

Міністерство освіти і науки України,
Хмельницький національний університет (Україна)
Люблінська Політехніка (Польща)
Університет Вітовта Великого (м. Каунас, Литва)

*Присвячується 60-річчю
Хмельницького національного університету*



СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ІНЖЕНЕРІЇ, ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТРАНСПОРТУ

**Збірник тез доповідей
Міжнародної науково-практичної конференції
здобувачів вищої освіти і молодих учених**

**18-19 жовтня 2022 року
м. Хмельницький**

Сучасні тенденції розвитку інженерії, технологій та транспорту:
збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, 18-19 жовтня 2022 р. – Хмельницький : ХНУ, 2022. – 378 с.

У збірнику наведені тези доповідей, які розглядались на Міжнародній науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Сучасні тенденції розвитку інженерії, технологій та транспорту» (18-19 жовтня 2022 р.).

Тези доповідей подано в авторській редакції з дотриманням індивідуального стилю. За фактичний матеріал і його інтерпретацію відповідальність несуть автори.

Відповідальний за випуск: д.т.н., проф. Олександренко В.П.
Технічний редактор: д.т.н., проф. Диха О.В.
Комп'ютерний набір і верстка: Марченко М.В.

© «Хмельницький національний університет», 2022

ЗМІСТ

Інновації в машинобудуванні

<i>Залюбовський М.Г., Панасюк І.В.</i> Synthesis of redundant-free seven-link spatial mechanisms of part processing machine	9
<i>Данчук Л.Р., Гордєєв А.І., Ткачук В.П.</i> Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «корпус гідроциліндра ГО-342» із застосуванням верстатів з ЧПК.....	14
<i>Каразей В.Д., Соколан К.С., Качановецький Д.Б., Лінков Д.</i> Розроблення і дослідження пристрою для деталей типу «кришка»	19
<i>Кім Д.С., Ткачук В.П., Іштван Є.О., Соколан К.С.</i> Модернізація системи керування промислового робота МП-9С.....	24
<i>Косіюк М.М., Кравчук В.С., Мельник М.В.</i> Гібридна силова установка «ДВЗ - пневмодвигун / компресор» для автотранспортних засобів	28
<i>Костюк М.А., Іштван Є.О., Косіюк М.М., Семенюк А.В.</i> Фрезерування складних декоративних елементів з натуральної деревини за допомогою верстатів із ЧПК	34
<i>Костюк М.А., Косіюк М.М.</i> Технологічне забезпечення нанесення антифрикційного покриття на неповні сферичні поверхні фрикційно-механічним способом	40
<i>Костюк С.А., Костюк М.А., Беринда Т.А., Косіюк М.М.</i> Удосконалення технології виготовлення геошурупів для модульних будинків	45
<i>Костюк Н.О., Гордєєв А.І.</i> Дослідження процесу знезаражування та зміни властивостей водного середовища у вібраційній машині поршневого типу	50
<i>Кошель О.С., Панасюк І.В.</i> Аналіз механізму з структурною групою ланок третього класу	56
<i>Кошель С.О., Верховенко О.С. Кошель Г.В.</i> Визначення послідовності дослідження механізмів вищих класів	59
<i>Кошель С.О., Сергєєв Д.Д. Кошель Г.В.</i> Структурні перетворення складного механізму третього класу	61
<i>Кушнірчук А.С., Ткачук В.П., Бубулє А., Бернацький В.В.</i> Розробка поворотного пристрою для пеленгаційної антени.....	64
<i>Миклуш Р.М., Урбанюк Є.А.</i> Підвищення точності оброблення довгомірних деталей на токарному верстаті з ЧПК врахуванням жорсткості його вузлів.....	68
<i>Хаврусь І.А., Савицький Ю.В., Гордєєв А.І.</i> Модернізація конструкції ділильної головки УДГ-160 для застосування на верстатах з ЧПК	73

