УДК 621.979 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.148.2014.72778

ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ПРИВОДА ВІБРОУДАРНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ РОЗВАНТАЖЕННЯ КУЗОВІВ-САМОСКИДІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Д-р техн. наук Р.Д. Іскович-Лотоцький,
канд. техн. наук Я.В. Іванчук,
Я.П. Веселовський

ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГИДРОИМПУЛЬСНОГО ПРИВОДА ВИБРОУДАРНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАЗГРУЗКИ КУЗОВОВ-САМОСВАЛОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Д-р техн. наук Р.Д. Искович-Лотоцкий,
канд. техн. наук Я.В. Иванчук,
Я.П. Веселовский

APPLICATION OF HYBRID MODELING IN THE DEVELOPMENT OF HYDROIMPULSIVE DRIVE VIBROSHOCKING DEVICE FOR UNLOADING THE BODIES OF DUMP TRUCKS VEHICLES

Prof., Dr. R. D. Ickocich-Lototsky, Assoc., Ph.D. Y. V. Ivanchuk, stud. Y. P. Veselovsky

Моделювання складних виробів, механізмів, пристроїв та установок вимагає застосування маси різноманітних операцій, не схожих по типології. Зокрема, перспективним напрямком є застосування гібридного методу моделювання, що дозволяє виконувати побудову різних за конструкцією деталей поєднуючи каркасну, поверхневу, твердотільну геометрію і використовувати комбінації жорстко-розмірного (з явним заданням геометрії) та параметричного моделювання.

Моделювання гідроімпульсного привода віброударного пристрою для розвантаження кузовів-самоскидів транспортних засобів проводиться за допомогою системи автоматизованого проектування, а саме в програмному середовищі КОМПАС-3D, при застосуванні гібридного моделювання.

Ключові слова: *гібридне моделювання, геометрія, гідроімпульсний привод, кузов, вантаж.*

Моделирование сложных изделий, механизмов, устройств и установок требует применения массы разнообразных операций, не похожих по типологии. В частности, перспективным направлением является применение гибридного метода моделирования, что позволяет выполнять построение различных по конструкции деталей сочетая каркасную, поверхностную, твердотельную геометрию и использовать комбинации жестко-размерного (с явным заданием геометрии) и параметрического моделирования.

Моделирование гидроимпульсного привода виброударного устройства для разгрузки кузовов-самосвалов транспортных средств проводится с помощью системы автоматизированного проектирования, а именно в программной среде КОМПАС-3D, при применении гибридного моделирования.

Ключевые слова: *гибридное моделирование, геометрия, гидроимпульсный привод, кузов, груз.*

Modeling of complex products, mechanisms, devices and systems requires a mass variety of operations that are not similar in typology. In particular, a promising direction is the use of hybrid simulation technique that allows you to build various components combining wireframe, surface, solid geometry, and use a combination of hard-dimensional (with explicit reference geometry and parametric modeling).

Modeling hydroimpulsive drive vibroshocking device for unloading the bodies of dump trucks vehicles is carried out using computer-aided design, namely in the software environment of KOMPAS-3D, the application of hybrid modeling.

Keywords: *hybrid modeling, geometry, hydroimpulsive drive, body, cargo.*

Вступ. До найбільш ефективних та енергозаощаджувальних технологій в різних галузях виробництва відносяться вібраційні та віброударні [1], які реалізуються за допомогою пристроїв з різними типами приводів – механічним, електричним, гідравлічним, пневматичним, комбінованим.

Розробка і впровадження нового вібраційного та віброударного обладнання, з метою використання його для вантажно-розвантажувальних робіт на транспорті, дає можливість прискорити розвантаження, знизити затрати і скоротити наднормативні простої транспортних засобів під розвантажувальними роботами [2, с. 5-10].

