

Вченому секретарю
спеціалізованої вченої ради К 58.052.03
Дячуну А.Є.

46001, М. Тернопіль, вул. Руська, 56
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ВІДГУК

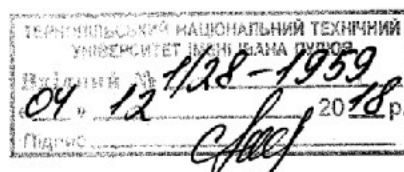
офіційного опонента на дисертаційну роботу Сеника Андрія Антоновича
«Технологічне забезпечення виготовлення згортних втулок підвищеної
точності форми і якості», представленої на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 «Технологія
машинобудування»

1. Актуальність роботи, її зв'язок із науковими програмами, планами та темами.

В результаті науково-технічної революції перед сучасним машинобудуванням поставлені завдання виготовлення засобів виробництва, що характеризуються високою продуктивністю, енергомісткістю, довговічністю, швидкістю переміщення виконавчих елементів, точністю позиціонування тощо. Вагоме місце у складальних одиницях механізмів і машин займають такі деталі як згортні втулки. Вони широко використовуються у приводних роликівих і втулкових ланцюгах (ПРВЛ) як елементи шарнірів, що сприймають певні циклічні напруження згину і контактують своїми внутрішніми циліндричними поверхнями з валиками, а також як елементи підшипників ковзання у ходових частинах автомобілів, двигунах внутрішнього згорання, вертольотах, сільськогосподарських машинах, металорізальних верстатах тощо.

Такі показники якості як точність форми поперечних перерізів внутрішніх циліндричних поверхонь втулок, їх шорсткість і твердість формують зносостійкість і довговічність механізмів та машин.

Тому здійснення технологічного забезпечення виготовлення згортних втулок з підвищеними показниками якості, такими як точність форми



внутрішніх циліндричних поверхонь та їх шорсткість і ступінь зміцнення є актуальною науково-технічною задачею.

Дослідження, що складають основу дисертаційної роботи, виконані відповідно до тематики, яка передбачена переліком тематичних наукових досліджень і розробок вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації та наукових установ Міністерства освіти і науки України на 2012-2015 рр., наказ МОН України №535 від 07.06.2011 р., а також до наукового напрямку Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя в рамках науково-дослідної держбюджетної теми ДІ95-02 «Розробка наукових основ створення надтвердої високотемпературної кераміки і методики дослідження її різальної здатності» (2002-2004 рр.). Номер державної реєстрації 0102U002298.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень і рекомендацій, їх вірогідність та новизна.

Обґрунтування наукових положень дисертаційної роботи Сеника А.А. обумовлене тим, що завдання, які поставлені у роботі, вирішувались на основі системного підходу до вивчення й аналізу взаємозв'язку між конструкторсько-технологічним забезпеченням формування згортних втулок та їх якісними показниками. В основу теоретичних досліджень покладено положення теорії пружності і пластичності, технології машинобудування, опору матеріалів, теорії імовірності і математичної статистики, гармонічного аналізу на основі тригонометричних рядів Фур'є. Експериментальні дослідження проведені з використанням як загальноприйнятих, так і розроблених методик і обладнання.

Основні положення виконаних теоретичних та експериментальних досліджень роботи доповідались і представлялись на міжнародних науково-практичних конференціях, симпозіумах і відображені у 26 друкованих працях з яких 6 науковий статей у фахових виданнях України, 2 – у закордонних виданнях (США і РФ), одна з яких входить до наукометричної

бази даних SCOPUS, 8 тез у збірниках матеріалів міжнародних науково-технічних конференцій, 10 патентів України (деклараційних і на корисні моделі).

