

## ОПИС ЗАВЕРШЕНОЇ РОЗРОБКИ

### Найменування розробки (українською, англійською).

Розроблення інноваційних технологій штампування гільз для артилерійських снарядів для промислових підприємств України, Development of innovative technologies for stamping shell casings for artillery shells for industrial enterprises of Ukraine

1. Номер державної реєстрації, номер реєстрації в університеті.  
0120U102385, 2318п
2. Науковий керівник (вчений ступінь, звання) (укр., англ.)  
д.т.н., проф, Калюжний В.Л., Doctor of Technical Sciences, Professor, Kaliuzhny V.L.
3. Суть розробки, основні результати. (укр., англ.; обсягом не менше 1500–2000 знаків кожною мовою).

Проект присвячений розробленню новітніх, конкурентоспроможних технологій та конструкцій штампного оснащення для виготовлення гільз артилерійських снарядів, що є актуальним для підвищення обороноздатності України. Розроблення технологій було виконане в двох напрямках. Перший напрямок включає підвищення продуктивності та зниження собівартості за рахунок використання останніх напрацювань по гарячому видавлюванню порожнистих напівфабрикатів та по гарячому і холодному штампуванню витягуванням з потоншенням та формоутворення обтиском на кінцевій операції. При цьому підвищення продуктивності та зниження собівартості виготовлення забезпечується суттєвим скороченням (в 2-3 рази) кількості переходів витягування з потоншенням і обтиску з одночасним підвищенням стійкості деформуючого інструменту, а також зниженням витрат металу до 10-15% на кожному виробі. Такий напрямок стосується виготовлення сталевих та латунних гільз.

Другий напрямок включає використання останніх досягнень по холодному видавлюванню порожнистих латунних напівфабрикатів, які забезпечують зниження зусилля видавлювання до 30%, підвищення стійкості деформуючого інструмента в 1,5 разів та збільшення ступеню деформації до 20% на цьому переході. Це разом із застосуванням деформуючого інструменту спеціального профілю приведе до скорочення в 2 рази кількості переходів холодного витягування з потоншенням та використання тільки однієї кінцевої операції холодного обтиску.

Розроблено інноваційні технологічні процеси та конструкції штампного оснащення для штампування латунних і сталевих заготовок гільз малого, середнього та великого калібру, які забезпечують підвищення продуктивності виготовлення і зниження їх собівартості та дозволяють застосувати виробництво вказаних виробів на існуючих вітчизняних підприємствах. Методом скінченних елементів створено математичні моделі, проведено комп'ютерне моделюванням та встановлено конструктивні, технологічні та фізико-механічні параметри переходів штампування заготовок гільз. Виявлено силові режими штампування, питомі зусилля на деформуючому інструменті, форми і розміри напівфабрикатів на переходах штампування та кінцеві форми і розміри заготовок гільз.

Для гільз малого діаметра встановлено можливість штампування за чотири переходи взамін шести-восьми переходів по існуючій технології. Розроблено нову технологію виготовлення із маловуглецевої сталі заготовки гільзи середніх розмірів з використанням чотирьох переходів штампування замість шести по існуючій технології, а саме: гарячого зворотного видавлювання, двох переходів холодного витягування з потоншенням, калібрування та обтиску. Створено інноваційну високопродуктивну та ресурсозберігаючу технологію виготовлення із латуні заготовки гільзи великого калібру, сутність якої полягає в застосуванні витягування з

потоншенням замість ротаційного видавлювання, що забезпечило суттєву економію металу на одній заготовці.

The project is designed to develop the latest, competitive technologies and designs of stamping equipment for the manufacture of artillery shells, which is relevant to increase Ukraine's defense capabilities. Technology development is performed in two directions. The first age includes increased productivity and cost reduction through the use of the latest developments in hot extrusion of hollow semi-finished products and hot and cold stamping by drawing with thinning and crimping at the end of operations. At the same time, increasing productivity and reducing the cost of production is provided by a significant reduction (2-3 times) in the number of extraction transitions with thinning and compression while increasing the stability of the deforming tool, as well as reducing metal consumption by 10-15% for each product. This direction applies to the manufacture of steel and brass sleeves.

The second direction includes the use of the latest advances in cold extrusion of hollow brass semi-finished products, which reduce the extrusion force by up to 30%, increase the stability of the deforming tool by 1.5 times and increase the degree of deformation to 20% at this transition. This, together with the use of a special profile deforming tool, will reduce by 2 times the number of cold drawing transitions with thinning and the use of only one final cold pressing operation.