Зокрема, перспективним напрямком є створення за допомогою сучасних систем автоматизованого проектування змінного навісного обладнання з гідроімпульсним приводом для автомобілів-самоскидів, бортових автомобілів, причепів тракторів та інших транспортних засобів, що дозволить знизити час на розробку і відповідно знизити витрати на виробництво [3, с.178-181; 4, с.48-54].

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Для простих конструкторських задач з самого початку можна застосовувати технологію параметричного моделювання. Більш складні завдання найчастіше оптимальніше вирішувати за допомогою традиційних засобів моделювання в твердому тілі і поверхнях. Інженер може змінювати існуючі моделі за допомогою традиційних методів геометричного конструювання або перетворювати існуючі поверхні і точні тверді тіла з бази даних у моделі, засновані на типових елементах, і застосовувати до них методи параметричного моделювання. Стає можливим використання старих даних, оскільки немає необхідності повністю параметризувати усі дані. Користувач може поєднувати параметричні або варіаційні моделі зі старими даними САПР в будь-якому поданні моделі. Гібридне моделювання інтегрує моделювання в параметричному вигляді за допомогою типових елементів, і традиційне геометричне моделювання, дозволяючи інженерам отримати проект у найкоротші терміни, але з найвищою якістю і використовуючи кращі ідеї. Обмеження на модель накладаються тільки після того, як конструктор впевнений в їх призначенні. Немає ніяких ускладнень, як в чисто параметричних системах, де користувачам доводиться заново переробляти модель або запам'ятовувати сотні взаємопов'язаних умов, накладених на геометрію деталі.

На відміну від електричного макромоделювання [6] гібридне моделювання припускає одночасну реалізацію в CAD-програмі різних видів моделювання – логічного, функціонального та схемотехнічного. Відповідно для моделювання елементів схем використовуються різні типи моделей – фізичні та інформаційні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основне завдання конструктора на етапі концептуального проектування - створити первинну компоновку виробу у вигляді складальної 3D-моделі, що містить моделі всіх необхідних функціональних компонентів.

Отримавши компонувальний ескіз, конструктор намагається вирішити на ньому свої завдання, дотримуючись обмежень, які вже визначені.

Використовуючи сучасний САПР [6]. Конструктор може працювати і в 3D-складанні, і в 2D-фрагменті залежно від свого досвіду індивідуального відчуття ефективності. Спочатку конструктор працює в 2D, пояснюючи це тим, що при опрацюванні безлічі варіантів взаємного розташування компонентів та силуетної лінії корпусу легше і швидше переміщати плоскі макроелементи, ніж користуватися командами зсувів і поворотів компонентів складання і редагувати ескізні криві. Елементами компонувального ескізу є растрові вставки, отримані з малюнка первісного складання і обрізані по контуру. І які конструктор може незалежно переміщати ті елементи, на які не накладаються конструктивні обмеження.

Використовуючи звичайні графічні примітиви (відрізки, дуги, сплайни, криві),

конструктор опрацьовує силует деталі. Об'ємне уявлення моделі існує поки що лише в уяві конструктора, а для подальшої роботи потрібно таке зображення, в якому видно обсяг деталі. Тому конструктор використовує свої професійні засоби, створюючи ефект об'ємності, попутно опрацьовуючи малюнок п'ятіркою дрібних деталей і деякі інші елементи.

Основна частина. Відомо, що для підвищення ефективності розвантаження і очищення кузовів автомобілів-самоскидів пропонується застосовувати вібрації або періодичні удари прикладені до вантажонесучого органу [7, с. 8-11], в свою чергу для розвантаження дрібнодисперсних вантажів бажано застосовувати гармонійні коливання.

Для вантажів, які у вологому стані налипають на вібраційний вантажонесучий орган транспортуючої машини або примерзли, слід застосовувати ударні імпульси для розпушування і ліквідації примерзання вантажу до стінок кузова автомобіля-самоскида.