**Трибологічні і матеріалознавчі проблеми
в інженерії та на транспорті**

<i>Padgurskas J., Volskis D., Jarašiūnas O.</i> Evaluation of machines and equipment maintenance systems	78
<i>Justas Uselis, Juozas Padgurskas, Anastasiia Storozhuk.</i> Gear oils and their tribological evaluation.....	82
<i>Бсліков А.С., Мацук З.М., Проців В.В.</i> Мазильні матеріали рейкового транспорту рідкі (пластичні) для пари тертя «колесо-рейка»	86
<i>Гетьман М., Диха О., Старий А.</i> Відпрацьовані кухонні олії (ВКО) як основа технічних мазильних матеріалів	92
<i>Гончар В.А., Баць О.Ю., Прус В.О., Кривіцький Я.В.</i> Типи паливних насосів, їх переваги та недоліки.....	97
<i>Диха О., Фасоля В., Старий А., Зябкін А.</i> Дослідження трибоконтактних характеристик роторного вузла турбокомпресора	103
<i>Зайка О.М., Самчук Л.М., Рудь В.Д.</i> Компонування складних конструкцій методами 3D друку	109
<i>Каплун П.В., Мельник В.О., Савельєв В.М.</i> Підвищення зносостійкості шестерень коробки передач автомобілів Ford Focus.....	114
<i>Козак Я.В., Івашко Я.М., Посонський С.Ф., Бабак О.П.</i> Дослідження характеристик вітрової турбіни Савоніуса та її модифікації.....	118
<i>Олександренко В.П., Свідерський В.П., Кириченко Л.М., Васильків В.В., Квасницький А.О.</i> Підвищення зносостійкості фторопластових покриттів, нанесених на металеві поверхні	124
<i>Паламарчук І., Романчук Ю., Дячук В., Дробот О.</i> Розробка та аналіз технологій підвищення абразивної зносостійкості деталей машин.....	129
<i>Поперечний Б.А., Бабак О.П., Вичавка А.А., Войтюк С.В.</i> Дослідження водневої системи живлення автомобіля та розробка систем зберігання водневого палива.....	133
<i>Потеряєв О.І., Євчун Д.І., Рудик А.В., Рудик О.Ю.</i> Проектування піднімача для ремонту автомобілів за допомогою Solidworks	137
<i>Стечишин М.С., Онищенко А.І., Бондар А.Ю.</i> Карбоазотування сталі ХВГ втліючому розряді	141

**Шляхи удосконалення охорони праці та цивільної безпеки
за допомогою сучасних інноваційних технологій**

<i>Бородич П.Ю., Пономаренко Р.В., Дягілев К.А.</i> Удосконалення рятування постраждалого з приміщення з використанням новітніх нош НРВ-1.....	146
<i>Бородич П.Ю., Пономаренко Р.В., Лілюхін М.О.</i> Удосконалення рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою новітніх нош НРВ-1	149
<i>Гасвський В.Р., Филипчук В.Л., Гасвська С.Г.</i> Вплив коефіцієнта теплопровідності охолоджувальної води ТЕС на викиди шкідливих речовин.....	153

<i>Журбенко В.М., Бсліков А.С.</i> Шляхи забезпечення охорони праці при виконанні робіт високої зорової точності	158
<i>Кусковець С.Л., Шаталов О.С., Овсіюк В.О.</i> Щодо питання вибухів побутового газу у житлових будівлях та шляхи їх запобігання	163
<i>Романішина О.В., Руснак Д.В.</i> Удосконалення напрямів забезпечення пожежної безпеки	169
<i>Третьяков О.В., Поташина К.С.</i> Визначення потенційної небезпеки у робочій зоні працівників транспортної галузі на основі інтегрального показника	174
<i>Третьяков О.В., Сігнасвський О.М.</i> Визначення виробничого ризику промислового підприємства для управління охороною праці	180
<i>Черкашин О.В., Пономаренко Р.В.</i> Методика розрахунку імовірної кількості пожеж, які будуть ліквідуватись ланками газодимозахисної служби	184

Архітектура та містобудування

<i>Басалюк Л., Сердечна А.</i> Самчиківський розпис як засіб розвитку світовідчуття та творчого потенціалу студентів технічних спеціальностей	193
<i>Гнезділова Д.М., Костюк С.А., Негай Г.А.</i> Імплементация житлових комплексів з модульних будинків в архітектурне середовище міста	196
<i>Дорофеев О., Гара А.</i> Машикулі: історія виникнення	202
<i>Кухарчук О.О., Савельєва Д.І., Негай Г.А.</i> Концепція диференціації прибудинкового простору	206
<i>Нікітчук В.В., Негай Г.А.</i> Криволінійність в архітектурі	210
<i>Підгайчук С.Я., Яворська Н.М., Смутко С.В., Мельник М.В.</i> Використання комп'ютерних програм при розробці креслень фортифікаційних споруд	214
<i>Потапчук М.С., Негай Г.А.</i> Природа інформативності архітектури	216
<i>Савельєва Д.І., Риба К.С., Машовець Н.С.</i> Аналіз рекреаційної системи Хмельницької області	221
<i>Синюк К.О., Конопльова О.В.</i> Зелена архітектура як засіб гуманізації міського середовища	224

