to die prochnost razdelitel'nykh perenalazhyvaemykh]: diss. doct. tehn. nauk: special 01.02.06 and 05.03.05 [Dis. Drs. Sc. Sciences specials. 01.02.06 and 05.03.05]. Kharkiv, 1992, 280 p.
3. Ishchenko O.A. Bazovye plity razdelitel'nykh shtampov: napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie s uchetoм kontaktnogo vzaimodeystviya [Basic plates of dividing stamps: the intense deformed state taking into account contact interaction] / O. A. Ishchenko, N. A. Dyomin, A. V. Grabovsky, etc. // *Vestnik NTU "KhPI" [Bulletin of NTU "KhPI"]*. Kharkiv: NTU "KhPI", 2011, 51, 50-58.
4. Ishchenko, O. A. Kontaktnoe vzaimodeystvie elementov shtampov dlya razdelitel'nykh operatsiy [Contact interaction of elements of stamps for dividing operations] / O. A. Ishchenko // *Modelyuvannya protsesiv v metalurgii [Modeling of processes in the industry]*. 2015, 1, 93-96.
5. Ishchenko, O. A. Modelirovaniya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya bazovykh plit razdelitel'nykh shtampov [Modeling of the intense deformed condition of

- basic plates of dividing stamps] / **O. A. Ishchenko, N. A. Dyomin, A. V. Grabovsky, N. A. Tkachuk** // *Kuznechno-shtampovochne proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem [Forging and stamping production. Materials Forming]*, 2012, **9**, 40-44.
6. **Borisevich, V. K.** Analiz razdelitel'nykh protsessov listvoy shtampovki [Analysis of dividing processes of sheet stamping] / **V. K. Borisevich, V. V. Dragobetsky** // *Kuznechno-shtampovochne proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem [Forging and stamping production. Materials Forming]*, 2009, **12**, 9-12.
 7. **Zhang, L. C., Zhongqin Lin** A new mechanics model of stamping a thin strip on an elastic foundation. *International Journal of Solids and Structures*, 1997, **34**(3), 327-339, doi:10.1016/S0020-7683(96)00011-X.
 8. **Kardes, N., Choi, C., Yang, X., Altan, T.** Determining the flow stress curve with yield and ultimate tensile strengths. Part I. *STAMPING Journal*, May/June, 2011, 12-13.
 9. **Kardes N.** Determining the flow stress curve with yield and ultimate tensile strengths. Part II. *STAMPING Journal*, July/August, 2011, 14-15.
 10. **Oujebbour, F. Z., Habbal, A., Ellaia, R., Zhao, Z.** Multicriteria shape design of a sheet contour in stamping. *Journal of Computational Design and Engineering*, 2014, **1**(3), 187-193, doi:10.7315/JCDE.2014.018.
 11. **Liu, W., Yang, Y.** Multi-objective optimization of sheet metal forming process using Pareto-based genetic algorithm. *Journal of Materials Processing Technology*, 2008, **208**(1), 499-506, doi:10.1016/j.jmatprotec.2008.01.014.
 12. **Azaouzi, M., Naceur, H., Delamézière, A., Batoz, J. L., Belouettar, S.** An heuristic optimization algorithm for the blank shape design of high precision metallic parts obtained by a particular stamping process. *Finite Elements in Analysis and Design*, 2008, **44**(14), 842-850, doi:10.1016/j.finel.2008.06.008.
 13. **Lin, B. T., Kuo, C. C.** Application of an integrated CAD/CAE/CAM system for stamping dies for automobiles. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2008, **35**(9-10), 1000-1013, doi:10.1007/s00170-006-0785-y.
 14. **Hamdaoui, M., Le Quilliec, G., Breitkopf, P., Villon, P.** POD surrogates for real-time multi-parametric sheet metal forming problems. *International Journal of Material Forming*, 2013, 1-22, doi:10.1007/s12289-013-1132-0.

Сведения про авторов (About authors)

Ищенко Ольга – ст. преподаватель кафедры высшей математики и физики, Таврический Государственный агротехнологический университет, Мелитополь, Украина.

Ishchenko Olga Anatoliyivna – Senior Lecturer, Higher Mathematics and Physic Department, Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine.

Ткачук Анна Владимировна – с.н.с., к.т.н., с.н.с. кафедры теории и систем автоматизированного проектирования механизмов и машин, Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", Харьков, Украина.

Tkachuk Anna Volodymyrivna – Ph. D. in Engineering Science, Senior Research Assistant, Theory and Systems of Mechanisms and Machines Automated Design Department, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute".