Для створення розвантажувального пристрою широкого спектру застосування, на базі розроблених конструкцій [8] кафедрою металорізальних верстатів та обладнання автоматизованого виробництва ВНТУ із використанням систем автоматизованого проектування, а саме гібридного моделювання, була розроблена концептуальна 3D-модель [9, с. 40-44; 10, с. 122-126] конструкції гідроімпульсного привода віброударного пристрою (рис. 1), керованого двокаскадним клапаном-пульсатором [1, с. 152-180], яка задовольняє вимоги як до параметрів розвантаження різних видів вантажів (гармонійні коливання та ударні імпульси), так і до технічних і конструктивних параметрів гідравлічних навісних пристроїв.

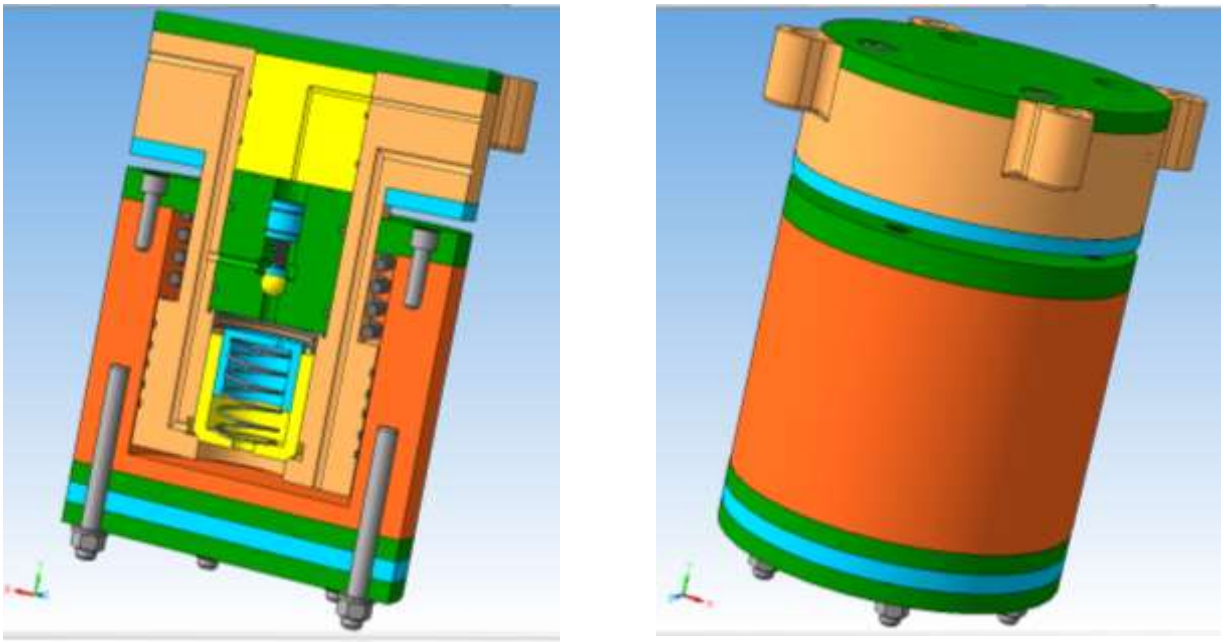

Рис. 1. Об’ємна модель віброударного пристрою з гідроімпульсним приводом ля розвантаження кузовів-самоскидів транспортних засобів

В основу розробки покладено задачу створення ефективного вібраційного і віброударного пристрою для розвантаження і очищення кузовів автомобілів-самоскидів, що живиться від гідросистеми автомобіля-самоскида і має можливість дистанційного незалежного регулювання режимів роботи розвантаження цього пристрою (бігармонійні коливання та ударні імпульси), за рахунок створення в робочому гідроциліндрі пульсуючого тиску спеціальним клапаном-пульсатором. Зворотно-поступальний рух змінних інерційних мас створює вібрації, які передаються кузову автомобіля-самоскида із вантажем, що приводить до одночасної очистки і розвантаження кузова.