Агроінженерія та галузеве машинобудування

<i>Білик Ю.М., Гусак І.О., Трофимчук М.О.</i> Установа для вирощування зеленого корму гідропонним методом	230
<i>Борис М.М., Остапшин Е.С., Васильків В.В.</i> Установа для отримання соєвого молока	234
<i>Замойський С.М., Медведчук Н.К., Садовий І.Ю.</i> Автомобільні вантажні перевезення	238
<i>Замойський С.М., Помаля М.Я., Петренко А.Г.</i> Транспортно-технологічні процеси у сільськогосподарському виробництві	248

<i>Мартинюк А.В., Курской В.С., Салтановський Д.С.</i> Догляд за посадками картоплі.....	252
<i>Мартинюк А.В., Сторожук А.І., Нагірна О.В., Пасічник А.В.</i> Автоматизація визначення вегетаційного індексу NDVI в середовищі QGIS	258
<i>Марченко М.В., Харжевський В.О., Потаєв А.П.</i> Багатопараметрична оптимізація роботи циклона CFD-методом	263
<i>Нагабась В.В., Шляховий С.М., Лук'янюк М.В., Стечишин М.С.</i> Підвищення зносостійкості ножів подрібнювача соломи комбайна Claas Lexion азотуванням в тліючому розряді	267
<i>Олександренко В.П., Мартинюк А.В., Гончарук В.В.</i> Удосконалення процесу збирання кукурудзи на зерно.....	271
<i>Ончико В.І., Помаля М.Я.</i> Вплив мінерального живлення і норм висіву насіння на врожайність зерна проса	277
<i>Ярошенко П.М., Осташишин Е.С., Васильків В.В.</i> Про застосування комбінованих агрегатів для обробітку ґрунту в різних зонах України	283

Системи автоматизованого проектування та комп'ютерного моделювання

<i>Белей О.І., Панчак С.Т.</i> Побудова моделі трафіку взаємодії пристроїв інтернету речей.....	286
<i>Біньковська А.Б., Мамедов Р.І.</i> Система стабілізації швидкості оберту привода електричного генератора	292
<i>Богдан С.Є., Козачок Л.М.</i> Моделювання управління системами за допомогою процесів нечіткої логіки	301
<i>Захарова А.М., Чибіряк Я.І., Лавров Е.А.</i> Моделі для аналізу варіантів технологій складання виробів у машинобудуванні.....	306
<i>Підгайчук С.Я., Яворська Н.М., Пасічник А.В., Сторожук А.І.</i> Розвиток просторової уяви студентів шляхом візуалізації завдань з нарисної геометрії.....	311
<i>Рудик О.Ю., Псьол С.В., Речицький В.В.</i> Дослідження працездатності деталей автомобілів за допомогою Solidworks Simulation.....	316
<i>Сульчаков Я.С., Жмакін О.О.</i> Модель підсистеми побудови маршруту мобільного робота при наявності перешкод	321
<i>Харжевський В.О., Марченко М.В., Гураль Д.І.</i> Автоматизація проектування кулачково-цівкових механізмів у Solidworks з використанням методів оптимізації.....	328
<i>Хруцький А.О., Золотар Д.О.</i> Дослідження та розробка модуля САПР для побудови роликів стрічкового конвеєра.....	334

**Сучасні засоби автоматизації виробництва,
мехатроніка та робототехніка**

<i>Гарбар Є., Поліщук О.</i> Перспективи застосування робототехнічних систем для виконання операцій легкої промисловості	338
<i>Свачій Ю.С., Майдан П.С., Соколан Ю.С.</i> Моделювання роботи маніпулятора фірми Siemens	341
<i>Слободян А.С., Макаришкін Д.А.</i> Моделювання роботи стрічкового конвеєра фірми Siemens.....	346