Грабовский Андрей Владимирович – к.т.н., доцент кафедры теории и систем автоматизированного проектирования механизмов и машин, Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", Харьков, Украина, e-mail: grabovskiy@tmm-sapr.org.

Grabovskiy Andrey Volodimirovich – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Theory and Systems of Mechanisms and Machines Automated Design Department, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine, e-mail: grabovskiy@tmm-sapr.org;

Демина Наталья Анатольевна – к.т.н., доцент кафедры высшей математики и физики, Таврический Государственный агротехнологический университет, Мелитополь, Украина.

Demina Nataliya Anatoliyivna – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Higher Mathematics and Physic Department, Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine.

Пожалуйста ссылаетесь на эту статью следующим образом:

Ищенко, О. А. Формирование комплексных расчетных моделей элементов штампов для разделительных операций / **О. А. Ищенко, А. В. Ткачук, А. В. Грабовский, Н. А. Демина** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2016. – № 12 (1184). – С. 23-30. – doi:10.20998/2413-4295.2016.12.04.

Please cite this article as:

Ishchenko, O., Tkachuk, A., Grabovskiy, A., Demina, N. Formation of complex computable models of dies elements for shearing operations. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016, **12** (1184), 23-30, doi:10.20998/2413-4295.2016.12.04.

Будь ласка посилайтеся на цю статтю наступним чином:

Ищенко, О. А. Формування комплексних розрахункових моделей елементів штампів для розділових операцій / **О. А. Ищенко, Г. В. Ткачук, А. В. Грабовський, Н. А. Дьоміна** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПИ». – 2016. – № 12 (1184). – С. 23-30. – doi:10.20998/2413-4295.2016.12.04.

АНОТАЦІЯ. У статті описано новий підхід до формування розрахункових моделей для елементів розділових штампів. Запропоновано формувати комплексну модель, що враховує умови силового та кінематичного спряження базових плит, пакету та напрямних колонок. У моделях, що створені, враховано множинний контакт елементів штампів. Також забезпечено побудову параметричних моделей. Ці моделі дають змогу організувати багатоваріантні розрахунки напружено-деформованого стану. На основі аналізу результатів цих розрахунків визначаються раціональні проектно-технологічні параметри розділових штампів.

Ключові слова: напружено-деформований стан, розділовий штамп, базова плита, розрахункова модель, метод скінчених елементів

Поступила (received) 12.02.2016

ЗМІСТ

ЕНЕРГЕТИКА, МАШИНОБУДУВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

<i>Буртна І. А., Ружинська Л. І., Руденко Л. С.</i> Математична модель масообмінних процесів первапораційного очищення води	5
<i>Витвицький В. М., Сокольський О. Л., Мікульонюк І. О.</i> Вплив тиску та температури на коефіцієнт тертя гранульованих полімерних матеріалів по металевій поверхні	12
<i>Грабовський А. В.</i> Вплив варійованих інерційно-жорсткісних параметрів на характеристики динамічних багатомасових систем	17
<i>Іщенко О. А., Ткачук Г. В., Грабовський А. В., Дьоміна Н. А.</i> Формування комплексних розрахункових моделей елементів штампів для розділових операцій	23
<i>Лазарєв Т. В., Карвацький А. Я., Лелека С. В., Педченко А. Ю.</i> Математична модель процесу екструзії в'язко-пластичної вуглецевої маси	31
<i>Ластівка І. О., Дорошенко К. В., Терещенко Ю. Ю.</i> Розрахункове дослідження газодинамічного впливу на течію в решітках аеродинамічних профілів	38
<i>Лобко А. В.</i> Фізичне моделювання однофазного резонансного напівпровідникового перетворювача з фазовим способом керування	47
<i>Моргунов В. В., Диденко Н. В., Тріщ Р. М.</i> Вибір і використання математичних методів для визначення технологічних параметрів радіаційно-захисних матеріалів	56
<i>Мохаммадсадегі Ф., Чигрин В. С., Єніфанов С. В.</i> Вдосконалення методів виявлення нестійких режимів роботи осьових компресорів з використанням аналізу вібрацій	62
<i>Сенько В. І., Максим С. В., Чепурний А. Д., Шейченко Г. І., Литвиненко О. В., Граборов Р. В., Ткачук М. А., Чубань М. О.</i> Випробування вагона-платформи універсальної	71
<i>Скріпченко Н. Б., Ткачук М. М., Атрошенко О. О.</i> Розрахунково-експериментальне дослідження контакту складнопрофільних тіл	84
<i>Чайковська Є. Є.</i> Контроль працездатності сушильної установки у складі когенераційної системи	89