На основі розробленої в CAD-системі концептуальної 3D-моделі конструкції віброударного пристрою з гідроімпульсним приводом було розроблено складальне креслення пристрою для розвантаження і очищення кузова самоскида (рис. 2) [7, 8].

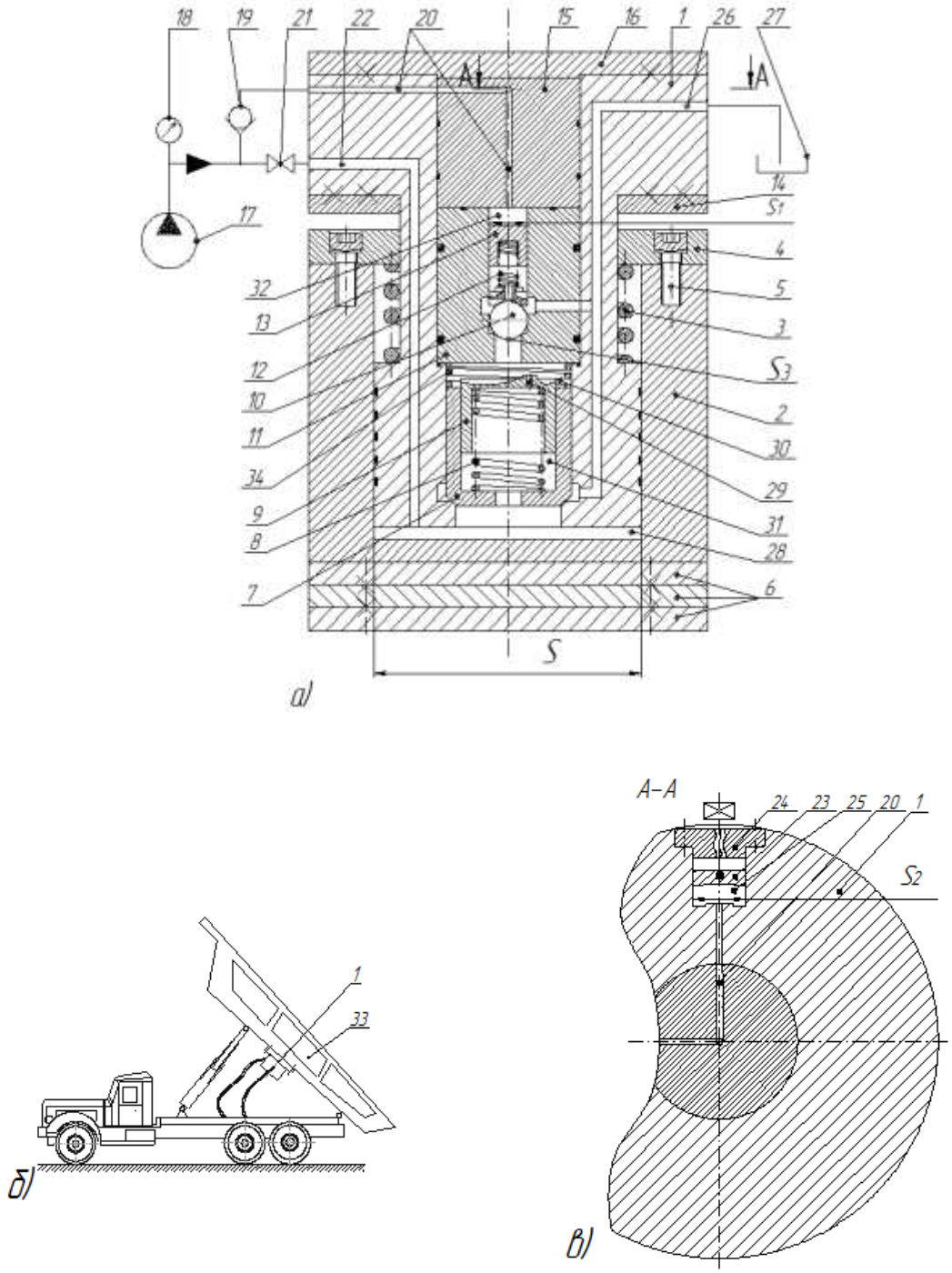

Рис. 2. Віброударний пристрій з гідроімпульсним приводом для розвантаження і очищення кузова самоскида: а – конструктивна схема віброударного пристрою для розвантаження; б – схема розташування пристрою; в – розріз по А-А

