

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу *Васильєвої Олени Едуардівни* «Багатопараметричний синтез конструктивних елементів циліндричних редукторів з урахуванням особливостей їх виготовлення та надійності», яку подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.02 – машинознавство

Дисертаційна робота Васильєвої О. Е. присвячена подальшому розвитку наукових основ, які пов'язані з розробленням нових ефективних методів багатопараметричного синтезу основних конструктивних елементів циліндричних редукторів, що забезпечують зменшення часу на структурний синтез та параметричну оптимізацію з одночасним розширенням можливостей для розв'язку складних задач і забезпеченням якості та надійності їх під час експлуатації.

Актуальність теми дисертаційної роботи. Машинобудівна промисловість випускає значну кількість типорозмірів різних машин, механізмів і приладів для передачі руху від приводу до робочої органу. Використовують передачі зачепленням із паралельними осями та осями, які перетинаються або перехрещуються. Широке застосування отримали циліндричні середньомодульні зубчасті передачі ($m_n = 2...12$ мм) в різних редукторах з паралельними осями. Удосконалення таких редукторів можливе за рахунок оптимального вибору в процесі проектування раціональної структури та відповідних для цієї структури параметрів основних складових елементів. Аналіз існуючих методів синтезу конструктивних параметрів складових елементів циліндричних редукторів, проведений автором дисертації, показав, що теоретичні основи оптимального проектування удосконалюються, але не мають можливостей для розв'язання широко кола задач, тобто не здатні синтезувати оптимальні конструкції в процесі проектування. Використання найбільш удосконаленого програмного забезпечення високого рівня CATIA (компанія Dessault Systems) та Unigraphics (компанія Unigraphics Solutions) не дають можливості отримати оптимального варіанту будь-якої конструкції внаслідок використання тільки типових методів оптимізації. Існуючі оптимізаційні математичні моделі є достатньо громізькими, мають низьку ефективність та обмежене використання. Крім цього, існуючі методи дають

можливість лише наближено враховувати внутрішні динамічні навантаження та не визначають обґрунтовано основні параметри корпусу редуктора та не враховують напружено-деформований стан валів особливо в процесі виникнення динамічних явищ.

Тому розроблення нових ефективних методів багатопараметричного синтезу конструктивних параметрів основних складових елементів циліндричних редукторів (зубчастої передачі, вала, корпусу і т.д.) з урахуванням особливостей їх виготовлення, зі зменшенням часу на синтез та оптимізацію цих параметрів, з забезпеченням якості, надійності, зменшенням маси редуктора, забезпеченням його довговічності за заданими критеріями оптимізації, а також з одночасним розширенням можливостей для розв'язання подібних задач, є актуальною проблемою, яка і розв'язується в дисертації.

Зв'язок роботи з пріоритетними науковими програмами, планами, темами. Тема дисертаційної роботи у цілому відповідає існуючим пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки, затверджених на законодавчому рівні, виконувалась згідно з тематичним планом науково-дослідних робіт кафедри теоретичної механіки Національного університету «Львівська політехніка» – «Статика та динаміка пружно-пластичних систем» і пов'язана з науково-технічною темою «Дослідження статичної та динамічної складних механічних систем при проектуванні і експлуатації великогабаритного обладнання» (№ д/р. 0101U000882), а також кафедри механіки та автоматизації машинобудування «Створення високоефективних енергоощадних резонансних вібраційних машин з електромагнітним приводом та синфазним рухом коливних мас» (№ д/р. 0108U000378).

Тема дисертації повністю узгоджується з науковим напрямком кафедри механіки та автоматизації машинобудування НУ «Львівська політехніка» «Розробка наукових основ проектування вібраційних машин для автоматизованих виробництв» (№ д/р. 0107U004846). Отже, робота виконувалась в рамках держбюджетних тем, які пройшли державну реєстрацію.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій роботи полягає в тому, що вони базуються на коректному

використанні фундаментальних положень класичної механіки пружно-деформівного твердого тіла та теорії механічних коливань, опору матеріалів, застосуванні автором методу планування експериментів, математичної і прикладної статистики, теорії надійності, методів оптимізації, достатньою збіжністю результатів експериментів з розрахунками.