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

<i>Аврунін О. Г., Шушлягіна Н. О., Носова Я. В., Богдан О. М.</i> Ольфактометрична діагностика на сучасному етапі	95
<i>Вавіленкова А. І.</i> Способи виявлення логічних зв'язків між частинами текстових документів	101
<i>Грудзинський Ю. Є., Марков Р. В.</i> Вибір протоколу серіалізації для розробки програмного забезпечення комунікаційного модуля scada-систем	106
<i>Дубовик Д. Д., Дубовик Т. М.</i> Розробка алгоритму зональних характеристик штучних водоймищ	112
<i>Качанов П. О., Зуєв А. О., Яценко К. М.</i> Метод суміщення геопросторових даних	119
<i>Кисельова А. Г., Кисельов Г. Д.</i> Регуляризація контекстних даних при керуванні автономними системами електроживлення	125
<i>Оборський Г. О., Мигуценко Р. П., Перпері Л. М., Паленний Ю. Г.</i> Невизначеність вимірювань з використанням АЦП для процесів що плінуть повільно	131
<i>Пивоваров Є. П., Большакова В. Л., Кондратюк Н. В., Демидова О. В.</i> Система управління якістю та безпеністю при виробництві капсульованих напівфабрикатів з пробіотичними мікроорганізмами	137

ХІМІЧНІ ТА ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЕКОЛОГІЯ

<i>Безусов А. Т., Нікітчина Т. І.</i> Вплив ефекторів пектинметилестерази люцерни на кінетику деестерифікації пектинових речовин	145
<i>Завгородня Н. І., Пивоваров О. А., Носенко О. В.</i> Утилізація електровакуумного скла відпрацьованих кінескопів в силікатній суміші для виготовлення силікатної цегли	150
<i>Никулишин І. Є., Шевчук Л. І., Оробчук О. М., Фалик Т. С.</i> Дослідження залежності фізико-хімічних та органолептичних показників медів питних варених від хімічного складу сировини та умов процесу зброджування	156

<i>Палюх З. Ю., Мельник Ю. Р., Мельник С. Р.</i> Вплив параметрів процесу на алкоголіз соняшникової олії етиловим спиртом	163
<i>Прісс О. П., Загорко Н. П.</i> Вплив теплової обробки біологічно активними речовинами на функціонування системи низькомолекулярних антиоксидантів під час зберігання плодів перцю	169
<i>Сергєєва О. В., Півоваров О. А.</i> Характеристики кисень вмісних з'єднань кобальту які отримано плазмохімічною обробкою водних розчинів	176
<i>Сердюк М. Є., Гапріндашвілі Н. А.</i> Визначення збереженості плодів яблуни	181
<i>Ситнік Н. С., Демидов І. М., Куниця К. В.</i> Дослідження активності гліцерату калію як каталізатору перестерифікації жирів за різних умов проведення процесу	188
<i>Тюрікова І. С., Пересічний М. І., Рогова Н. В., Непом'яца О. О.</i> Технологія створення напоїв з використанням волоського горіху	194
<i>Циганкова О. В., Білько М. В.</i> Дослідження якісних характеристик білих і рожевих виноматеріалів з перспективних сортів винограду	201
<i>Черниш Є. Ю., Яхненко О. М.</i> Визначення режимних параметрів роботи високонавантажених систем біодесульфуризації з використанням фосфогіпсу	207

CONTENTS

ENERGY, ENGINEERING AND STRUCTURAL MATERIALS TECHNOLOGY

<i>Burtna I., Ruzhinska L., Rudenko L.</i> Mathematical model of mass transfer processes of pervaporation water purification	5
<i>Vytvytskyi V., Sokolskyi O., Mikulionok I.</i> Influence of pressure and temperature on the friction granular polymeric materials to the metal surfaces	12
<i>Grabovskiy A.</i> The effect of variable inertia-stiffness parameters on dynamic multi-mass systems	17
<i>Ishchenko O., Tkachuk A., Grabovskiy A., Demina N.</i> Formation of complex computable models of dies elements for shearing operations	23
<i>Lazariev T., Karvatskii A., Leleka S., Pedchenkon A.</i> the mathematical model of extrusion of viscoplastic carbon composition	31
<i>Lastivka I., Doroshenko K., Tereshchenko Y.</i> Computational study of gas dynamic influence on the flow in lattice of airfoils	38
<i>Lobko A. V.</i> Physical simulation of resonant single-phase semiconductor converters with phase operating methods	47
<i>Morgunov V., Didenko N., Trishch R.</i> Choice and use of mathematical methods to determine the technological parameters of radiation-shielding materials	56
<i>Mohammadsadeghi F., Chygryn V., Yepifanov S.</i> Vibration-based detection of axial-flow compressor unstable operation	62
<i>Sen'ko V., Makeev S., Chepurnoy A., Sheychenko R., Litvinenko O., Graborov R., Tkachuk M., Chuban M.</i> Testing of the universal platform car	71
<i>Skripchenko N., Tkachuk N., Atroshenko O.</i> Numerical and experimental study of contact for bodies of complex shape	84
<i>Chaikovskaya Eugene</i> Control working ability of the drying plant in the composition of the cogeneration system	89