Пристрій (рис. 2) містить гідроциліндр 2, в якому розміщений плунжер 1, що закріплений на кузові автомобіля-самоскида 33 і утворює порожнину 28. У свою чергу плунжер 1 притиснений силовою пружиною 3, яка другим своїм кінцем з'єднана з кришкою 4, яка закріплена болтами 5 з гідроциліндром 2, до якого закріплені змінні інерційні маси 6. У середині плунжера 1 вмонтований двокаскадний елемент керування зворотно-поступальними рухами гідроциліндра 2 у вигляді клапана-пульсатора, який складається із клапана другого каскаду 7, що з'єднаний контактною пружиною 8 із штовхачем 9, в якому виконаний дросельний отвір 29 з можливістю автоматичного перекривання, і робочою пружиною 34 із клапанним корпусом 11, і через робочу порожнину 30 з'єднаний із керуючим кульковим клапаном першого каскаду 10 у середині клапанного корпуса 11.

У свою чергу між клапаном другого каскаду 7, керуючим кульковим клапаном першого каскаду 10 і штовхачем 9 утворена порожнина 30. А між штовхачем 9 і клапаном другого каскаду 7 утворена порожнина 31. Керуючий кульковий клапан першого каскаду 10 через регулювальну пружину 12 з'єднаний із гідравлічно-керуючим плунжером 13. До клапанного корпусу 11 приєднана проставка 15, у якій з'єднувальними гідролініями 20 сполучені робочі порожнини 32 і 25, в якій розміщений гвинт дистанційного керування 23, який через гвинтове з'єднання закріплений у кришці 24, яка закріплена у плунжері 1. Проставка 15 у свою чергу закріплена кришкою 16. Також у плунжері 1 виконані напірна гідролінія 22, яка з'єднана із гідронасосом 17 через вентиль 21 і з'єднана із з'єднувальними гідролініями 20 через зворотний клапан 19. Манометр 18 служить для контролю тиску в напірній гідролінії 22 і в з'єднувальній гідролінії 20. Також у плунжері 1 виконана зливна гідролінія 26, що з'єднана з баком 27. Посадочне місце для удару гідроциліндра 2 по плунжеру 1 може бути виконане у вигляді проставок 14, які закріплені до плунжера 1, жорсткість яких змінюється в залежності від режиму роботи.