Наукова новизна отриманих результатів полягає у подальшому розвитку науково-прикладних та конструкторсько-технологічних задач для якісного виготовлення згортних втулок. При цьому вперше:

- досліджено залежності для визначення загального зусилля при транспортуванні встановленої кількості заготовок (карточок) у транспортному каналі та формуванні згортних втулок у циліндричній пустотілій матриці;

- запропоновано імовірісно-статистичний метод визначення зусилля формування шкворневих втулок та отримано залежності для визначення математичного сподівання і дисперсії;

- обґрунтовано й запропоновано новий параметр оцінювання відхилення від круглості – коефіцієнт наповнення профілю;

- на основі теорії малої вибірки і методу ітерацій запропоновано методику визначення необхідної та достатньої кількості деформуєчих і калібруючих фільтр при фінішній обробці згортних втулок;

- отримано залежності для визначення величини розкриття стикового шва, на основі яких запропоновані нові конструкції втулок;

- встановлено залежність між зусиллям віброобробчування і ступенем зміцнення та шорсткості за параметром R_a – середнє арифметичне відхилення профіля;

- отримано закономірності зміни зусилля деформування заготовки при згортанні втулки, які статично опрацьовано за методом ітерацій і в результаті отримано усереднену закономірність, яку апроксимовано тригонометричним рядом Фур'є.

Запропонований новий технологічний процес згортання втулки забезпечує підвищену точність форми за параметром відхилення від круглості.

Експериментально підтверджено ефективність пропонованих технологічних заходів, яка виражається у значному (майже на порядок) зменшенні відхилень від круглості поперечних перерізів згорнутих втулок.

Розроблено комплект конструкцій заготовок для згортних втулок та подано аналітичні залежності для визначення їх конструктивних параметрів.

Розроблено нові конструкції згортних втулок як для ПРВЛ, так і для вузлів машин, у яких згортні втулки виконують функції елементів підшипників ковзання. Особливість нових конструкцій втулок для ПРВЛ полягає в тому, що стиковий шов непрямолінійний. Це дає можливість уникнути лінійного контакту стикового шва як своєрідного леза по всій довжині втулки, а для ЕПК наявність одного або декількох наскрізних отворів на бічній поверхні втулки, що є ключем кутової орієнтації, яка забезпечить у зоні контакту валика із внутрішньою поверхнею згортної втулки її мінімальне відхилення від круглості.

Запропоновані нові конструктивні рішення технологічного оснащення для формування згортних втулок, які забезпечують підвищення точності форми за параметром відхилення від круглості і підвищення стійкості калібруючих фільтер за рахунок їх повороту на певний кут за один подвійний хід пуансона.

Розроблена методика визначення конструктивних параметрів заготовок згортних втулок і елементів пристрою для їх калібрування на основі імовірнісного підходу.

Технічна новизна розробок захищена 10-ма деклараційними патентами України на корисні моделі. На НВ ПМП “Промтехконструкція” (м. Краматорськ) і на заводі приводних ланцюгів “DITTON” (м. Даугавпілс) знайшла застосування “Методика визначення деяких конструкторських параметрів заготовок згортних втулок і пристрою для їх калібрування на прикладі згортної втулки ТРД 38-3116-12Т.

Окремі патенти впроваджено на приватному підприємстві “Кам’янець-Подільськаагрегат” – Пат. 112745; на ТОВ “БІГМА” м. Тернопіль – Пат. 92908, на ТОВ “Кабельний завод” м. Кам’янець-Подільськ – Пат. 115787.

Окремі результати роботи використовуються у навчальному процесі при підготовці фахівців галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» при викладанні дисциплін: «Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин», “Технологія обробки деталей тиском” у ТНТУ ім. І. Пулюя.

У **першому** висновку отримані залежності для визначення величини відпружинювання заготовки в процесі формування шкворневих згортних втулок, які дають можливість здійснити корекцію профілів деформуючих елементів технологічного спорядження і забезпечити підвищення точності форми втулки при її згортанні.

У **другому** висновку запропоновано технологічний процес згортання втулок ПРВЛ, при якому максимальне зусилля формування в 1,4 рази менше, ніж у традиційному.

У **третьому** висновку запропоновані технологічні процеси формування згортних втулок ПРВЛ і шкворневих згортних втулок, які забезпечують у 2,4-5,6 разів менші відхилення від круглості порівняно з традиційними.

У **четвертому** висновку встановлено, що спосіб базування при згортанні втулок має суттєвий вплив на точність форми. Використано за теорією малої вибірки метод ітерацій і отримано характеристики розсіювання відхилень від круглості – математичне сподівання $M(EFK)$ і дисперсію - $D(EFK)$. Відзначено, що найвища точність форми забезпечується запропонованим і запатентованим технологічним процесом, при якому формування втулки здійснюється із наступними параметрами точності: $M_s(EFK)=23,9$ мкм, $D(EFK)=1802$ мкм² і $M_{max}(EFK)=155$ мкм. Ефективність запропонованих технологічних рішень підтверджено критеріями Стьюдента і Фішера.