Енерго-і ресурсозберігаючі технології та обладнання

<i>Лісевич С., Поліщук О., Грудінін В., Первак А.</i> Перспективи створення обладнання для виготовлення філаменту для 3D-друку з гранульованих чи подрібнених відходів полімерів	351
<i>Лучинський М., Поліщук О.</i> Пристрій з електромагнітним приводом для виконання операцій маркування і клеймування деталей та виробів легкої промисловості	354

**Новітні технології та засоби виробництва
в галузях промисловості**

<i>Polishchuk A., Tanski T., Polishchuk O.</i> Creation of polymer materials with specified properties based on secondary crushed polyethylene terephthalate for 3D printing of finished products and parts	358
<i>Polishchuk O., Polishchuk A., Bonek M., Lisevich S.</i> Prospects for creating technology and equipment for 3D printing with a mixture of polymer and metal powders	361
<i>Косенков В., Івлєв Д., Поліщук О., Лісевич С., Поліщук А.</i> Електрична машина бііндукторного типу	364
<i>Поліщук А., Скиба М.</i> 3D-принтер для друку гранулами та подрібненими відходами полімерних матеріалів	367
<i>Скиба М., Лісевич С., Поліщук О., Попитченко Б.</i> Систематизація обладнання, способів та процесів розкроювання текстильних матеріалів у підготовчо-розкрійному виробництві	371
<i>Смутко С., Кунцов О.</i> Аналіз шляхів підвищення точності механізмів технологічного обладнання	375

УДК 004:67/68

Поліщук А., Скиба М.
Хмельницький національний університет

3D-ПРИНТЕР ДЛЯ ДРУКУ ГРАНУЛАМИ ТА ПОДРІБНЕНИМИ ВІДХОДАМИ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Розглянуто адитивні технології. Описано 3D-принтер з FMD технологією, що використовує монофіламент у вигляді прутка для створення фізичних об'єктів. Запропоновано використати гранули чи подрібненні відходи полімерів для живлення екструдера такого устаткування. Описується принцип його роботи.

3D PRINTER FOR PRINTING WITH GRANULES AND SHREDDED POLYMER MATERIALS WASTE

Additive technologies are considered. A 3D printer with FMD technology that uses monofilament in the form of a rod to create physical objects is described. It is proposed to use granules or crushed polymer waste to feed the extruder of such equipment. The principle of its operation is described.

Адитивні технології – є одними з головних світових трендів, що згадуються в контексті нової промислової революції. Ринок товарів, виготовлених за допомогою таких технологій, практично ще не сформований, не має чітких меж, варіюється в межах 20-30% та має тенденцію до швидкого зростання [1].

Як відомо, існує декілька методів 3D-друку, проте всі вони є похідними адитивної технології виробництва виробів. Незалежно від того, який 3D-принтер використовується, виготовлення виробу здійснюється шляхом пошарового накладання тонкої цівки розплавленого матеріалу, видавленої із екструдера, на робочу платформу. Задача принтера переміщувати екструдер в точній відповідності з цифровою моделлю. Тому надрукований фізичний об'єкт повністю відповідає своєму віртуальному прообразу, створеному за допомогою графічних редакторів об'ємного комп'ютерного проектування. На виході отримуються деталі складної геометричної форми, які виготовляються за короткі терміни [1].

Сьогодні використання 3D-принтерів у масовому виробництві обмежується порівняно високою вартістю обладнання та тривалістю процесу виготовлення самого виробу. Технологія тривимірного друку може бути успішно використана у виготовленні дрібносерійних виробів та виробів індивідуального замовлення, оскільки виготовлення високоякісної оснастки в такому випадку стає недоцільною [2].

В роботі [1] здійснюється аналіз і систематизація сучасних технологій 3D-друку і 3D-принтерів. Розроблено узагальнену класифікацію 3D-принтерів, яка дає повне уявлення і характеристику про кожен тип, призначення тощо. Також до даної класифікації вперше внесено новий вид 3D-друку, а саме 3D-друк полімерними гранулами, який у промисловості, що стрімко розвивається, стане конкурентоспроможним на ряду з іншими видами 3D-друку і видами витратних матеріалів. Даний вид принтерів знаходиться на стадії розробки.