Пристрій працює таким чином. Перед початком роботи пристрою вентиль 21 перекривається і робоча рідина подається гідронасосом 17 через з'єднувальні гідролінії 20 в робочі порожнини 32 і 25, до визначеного тиску, що контролюється манометром 18. Після досягнення визначеного тиску в з'єднувальних гідролініях 20 відкривається вентиль 21 і робоча рідина через напірні гідролінії 22 подається в порожнину 28, що сполучається з проміжною порожниною 31 клапана другого каскаду 7, а через дросельний отвір 29, виконаний у днищі штовхача 9, в порожнину 31. Під дією тиску рідини в порожнині 28 на нижню поверхню площини S гідроциліндра 2 утворюється сила, яка змушує гідроциліндр 2 переміщуватись, стискаючи силову пружину 3, через кришку 4, що з'єднана болтами 5. У свою чергу під дією тиску рідини на нижню основу S_3 керуючого кулькового клапана першого каскаду 10 утворюється сила, яка заставляє керуючий кульковий клапан першого каскаду 10 переміщуватись вверх, стискуючи регулювальну пружину 12, яка другим кінцем з'єднана з гідравлічно-керуючим плунжером 13. Причому зусилля в пружині 12 регулюється силою притискання гідравлічно-керуючим плунжером 13, що виникає під дією тиску в робочій порожнині 32 на площину S_1 гідравлічно-керуючим плунжером 13, який передається через з'єднувальні лінії 20 з робочої порожнини 25 гвинтом дистанційного керування 23, який проходить через гвинтове з'єднання в кришці 24, площа основи гвинта дистанційного керування 23 якого S_2, причому $S_2 < S_1$ для того, щоб зусилля, що прикладається до гвинта дистанційного керування 23, було меншим за зусилля, що стискає регулювальну пружину 12, оскільки тиск в робочих порожнинах 32 і 25 однаковий. Тиском рідини в порожнині 30 відкривається керуючий кульковий клапан першого каскаду 10 і утримується у відкритому положенні за рахунок перепаду тиску, який створюється дросельним отвором 29 між порожнинами 30 і 31 і забезпечує відкриття клапана другого каскаду 7 і з'єднання порожнини 28 із баком 27 через зливну гідролінію 26. По мірі витікання робочої рідини з порожнини 28 відбувається падіння тиску робочої рідини в порожнині 28 між гідроциліндром 2 і плунжером 1, силова пружина 3 починає розпрямлятися за рахунок накопиченої енергії пружної деформації. При цьому гідроциліндр 2 із закріпленими інерційними масами 6 в нижній основі гідроциліндра 2 вдаряється кришкою 4, що з'єднана з гідроциліндром 2 через болти 5, по проставці 14, які закріплені до плунжера 1,

тобто відбувається удар, який передається кузову автомобіля-самоскида 33. Відповідно повертається у вихідне положення гідроциліндр 2. Клапан другого каскаду 7 повертається у вихідне положення і від'єднує зливну гідролінію 26 від напірної гідролінії 22, відповідно штовхач 9 і керуючий кульковий клапан першого каскаду 10 також повертаються у вихідне положення. Система переходить у вихідне положення.

При розробці концептуальної конструкції 3D-моделі гідроімпульсного привода віброударного пристрою (див. рис. 1) для розвантаження кузовів-самоскидів транспортних засобів було проведено аналіз і оцінка гідроімпульсних приводів віброударних пристроїв розвантажувачів кузовів автомобілів де критеріями оцінки були експлуатаційна надійність, простота, технологічність їх виготовлення, а також ремонтопридатність [2].

Аналіз відомих конструкцій гідравлічних віброзбуджувачів із клапанним розподіленням показує, що найбільш перспективними є віброзбуджувачі у вигляді клапанів-пульсаторів, оригінальність конструкцій яких визначена принципово новою функціональною схемою.

Висновки. Застосування гібридного в системах автоматизованого проектування, вібраційних та віброударних машин з гідроімпульсним приводом дозволило розробити економне, високопродуктивне і екологічно-чисте обладнання для реалізації сучасних технологічних процесів в будівництві і на транспорті.