Innovative technological processes and designs of stamping equipment for stamping brass and steel billets of small, medium and large caliber sleeves have been developed, which increase production productivity and reduce their cost and allow to use the production of these products at existing domestic enterprises. Mathematical models were created by the finite element method, computer modeling was performed, and constructive, technological and physical-mechanical parameters of the stamping workpiece transition transitions were established. The power modes of stamping, specific forces on the deforming tool, shapes and sizes of semi - finished products at stamping transitions and final shapes and sizes of sleeve blanks are revealed.

For small diameter sleeves, it is possible to stamp in four transitions instead of six or eight transitions using existing technology. A new technology for the production of medium-sized low-carbon steel billets using four stamping transitions instead of six using the existing technology, namely: hot back extrusion, two cold extrusion transitions with thinning, calibration and compression, has been developed. An innovative high-performance and resource-saving technology for making large-caliber sleeve blanks from brass has been created, the essence of which is the use of drawing with thinning instead of rotary extrusion, which provided significant savings in metal per workpiece.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності (*заявка на патент, патент, свідоцтво на авторське право*). 2 патенти на корисну модель
5. Порівняння зі світовими аналогами.

В порівнянні з зарубіжним аналогами технології виготовлення заготовки гільз малого калібру операціями штампування запропонована технологія дозволяє зменшити в 2 рази кількість переходів витягування з потоншенням та переходів обтиску. При цьому в 2 рази зменшується кількість відпалів напівфабрикатів між переходами штампування. Відповідно значно підвищується продуктивність виготовлення заготовок гільз та суттєво зменшується їх собівартість. Створена інноваційна високопродуктивна та ресурсозберігаюча технологія виготовлення із латуні заготовки гільзи великого калібру, сутність якої полягає в застосуванні витягування з потоншенням замість ротаційного видавлювання, що забезпечило суттєву економію металу на одній заготовці.

6. Економічна привабливість для просування на ринок (*вартість реалізації проекту, терміни впровадження та окупності, показники*). Потреби в інвестиціях для реалізації від 50 до 100 млн. гривень ( від 2 млн. до 3,5 млн. доларів США) Окупність проекту до 3х років
7. Потенційні користувачі (*галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації*).

Підприємства Укроборонпрому

8. Стан готовності розробки (*лабораторний або промисловий зразок, технічна документація, бізнес-план, готова до впровадження тощо із зазначенням технологічного рівня готовності (TRL)*).

Технічна документація на всі переходи отримання кінцевих виробів.

9. Існуючі результати впровадження.

2 акти впровадження технологічних рішень ДАХК «Артем», ДП «ШЗ»ІМПУЛЬС».

10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.

Кафедра Технології виробництва літальних апаратів, навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут, 2049611, gornwad@ukr.net

11. Фото (**обов'язково**) або кілька слайдів презентації з фото розробки в електронному вигляді (**рекламного характеру**). Якщо фото надається окремим файлом, бажано використовувати JPEG формат.

12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання (**вагомі: монографії, підручники, посібники, наукові статті, дисертації, інші публікації**).

№ з/п	Повні дані про статті з веб-адресою електронної версії; <u>підкреслити прізвища авторів</u> , зазначених у списку виконавців	Наукометрична база даних
1	The determination of deformation velocity effect on cold backward extrusion processes with expansion in the movable die of axisymmetric hollow parts. <i>I. Aliiev, V. Levchenko, L. Aliieva, V. Kaliuzhnyi, P. Kisala, B. Yeraliyeva, and Y. Kulakova</i> . Collective Monograph: "Mechatronics" Vol. II. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book, 2020. – 420 pp. <a href="https://www.routledge.com/Mechatronic-Systems-2-Applications-in-Material-Handling-Processes-and-Robotics/Polishchuk-Mamyrbayev-Gromaszek/p/book/9781032105857?fbclid=IwAR3_a3NbGn4moYWjIK6BHZZXyKG3-xZayluFVD4x1UUnR32AFRAum9LF1aCU#toc">https://www.routledge.com/Mechatronic-Systems-2-Applications-in-Material-Handling-Processes-and-Robotics/Polishchuk-Mamyrbayev-Gromaszek/p/book/9781032105857?fbclid=IwAR3_a3NbGn4moYWjIK6BHZZXyKG3-xZayluFVD4x1UUnR32AFRAum9LF1aCU#toc</a>  <a href="https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=16463608000">https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=16463608000</a>	Scopus
2	Mechatronic Systems 2. Applications in Material Handling Processes and Robotics // Polishchuk Leonid, Mamyrbayev Orken, Gromaszek Konrad, 1st ed. Taylor & Francis Group, Routledge, 2021 - 336 p: Chapter 20 - <u>Y. Danylchenko</u> , A. Petryshyn, S. Repinskyi, V. Bandura, M. Kalimoldayev, K. Gromaszek, B. Imanbek Dynamic characteristics of "tool-workpiece" elastic system in the low stiffness parts milling process – pp. 225-236. <a href="https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/9781003225447/mechatronic-systems-2-leonid-polishchuk-orken-mamyrbayev-konrad-gromaszek">https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/9781003225447/mechatronic-systems-2-leonid-polishchuk-orken-mamyrbayev-konrad-gromaszek</a>	Scopus