Однією із головних переваг такого виду принтера є можливість повторного друку деталей гранулами із відходів, які були отримані при попередньому друку. Тому можна здешевити філамент за рахунок використання вторинної сировини. Так, із вторинної сировини малореально отримати рівний за діаметром пруток з тієї простої причини, що властивості розплаву будуть неоднорідними по масі, звідси нерівномірний тиск в промисловому екструдері, нерівномірна пластичність розплаву і його усадка. Відповідно, і під час друку такий пруток буде вести себе абсолютно непередбачувано. В ході першої стадії переробки вихідного полімеру і першого терміну служби полімерного ланцюга відбуваються незворотні зміни, викликані хімічними впливами, термічної, тепло і фотоокислювальної деструкції, що призводить до появи активних груп. Ці групи при наступних переробках здатні запускати реакції окислення. Відповідно чим менша кількість переробок тим кращий матеріал і в результаті це вплине на якість майбутньої деталі чи виробу. Але також у випадках вторинної переробки полімерів є можливість створення нового матеріалу із новими властивостями завдяки додаванню до їх складу різних домішок, фарбників, пластифікаторів з метою покращення еластичності, пластичної деформації, морозостійкості, ударної міцності і зниження в'язкості для покращення їх подальшої переробки і експлуатації [2].

Основною сировиною для живлення екструдерів 3D-принтера є прутки полімерного матеріалу певного діаметра. В якості сировини для

виготовлення прутка використовуються гранули полімеру. Сам процес його отримання довготривалий, що є неприпустимим у теперішньому конкурентному середовищі.

Одним із основних недоліків 3D-друку прутком є те що на стадії виготовлення полімер вже піддається температурному нагріву, що призводить до втрати його фізико-механічних властивостей. Тому, актуальним є тривимірний друк з використанням гранул матеріалу. Друк з використанням гранульованого матеріалу ідеально підходить в тих випадках, коли можна поєднати адитивний і субтрактивний (швидке прототипування) методи виробництва деталей. Це дасть змогу швидко роздрукувати деталь на 3D-принтері.

Зростання виробництва виробів із полімерних матеріалів неухильно веде і до зростання їх частки у відходах і питання переробки стає невід'ємним від проблеми утилізації інших відходів життєдіяльності людства. Сучасні полімерні матеріали на основі різних пластмас, волокон і еластомерів, використовують в різних галузях. Галузеве машинобудування та легка промисловість не є винятком [3].

Тому питання переробки полімерів і з подальшим їх застосуванням в галузевому машинобудуванні та легкій промисловості є актуальною задачею.

Для переробки полімерів із різними властивостями необхідне таке обладнання, яке б відповідало необхідним вимогам, тобто мало оптимальні геометричні параметри та теплові режими.

З метою проведення експериментальних досліджень було розроблено пристрій, що дозволяє друкувати 3D-деталі гранульованими чи подрібненими полімерними матеріалами, отриманими із відходів швейного та взуттєвого виробництва. Принцип роботи такого устаткування полягає в наступному. Подрібнені гранули полімеру засипаються у бункер або зону завантаження. Після цього матеріал-сировина подається обертовим шнеком у нагрівальну зону для розплаву та подальшої екструзії. Полімер розплавляється і у вигляді тонкої цівки видавлюється на робочу платформу. В подальшому, за допомогою пошарового накладання розплавленого полімерного матеріалу, формується фізичний об'єкт, тобто змодельована раніше деталь.

Застосування технології 3D-друку, зокрема 3D-принтерів для друку гранулами та подрібненими відходами полімерних матеріалів дозволить вирішити ряд проблем в галузевому машинобудуванні та у

легкій промисловості, зокрема у швейній і взуттєвій галузях. Впровадження даного устаткування для виробництва виробів та деталей є актуальною задачею.

Література

1. Zozulia P., Pyshcheniuk N., Skyba M., Polishchuk O., Malec M. General classification of 3D printing. Actual problem of modern science. Monograph: editer by Musial J., Polishchuk O., Sorokaty R. Bydgoszcz, Poland, - 2017. - P.413-421.
2. Зозуля П.Ф., Поліщук О.С., Неймак В.С., Поліщук А.О.: Застосування технології 3D-друку у взуттєвій промисловості. Наукові нотатки Луцького національного університету №67, 2019. - С.48-52.
3. Поліщук О.С., Зозуля П.Ф., Поліщук А.О. Узагальнена класифікація філаментів для 3D-друку. Вісник Хмельницького національного університету №6, 2017. - С.51-59.