Список використаних джерел

1. Искович-Лотоцкий, Р.Д. Машины вибрационного и виброударного действия [Текст]/ Р.Д. Искович-Лотоцкий, И.Б. Матвеев, В.А. Крат. – К.: Техника, 1982. – 208 с.
2. Іскович-Лотоцький, Р.Д. Вібраційні та віброударні пристрої для розвантаження транспортних засобів [Текст]: монографія / Р.Д. Іскович-Лотоцький, Я.В. Іванчук. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 156 с.
3. Іскович-Лотоцький, Р.Д. Застосування вібраційного гідроімпульсного приводу в сільськогосподарському виробництві [Текст] / Р.Д. Іскович-Лотоцький, Я.В. Іванчук // Зб. наук. праць Вінницького державного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Вінниця, 2006. – № 1. – С. 178-181.
4. Іскович-Лотоцький, Р. Д. Застосування вібраційного гідроімпульсного привода в будівельних і дорожніх машинах [Текст] / Р.Д. Іскович-Лотоцький, Я.В. Іванчук // Зб. наук. праць. – Харків: ХарДАЗТ, 2008. – Вип. 88. – С. 48-54.
5. Ильин, В.Н. Автоматизация схемотехнического проектирования [Текст]: учеб. пособи для вузов / В.Н. Ильин, В.Т. Фролкин, А.И. Бутко [и др.]. – М.: Радио и свіязь, 1987. – 368 с.
6. Лопаткин, Ю.А. Гибридное моделирование в системе КОМПАС-3D V13 [Текст] / Ю.А. Лопаткин, А.Е. Потемкин // САПР и графика. – 2011. - №5. – С. 98-104.
7. Іскович-Лотоцький, Р.Д. Підвищення ефективності розвантаження матеріалів під дією періодичних ударних імпульсів [Текст] / Р.Д. Іскович-Лотоцький, Я.В. Іванчук // Вібрації в техніці і технологіях. – 2008. – №2(51). – С. 8-11.
8. Вібраційний високочастотний пристрій для розвантаження і очищення кузовів автомобілів-самоскидів [Текст]: Пат. 22795 Україна, МПК B 65 G 67/32. / Р.Д. Іскович-Лотоцький, Р.Р. Обертюх, Я. В. Іванчук. – № u200613724; заявл. 25.12.2006; опубл. 25.04.2007, Бюл. №5.
9. Іскович-Лотоцький, Р.Д. Гібридне моделювання вузлів установки для розпилення порошків металів [Текст] / Р.Д. Іскович-Лотоцький, Н.Р. Веселовська, Я.В. Іванчук, Є.І. Івашко, Я.П. Веселовський // Міжвуз. зб. наук. праць "НАУКОВІ НОТАТКИ". – Луцьк, 2013. – Вип. 41., ч. 2. – С. 40-44.
10. Іскович-Лотоцький, Р.Д. Застосування гібридного моделювання при розробці установок для утилізації відходів [Текст] / Р.Д. Іскович-Лотоцький, Н.Р. Веселовська, Я.В. Іванчук, Д.В. Тесовський, О.М. Данилюк // Технологічні комплекси. Науковий журнал. – Луцьк, 2012. - № 1,2 (5, 6). – С. 122-126.

Іскович-Лотоцький Р.Д., д-р техн. наук, професор кафедри металорізальних верстатів та обладнання автоматизованих виробництв, Вінницький національний технічний університет, вул. Хмельницьке шосе, 95, 21021, Вінниця, Україна, (0432) 59-85-23, ел. пошта: ivanchuck@ukr.net.

Іванчук Я.В., канд. техн. наук, доцент кафедри металорізальних верстатів та обладнання автоматизованих виробництв, Вінницький національний технічний університет, вул. Хмельницьке шосе, 95, 21021, Вінниця, Україна, (067) 301-83-73, ел. пошта: ivanchuck@ukr.net.
Веселовський Я.П., студент, Вінницький національний технічний університет, вул. Хмельницьке шосе, 95, 21021, Вінниця, Україна, (0432) 59-85-23, ел. пошта: ivanchuck@ukr.net.

Ickowicz-Lototsky R.D., Prof., Dr. Department of Metal-cutting machines and equipment automation facilities, Vinnitsya National Technical University, Khmelnytske shoes st. 95, 21021, Vinnytsia, Ukraine, tel. (0432)59-85-23, e-mail: ivanchuck@ukr.net.
Ivanchuk J.C., Assoc., Ph.D. Department of Metal-cutting machines and equipment automation facilities, Vinnitsya National Technical University, Khmelnytske shoes st. 95, 21021, Vinnytsia, Ukraine, tel. (067)301-83-73, e-mail: ivanchuck@ukr.net.
Veselovsky Y.P., Stud. Department of Metal-cutting machines and equipment automation facilities, Vinnitsya National Technical University, Khmelnytske shoes st. 95, 21021, Vinnytsia, Ukraine, tel. (0432)59-85-23, e-mail: ivanchuck@ukr.net.