У **п'ятому** висновку на основі гармонічного аналізу встановлено, що дисперсія *EFK* ВЦП виготовлених згортних втулок досліджуваних ПРВЛ в зоні стикового шва обмеженої кутом $\pi/2$ і діаметрально протилежній зоні може бути оцінена за амплітудами перших двох гармонік, так як $(A_1^2 + A_2^2)/2 \approx (0,9 - 0,95) \sum_{i=1}^{10} A_i / 2$.

У **шостому** висновку встановлено, що при згортанні втулок із заготовки запропонованої у вигляді циліндричної панелі, максимальні зусилля при відповідних радіусах каналів 100, 75 і 50 мм становлять 3097, 2932 і 2868 Н, що відповідно менше на 33,3; 36,9 і 38,3% від максимального зусилля 4645 Н, що створюються при традиційному технологічному процесі.

У **сьомому** висновку показано, що використання імовірнісно-статистичного методу оцінювання відхилень від круглості на основі гармонічного аналізу показали, що у зоні розміщеній навпроти стикового шва ($3/4\pi$, $3/2\pi$) відхилення від круглості мінімальні і у декілька разів менші ніж на проміжку $(0, 2\pi)$.

У **восьмому** висновку встановлено, що вібраційне обкочування поверхні заготовок згортних втулок суттєво зміцнює поверхню, яка формуватиме ВЦП втулок. Математичне сподівання мікротвердості зміцненої поверхні шляхом обкочування кулькою із зусиллям: 0; 200; 250; 300 і 350 Н відповідно склало: 12,58; 16,65; 18,11; 19,48 і 20,65 (кгс/мм²), а ефективність такого технологічного прийому підтверджена критерієм Стюдента. Мікротвердість від зусиль обкочування 200; 250; 300 і 350 Н збільшилась порівняно із мікротвердістю після прокатки відповідно: 1,32; 1,43; 1,55; 1,64 разів.

У **дев'ятому** висновку встановлено значний вплив зусилля обкочування на шорсткість поверхні сформованої запропонованим методом. Так при зміні зусиль обкочування в межах 0 (після прокатування), 200, 250, 300, 350 Н отримали наступні математичні сподівання параметра шорсткості R_a , відповідно: 0,60; 0,55; 0,40; 0,28 і 0,24 мкм. Суттєвість зміни або

ефективність такого технологічного прийому підтверджено критерієм Стьюдента.

У **десятому** висновку розроблено імовірісно-статистичний метод визначення зусилля дорнування ВЦП згортних втулок. За істинне значення рекомендовано приймати максимальне $F_{op.max.}$, яке на 18-24% більше ніж зусилля, визначене за традиційною методикою.

В **одинадцятому** висновку показано узагальнений очікуваний річний економічний ефект при програмі випуску 134900 пог. м ПРВЛ з кроком 19,05 мм складе: у сфері виробництва 554,51 тис. грн., та у сфері експлуатації за рахунок збільшення зносостійкості шарнірів ПРВЛ - 4,75млн. грн. Результати роботи впроваджено у виробництво з річним економічним ефектом 19220 грн. в тому числі на ПП“Кам’янець-Подільськагрегат” – 5370 грн; на ТОВ “БІГМА” м. Тернопіль – 7150 грн, та ТОВ “Кабельний завод” м. Кам’янець-Подільський – 6700 грн.

3. Повнота викладу основних результатів у наукових фахових виданнях

Результати наукових досліджень викладено у 26 друкованих працях, з яких: 8 статей, в тому числі 2 – у закордонних виданнях (США і РФ), одна з яких входить до науко метричної бази даних SCOPUS, 6 статей у фахових виданнях України, 10 патентів України, в тому числі 1 деклараційний і 9 – на корисну модель, 8 тез у збірниках матеріалів міжнародних науково-технічних конференцій та симпозіумів.