№ з/п	Повні дані про статті та тези доповідей з веб-адресою електронної версії; <u>підкреслити прізвища авторів</u> , зазначених у списку виконавців	Наукометрична база даних
1	Kukhar, V., Sahirov, Y., Markov, O., <u>Hornostai V.</u> , Nahnibeda, M. Simulation of bending and torsion tests of non-welded and welded direct-formed rectangular hollow sections. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 1001(1), 012069. DOI: <a href="https://doi.org/10.1088/1757-899X/1001/1/012069">10.1088/1757-899X/1001/1/012069</a> . EID: 2-s2.0-85100023755. ISSN: <a href="https://doi.org/10.1088/1757-899X/1001/1/012069">1757899X</a> <a href="https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221745932">https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221745932</a>	Scopus
2	Kukhar, V.V., Sahirov, Y.G., <u>Hornostai V.M.</u> , Markov, O.E., Nahnibeda, M.M. FEM analysis of stress-strain state and material consumption of RHS with longitudinal gap and weld during the tests. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021, 1037(1), 012025, DOI: <a href="https://doi.org/10.1088/1757-899X/1037/1/012025">10.1088/1757-899X/1037/1/012025</a> , EID: 2-s2.0-85101604094, ISSN: <a href="https://doi.org/10.1088/1757-899X/1037/1/012025">1757899X</a> <a href="https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221745932">https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221745932</a>	Scopus
3	Kukhar, V.V., Sahirov, Y.G., <u>Hornostai V.M.</u> , Markov, O.E., Nahnibeda, M.M. <i>FEM simulation of bending and torsion tests of similar size RHS but of the different production options</i> . E3S Web of Conferences, 2021, 234, 00079, DOI: <a href="https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123400079">10.1051/e3sconf/202123400079</a> EID: 2-s2.0-85100868846, ISSN: <a href="https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123400079">22671242 25550403</a> <a href="https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221745932">https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221745932</a>	Scopus

4.	Andrii H. Prysiazhnyi, Volodymyr V. Kukhar*, <u>Vadym Hornostai</u> , Ekaterina Kudinova, Maryna Korenko, Oleksandr S. Anishchenko. Mathematical Models for Forecasting of 10Mn2VNb Steel Heavy Plates Mechanical Properties. <u>Materials Science Forum</u> (Volume 1045). 237-245. <a href="https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1045.237">https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1045.237</a> <a href="https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221745932">https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221745932</a>	Scopus
----	---	--------