Наукова новизна результатів роботи полягає у вирішенні важливої науково-технічної проблеми розробки теоретичних основ, методів та моделей багатопараметричного синтезу конструктивних елементів циліндричних редукторів. Автор вперше розробила динамічну математичну модель коливання циліндричної зубчастої передачі з урахуванням якості виготовлення бокової робочої поверхні зубців після зубофрезерування черв'ячними фрезами. Здобувач отримала теоретичні залежності для визначення впливу тертя профілів зубців у зачепленні циліндричної зубчастої передачі на демпфування вимушених коливань. Також в роботі розроблено метод прогнозування надійності циліндричних редукторів з використанням методу статистичного моделювання та отримано залежність для визначення коефіцієнту K_v від дії внутрішніх динамічних навантажень, обумовлених технологією зубофрезерування черв'ячними фрезами, який враховується при розрахунках на статичну і втомну міцність. Автор розробила методи багатопараметричного синтезу структури та складових конструктивних елементів редукторів на основі оптимізаційних моделей з використанням для розв'язку методу Монте-Карло і пакету прикладних програм, які забезпечують достатню точність і швидкість розрахунків. Також в дисертаційній роботі удосконалено залежності для визначення похибок передаточного числа зубчастої передачі; залежності для визначення кута повороту веденого колеса з урахуванням коливання передаточного числа; залежності для визначення впливу технологічних і конструктивних параметрів складових елементів редуктора на надійність і можливість модифікації його конструкції; вибір критеріїв оптимізації основних конструктивних елементів зубчастих передач. Не менш важливе значення має подальший розвиток принципу побудови оптимізаційних математичних

моделей оптимального проектування машинобудівних конструкцій та отриманих залежностей для визначення розмірів конструктивних елементів корпусу редуктора з урахуванням його напружено-деформованого стану. Важливе значення для розв'язання практичних задач має інженерний метод багатопараметричного синтезу конструктивних елементів циліндричних редукторів на основі дискретного програмування з використанням методу Монте-Карло.

Практичне значення одержаних результатів в першу чергу полягає в тому, що розроблені автором методи багатопараметричного синтезу конструктивних елементів циліндричних редукторів дозволяють на етапі проектування або доведення машин отримувати з необхідною точністю достовірні значення оптимальних параметрів, що забезпечує якість виготовлення, надійність, зменшення маси запроєктованої конструкції за заданими критеріями оптимізації з одночасним розширенням можливостей для розв'язання подібних задач з використанням інформаційних технологій. Для реалізації цього методу розроблено алгоритми і комп'ютерні програми «Корпус», «Зубчасте колесо», «Вал» на основі дискретного програмування, що здійснюють синтез конструктивних параметрів корпусів редукторів, зубчастих коліс, валів за заданими критеріями, виконують обґрунтований вибір підшипників, шпонкових і різьбових з'єднань.

Створено випробувальний стенд із замкненим силовим потоком для дослідження навантажувальної здатності редуктора та коливних процесів на режимах, які відповідають реальним умовам експлуатації. Розроблено рекомендації для зменшення маси корпусів і деталей редуктора, забезпечення їх міцності та надійності. В подальшому вони можуть бути використані при проектуванні сучасних машин та обладнання різного технологічного призначення, а також у науково-дослідницьких та навчальних процесах.

Оцінка структури, обсягу та змісту роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, шести розділів, висновків та 6 додатків на 71 сторінці. Загальний обсяг роботи – 395 сторінок. Основний зміст викладено на 298

сторінках і містить 76 рисунків, 9 таблиць, список використаних джерел із 308 найменувань та 4 додатки.

У вступі автор обґрунтувала актуальність теми дисертації, вказала на зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами, сформулювала мету і задачі дослідження, визначила наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, навела дані про особистий внесок здобувача, апробацію результатів дисертації і подала список публікацій.