Зокрема у фахових виданнях автором висвітлено: обґрунтування нових підходів до вдосконалення існуючих технологічних процесів згортання втулок; створення нових конструкцій заготовок і самих згортних втулок; силових характеристик процесу транспортування заготовок карточок у вигляді частково циліндричних оболонок у радіусному транспортному каналі, визначення величини відпружинювання заготовки при формуванні U-подібної заготовки у напівциліндричній матриці; створення нових

імовірно-статистичних методів оцінювання відхилення від круглості; оцінювання шорсткості і ступеня зміцнення поверхні, сформованої обкочуванням кулькою з використанням методу ітерацій за теорією малої вибірки.

4. Значущість дисертації для науки та практики.

Створені нові шляхи підвищення якісних показників згортних втулок, а саме: точності форми внутрішніх циліндричних поверхонь (ВЦП) за параметром відхилення від круглості ЕФК; зниження шорсткості поверхонь, отриманих обкочуванням кулькою за параметром середнє відхилення профілю K_a і ступеня зміцнення таких поверхонь ΔH , які використовуються як головні деталі шарнірів ПРВЛ, такі як елементи підшипників ковзання в умовах реального виробництва, удосконалено технологічні процеси виготовлення згортних втулок.

Розроблена автором методика визначення деяких конструктивних параметрів заготовок згортних втулок у вигляді плоскої прямокутної карточки використовується на Даугавпілському заводі приводних ланцюгів DITTON (Латвія) і на НВ ПМП «Промтехконструкція» (м.Краматорськ, Україна).

Окремі технічні рішення, як, наприклад, «втулка» впроваджені на ПП «Кам'янець-Подільський авто агрегат», «фільера для калібрування згортних втулок – на заводі «Кам'янець-ПодільськКабель» та на ТОВ «Бігма» (м.Тернопіль).

5. Оцінка змісту дисертації, її завершеність.

Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел із 155 найменувань та додатків. Загальний обсяг дисертації 245 сторінки, у тому числі 195 сторінок основного тексту, 93 рисунки, 15 таблиць.

В першому розділі проаналізовано сучасний стан і рівень техніки та технології виготовлення згортних втулок і перспективи досягнення високої їх

якості на основі аналізу наукових праць та вивчення сучасного рівня технології виготовлення згортних втулок. Встановлено, що як вітчизняне, так і закордонне виробництво згортних втулок не завжди забезпечує сталі показники якості порівняно із якістю згортних втулок, виготовлених світовими високотехнологічними фірмами. Це може пояснюватись тим, що ще недостатньо вивчено та обґрунтовано вплив параметрів основних операцій технологічного процесу виготовлення згортних втулок на післяопераційні та кінцеві параметри їх якості.

Відсутні дані про сучасні статистичні методи визначення й контролю якісних параметрів згортних втулок, зокрема таких як відхилення від круглості їх ВЦП, ступеня зміцнення таких поверхонь методом поверхневого пластичного деформування та шорсткості.

На основі здійсненого аналізу існуючого стану виготовлення згортних втулок підвищеної якості сформульовано мету та задачі досліджень.

У другому розділі проведено теоретичні дослідження і обґрунтування технологічного процесу формування згортної втулки, зокрема проведено теоретичні дослідження величини відпружинювання U-подібних листових заготовок при їх пружно-пластичному деформуванні, а також здійснено теоретичні дослідження загального зусилля, прикладеного до пуансона при послідовному деформуванні заготовки у транспортному каналі, проведено теоретико-експериментально-статистичне дослідження приведеної сили тертя.

Отримані залежності, які дозволяють здійснити корекцію профілю деформуючих елементів технологічного оснащення, що сприятиме підвищенню точності форми.

Встановлено максимальну кількість одночасно розміщених заготовок у радіальному транспортному каналі з умови забезпечення міцності на зминання торців заготовок згортних втулок.

На основі запропонованої математичної моделі формування регулярного мікрорельєфу на плоских поверхнях заготовок у вигляді

прямокутної плоскої карточки методом вібраційного обкочування, які формуватимуть ВЦП згортних втулок, отримані залежності для визначення відносної площі віброобкочування при різних елементах режиму віброобкочування.

У третьому розділі розглядаються нові запропоновані конструкції заготовок згортних втулок і самих згортних втулок.

Спільною конструкторською ознакою цих заготовок є наявність у них частково циліндричних поверхонь, що призводить при формуванні втулок до зменшення критичної сили при втраті їх стійкості.