INFORMATION TECHNOLOGY AND CONTROL SYSTEMS

<i>Avrinin O., Shushlyapina N., Nosova Y., Bogdan O.</i> Olfactometry diagnostic at the modern stage	95
<i>Vavilenkova A.</i> Methods of identifying logical connections between parts of text documents	101
<i>Grudzynskyy Y., Markov R.</i> Protocol selection for serialization software development communication module scada-systems	106
<i>Dubovyk D., Dubovyk T.</i> Development of an algorithm of zonal characteristics of artificial reservoirs	112

<i>Kachanov P, Zuev A., Yatsenko K.</i> Method of overlapping geospatial data	119
<i>Kyselova A., Kyselov G.</i> Regularization of context data of autonomous power supply systems	125
<i>Oborsky G. A., Mygushchenko R. P., Perperi L. M., Palenny Yu. H.</i> Uncertainty of measurement with ADC for slowly proceed processes	131
<i>Pivovarov E., Bol'shakova V., Kondratjuk N., Demydowa O.</i> Control system by quality and safety at the production of capsulated products with probiotic microorganisms	137

CHEMICAL AND FOOD TECHNOLOGY, ECOLOGY

<i>Bezysov A., Nikitchina T.</i> Influence of effectors pectin methylesterase alfalfa deesterification kinetics of pectin substances	145
<i>Zavgorodnia N., Pivovarov O., Nosenko O.</i> Utilization in silicate mix for production of the silicate brick of electrovacuum glass of the fulfilled kinescopes	150
<i>Nykulyshyn I., Shevchuk L., Orobchuk O., Falyk T.</i> Investigation of dependence of honey drinking physical, chemical and organoleptic characteristics from the raw materials chemical composition and conditions of fermentation process	156
<i>Palyukh Z., Melnyk Yu., Melnyk S.</i> The effect of parameters on the transesterification process of sunflower oil with ethanol	163
<i>Priss O., Zahorko N.</i> Effect of heat treatment with biologically active substances on the functioning of low-molecular antioxidant system during the storage of sweet bell pepper fruits	169
<i>Sergeyeva O., Pivovarov A.</i> Characteristics of oxygenated cobalt compounds obtained by plasma chemical treatment of aqueous solutions	176
<i>Serdyuk M., Gaprindashvili N.</i> Definitions of apple fruits preservation	181
<i>Sytnik N., Demydov I., Kunitsa K.</i> Doslidzhennya aktyvnosti gliceratu kaliyu yak katalizatoru pereeteryficacii zhyriv za riznyh umov provedennya processu	188
<i>Tiurikova I., Peresichnyi M., Rogovaja N., Nepomiashcha O.</i> Creating technology of drinks with the use of walnuts	194
<i>Tsygankova E. V., Bil'ko M. V.</i> Study quality characteristics of white and rosé wine from grapes promising	201
<i>Chernish E., Yakhnenko E.</i> Determination of regime parameters of heavy loaded of bio-desulfurization system with phosphogypsum using	207

**ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"**

Збірник наукових праць
Серія:
Нові рішення в сучасних технологіях
№ 12 (1184) 2016

Науковий редактор чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф. Є. І. Сокол
Технічний редактор канд. техн. наук А. В. Грабовський

Відповідальний за випуск: канд. техн. наук, доц. Р. С. Томашевський

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ «ХПІ».
Рада молодих вчених, тел. (057)707-69-37, e-mail: vestnik.nsmi@gmail.com

Обл.-вид. № 10-16

Підп. до друку «08» квітня 2016 р. Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Друк цифровий.
Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 10,0. Облік.вид.арк. 10,0.
Тираж 300 прим. Зам. № . Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХПІ». Свідоцтво про державну реєстрацію
суб'єкта видавничої справи ДК №3657 від 24.12.2009
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21