№	Повні дані про статті з веб-адресою електронної версії; підкреслити прізвища авторів, зазначених у списку виконавців	
1	Визначення впливу ступеня деформації на параметри процесу холодного зворотного видавлювання порожнистих виробів з роздачою / В. М. Горностай, А. М. Потятиник, М. О. Єфремов, Є. Ю. В'язовський, В. В. Шаповалов // <u>Наукові нотатки</u> . - 2019. - Вип. 66. - С. 58-64. <a href="http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2019_66_10">http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2019_66_10</a>	
2	Формування фланців в трубчастих заготовках в штампах з активною дією сил тертя // С. Ф. Сабол, П. А. Левченко, В. М. Горностай // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії, № 12(1337), 2019р. с. 57 -63. <a href="http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/44352">http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/44352</a>	
3	Калюжний В.Л. Применение деформирующего инструмента специального профиля для интенсификации процесса вытяжки в радиальных матрицах // В.Л. Калюжный, А.С. Ярмоленко. Вісник КПІ ім. Ігоря Сікорського. Mechanics Andadvanced Technologies. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020, №1 (88).- С. 66-74 <a href="http://journal.mmi.kpi.ua/article/view/204641">http://journal.mmi.kpi.ua/article/view/204641</a> <a href="https://doi.org/10.20535/2521-1943.2020.88.204641">https://doi.org/10.20535/2521-1943.2020.88.204641</a>	
4	Калюжний В.Л., Калюжний О.В., Марчук К.Л. Розрахунок розмірів вихідної порожнистої заготовки із тонкою стінкою змінної товщини та обтиск її в матриці з конусно-циліндричною деформуючою поверхнею. Вісник КПІ ім. Ігоря Сікорського. Mechanics Andadvanced Technologies. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020, №3 (90). С. 106-112. <a href="http://journal.mmi.kpi.ua/article/view/219526">http://journal.mmi.kpi.ua/article/view/219526</a> <a href="https://doi.org/10.20535/2521-1943.2020.0.219526">https://doi.org/10.20535/2521-1943.2020.0.219526</a>	
5	Калюжный В. Л., Ярмоленко О. С., Малый Х. В. Горяче штамповання сталевих порожнистих виробів з інтенсивною пластичною деформацією стінки і донної частини // ISSN 2076-2151. Обработка материалов давлением. 2020. № 1 (50) . С.98-104 <a href="http://omd.dgma.donetsk.ua/index.php/main/article/view/151">http://omd.dgma.donetsk.ua/index.php/main/article/view/151</a> <a href="https://doi.org/10.37142/2076-2151/2020-1(50)98">https://doi.org/10.37142/2076-2151/2020-1(50)98</a>	
6	Горностай В.М. Вплив швидкості робочого інструменту на тепловий ефект при холодному видавлюванні порожнистих виробів з роздачею. / Горностай В.М., Ситник С. В., Кисіль Д. І. // ISSN 2076-2151. Обработка материалов давлением. 2020. № 1 (50) . С.119-125 <a href="http://omd.dgma.donetsk.ua/index.php/main/article/view/154">http://omd.dgma.donetsk.ua/index.php/main/article/view/154</a> <a href="https://doi.org/10.37142/2076-2151/2020-1(50)119">https://doi.org/10.37142/2076-2151/2020-1(50)119</a>	
7	Калюжний О.В. Холодне витягування з потоншенням сталевих порожнистих виробів / О.В. Калюжний, В.Л. Калюжний, Д.О. Карамішев // Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов. Краматорск: ДГМА, 2020. № 1(50). С. 50-57. <a href="http://omd.dgma.donetsk.ua/index.php/main/article/view/145">http://omd.dgma.donetsk.ua/index.php/main/article/view/145</a> <a href="https://doi.org/10.37142/2076-2151/2020-1(50)50">https://doi.org/10.37142/2076-2151/2020-1(50)50</a>	
8	Калюжний В.Л. Штампування із маловуглецевої сталі заготовки гільзи середніх розмірів // В.Л. Калюжный, А.С. Ярмоленко, Марчук К.Л. Вісник КПІ ім. Ігоря Сікорського. Mechanics Andadvanced Technologies. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021, том 5, №1 (88).- С. 113-121 <a href="http://journal.mmi.kpi.ua/article/view/234466">http://journal.mmi.kpi.ua/article/view/234466</a> <a href="https://doi.org/10.20535/2521-1943.2021.5.1.234466">https://doi.org/10.20535/2521-1943.2021.5.1.234466</a>	
9	Калюжний В.Л. Підвищення продуктивності та зниження витрат металу при штампуванні латунних гільз великої довжини. //Калюжний В.Л., Бісик С.П, Калюжний О.В., Горностай В.М.// Озброєння та військова техніка. №2(30).2021. Київ.с.85-95 <a href="https://journal.cndiovt.com.ua/index.php/ovt/issue/view/30#highlander_content_main">https://journal.cndiovt.com.ua/index.php/ovt/issue/view/30#highlander_content_main</a>	

13. Надати ключові слова до розробки

Витягування з потоншенням, обтиск, видавлювання з роздачою, порожнисті вироби, інноваційні технології, високопродуктивне штампування, низька собівартість, силові режими, напружено-деформований стан, фізико-механічні властивості, вичерпаний ресурс пластичності, якість виробів.

**Ваша розробка буде розміщена в базі завершених розробок на сайті  
Наука та інноватика КПІ ім. Ігоря Сікорського <http://science.kpi.ua/>.**

**Організаційно-аналітичний відділ НДЧ,  
e-mail: [o.savitch@kpi.ua](mailto:o.savitch@kpi.ua)  
к. 138-1. Тел. 204-92-00.**