Конструктивні параметри таких заготовок обґрунтовані відповідними теоретичними залежностями.

Особливостями двох варіантів конструкцій запропонованих згортних втулок для ПРВЛ є те, що, по перше, згортні втулки, які виконані за першим варіантом, мають комбінований прямолінійно-гвинтовий стиковий шов, а, по друге, - згортні втулки мають розкритий до певної величини стиковий шов.

Згортні втулки з комбінованим прямолінійно-гвинтовим стиковим швом характерні тим, що при складанні внутрішніх ланок ПРВЛ при довільній кутовій орієнтації стикового шва на проміжку $[0; 2\pi]$ забезпечується постійна довжина контакту частини гвинтового шва з поверхнею валика, що забезпечує у процесі експлуатації практично однакові умови контактування поверхонь у шарнірах ПРВЛ і однакову у певних межах інтенсивність зношування контактуючих поверхонь. У цьому зв'язку отримана теоретична залежність для визначення кута зони контакту ВЦП втулок з валиком.

Для згортних втулок із розкритим стиковим швом, який, з одного боку, виконує функції ключа кутової орієнтації, щоб цей шов не попав у зону контакту з валиком, а з іншого – при його закритті в процесі запресування згортної втулки у отвір внутрішньої пластини, забезпечує необхідну міцність пресового з'єднання втулка-отвір внутрішньої пластини, отримані теоретичні залежності для визначення допустимо максимальних і мінімальних величин

розкриття стикового шва. Подана конструкція згортної шкворневої втулки захищеної патентом на корисну модель.

У четвертому розділі подана експериментальна установка, методика та результати експериментальних досліджень зусилля формування згортних втулок, шорсткості та ступеня зміцнення поверхні, сформованої вібраційним обкочуванням, а також запропонований імовірісно-статистичний метод оцінювання точності форми ВЦП згортних втулок за параметром відхилення від круглості ЕФК на основі гармонічного аналізу. Окрім цього запропоновані методики визначення впливу кратності калібрування згортних втулок на відхилення від круглості ЕФК та оцінювання відхилень від круглості за коефіцієнтом наповнення профілю.

Показано на основі гармонічного аналізу, заданими круглограмами, що відхилення від круглості ВЦП згортних втулок ПРВЛ різних виробників у зоні, розміщеній діаметрально протилежно до зони стикового шва, на проміжку, визначеному центральним кутом $\pi/2$, значно менше, ніж відхилення від круглості на проміжку $[0; 2\pi]$.

Встановлено вплив радіуса транспортного каналу і способу базування при формуванні згортних втулок у циліндричних формуючих матрицях. Точність форми ВЦП згортних втулок за параметром відхилення від круглості ЕФК, сформованих при радіусі транспортного каналу, що дорівнює 50 мм, і способі базування заготовки формуюча матриця – оправка на двох опорах підвищилась у 10,6 разів порівняно з відхиленням від круглості ВЦП згортних втулок, сформованих при радіусі транспортного каналу 100 мм і способі базування формуюча матриця без оправки.

Вплив зусилля обкочування поверхні кулькою на математичні сподівання шорсткості і мікротвердості за критерієм Стюдента виявився суттєвим, а на дисперсії цих якісних параметрів за критерієм Фішера встановлено його несуттєвість.

П'ятий розділ присвячений визначенню на прикладі ПРВЛ з кроком 19,05 мм економічної ефективності від впровадження у виробництво

запропонованих технологічних рішень безпосередньо на виробництві за рахунок удосконалення технологічного процесу виготовлення згортних втулок і у сфері експлуатації за рахунок підвищення якості зносостійкості їх ВЦП.

У виробництві економічна ефективність при виготовленні згортних втулок ПРВЛ забезпечується за рахунок економії електроенергії, зменшення кількості деформуючих фільтер на річну програму випуску та підвищення ефективності використання основних фондів.

Економічна ефективність у сфері експлуатації ПРВЛ забезпечується підвищенням зносостійкості шарнірів за рахунок підвищення точності форми ВЦП згортних втулок і покращення умов експлуатації контактуючих поверхонь шарнірів ПРВЛ.

Отримані залежності для визначення економічної ефективності за кожним із вищеподаних складових. Як приклад подано залежність для визначення економії електроенергії при формуванні однієї втулки.

6. Ідентичність змісту автореферату і головних положень дисертації

Повнота викладу основних результатів Сеника А.А. у наукових і фахових виданнях відповідає встановленим вимогам МОН України. Основні положення дисертаційної роботи ідентичні автореферату.

За своїм змістом, методологією використанням основних понять, термінологією дисертаційна робота Сеника А.А. відповідає спеціальності 05.02.08 «Технологія машинобудування»

За темою дисертації Сеника А.А. опубліковано 6 наукових праць у фахових виданнях, визначених МОН України для публікацій результатів дисертаційних робіт. Одна наукова праця опублікована у закордонному виданні, що входить до науко метричної бази даних SCOPUS, ще одна праця опублікована у міжнародному технічному журналі «Приводы и компоненты

машин» (Москва, РФ). Публікації повною мірою відображають результати дисертаційної роботи.

В цілому дисертація оформлена акуратно і написана логічною науковою мовою. Автореферат відображає основні положення дисертації та адекватно розкриває її зміст.

7. Зауваження до дисертаційної роботи та її автореферату

1. У першому розділі у параграфі 1.1 дуже детально описано особливості конструкції згортних втулок різних виробників, їх регламентовані показники якості. Однак на наш погляд подана інформація дещо перевантажена. Таке зауваження правомірне і до п.3.2.2. (розділ 3), у якому подано конструкцію й обґрунтування параметрів згортних втулок для приводних роликів і втулкових ланцюгів з розкритим стиковим швом.

2. У п.4.5 (розділ 4) стор. 176 дисертаційної роботи подана методика визначення впливу кратності калібрування, тобто кількості калібруючих фільтрів, що є, безперечно, новим і актуальним підходом, але це не підтверджено експериментально.

3. На стор. 68 роботи (п.2.2, розділ 2) поданий рисунок 2.10 – циклограма роботи пристрою для згортки втулки, а на стор.128 (п.3.3, розділ 3) поданий рисунок 3.17 – циклограма роботи пристрою формування і калібрування згортних втулок, які практично не відрізняються, за винятком одного руху – поворот фільтрів. Доцільно було б використати лише один рисунок.

4. Не дивлячись на те, що п.4.6 роботи (розділ 4, стор.177) присвячений методиці оцінювання відхилень від круглості згортних втулок за коефіцієнтом наповнення профілю, практична апробація цієї методики значно підвищила цінність дисертації.

5. У роботі детально досліджено точність форми ВЦП згортних втулок запресованих у отвори внутрішніх пластин ПРВЛ з кроками 9,525; 12,7; 15,875; 19,05 і 25,4 мм різних виробництв. Але для втулок ПРВЛ з кроком

19,05 мм, на основі яких побудована робота, досліджувалась точність форми тільки після згортання, що не є остаточним результатом.

6. У дисертаційній роботі мають місце неоднакові позначення однієї і тієї ж величини, наприклад, на стор.65 у формулі (2.26) величина відпружинювання позначена великою буквою Y , а на рис.2.6 (стор. 63) ця ж величина позначена маленькою буквою y .

7. У дисертаційній роботі та авторефераті зустрічаються невдалі звороти, висновки, стилістичні помилки, є відхилення від встановленої термінології, поодинокі описки тощо.

8. Висновок

Дисертаційна робота Сеніка Андрія Антоновича «Технологічне забезпечення виготовлення згортних втулок підвищеної точності форми і якості» є завершеною науково-дослідною роботою, у якій розв'язане наукове завдання розроблення технологічного процесу виготовлення згортних втулок як деталей приводних роликів і втулкових ланцюгів і як елементів підшипників ковзання.

За актуальністю обраного напрямку дослідження та практичною цінністю отриманих результатів представлена робота відповідає вимогам, які ставляться до кандидатських дисертацій, а її автор Сенік Андрій Антонович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 «Технологія машинобудування»

Завідувач кафедри приладобудування
Луцького національного технічного
університету, докт.техн.наук, професор

Марчук В.І.

Підпис д.т.н., професора **Марчука В.І.** засвідчую

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ:
Учений секретар
ЛУЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
доц. А.Земко