Перший розділ присвячено всебічному огляду сучасного стану проблеми оптимального проектування циліндричних редукторів. Автор показала себе не лише знавцем у галузі машинознавства, але і фахівцем у вирішенні оптимізаційних задач машинобудівних конструкцій. Особливу увагу приділила питанням зниження маси запроектованих конструкцій з одночасним забезпечення міцності та надійності при проектуванні. Здобувач обґрунтувала, що на сучасному етапі методики розрахунку і проектування складових елементів циліндричних редукторів, головним чином побудовані на суб'єктивних підходах конструктора до забезпечення міцності з використанням довідкової літератури. Виключення складають лише зубчасті передачі, розрахунок яких на міцність виконують згідно із ГОСТ 21354 – 87.

Отже, багатопараметрична оптимізація конструктивних елементів циліндричних редукторів практично не розглядалася. Крім цього, не розглядалися питання її структурної оптимізації.

Особливу увагу здобувач приділила питанням надійності зубчастих передач та інших складових елементів редукторів. Автор показала, що наведені методики визначення оптимального часу напрацювання на відмову стосуються лише машинобудівних конструкцій загального машинобудування, а методи математичного моделювання надійності зубчастих передач циліндричних редукторів і заходи для її підвищення не досліджуються взагалі. Проведений аналіз дозволив сформулювати задачі досліджень.

У другому розділі, який є основним, автор зосередила увагу на обґрунтуванні та розробленні математичної моделі динамічних процесів в

циліндричних зубчастих передачах редукторів для дослідження якості виготовлення бокових робочих поверхонь зубців коліс, яка дає можливість визначати її вплив на зміну внутрішніх динамічних навантажень. Вперше отримано залежність для визначення коефіцієнту K_v від дії внутрішніх динамічних навантажень, обумовлених технологією зубофрезерування черв'ячними фрезами. Автор розглянула вплив тертя профілів зубців в зачепленні циліндричної зубчастої передачі на демпфування вимушених коливань. В дисертаційній роботі встановлено що коливання, які є перпендикулярними до напрямку ковзання робочих поверхонь зубців коліс, демпфуються тертям за законом в'язкого опору, а тертя робочих поверхонь зубців коліс в напрямку заданого руху не тільки не демпфує коливання, але й підсилює ефект дії зовнішніх збурюючих сил. Здобувач показала, що для зменшення впливу зовнішніх збурюючих сил, які спрямовані вздовж ковзання робочих профілів, необхідно зменшувати шорсткість робочих поверхонь зубців. Дисертант велику увагу приділила експериментальним дослідженням для перевірки отриманих теоретичних результатів, що пов'язані з похибкою передаточного числа зубчастої передачі, яка обумовлена процесом зубонарізання коліс черв'ячними фрезами. Для дослідження та перевірки цих досліджень на фізичній моделі був спроектований та виготовлений випробувальний стенд з замкненим силовим потоком. Дисертантом були отримані залежності для визначення першої гармоніки (коливання корпусу редуктора), шостої (коливання зубчастого колеса) і сьомої (робочого профілю зуба). Результати експериментальних досліджень порівнювали з результатами теоретичних досліджень з визначенням відносної похибки до результатів експерименту. Розрахунки, які наведені в дисертаційній роботі, показали, що відносна похибка не виходить за межі 11,3%. Таке значення похибки є допустимим, а отримані результати по врахуванню дії внутрішніх динамічних навантажень можуть використовуватися для розрахунку активних поверхонь зубців на контактну втому та втому зубців при згині.

Крім того, отримані дисертантом результати досліджень дали можливість встановити, що сумарну лінійну похибку Δ вздовж лінії зачеплення при розрахунку коефіцієнта K_v , який враховує дію внутрішніх динамічних навантажень, можна визначати як суму допусків на похибку профілю зубця f_f і на відхилення кроку зачеплення f_{pb} .

У *третьому розділі* автор провела дослідження по забезпеченню надійності циліндричного редуктора. визначила показники надійності циліндричного редуктора протягом одного внутрішньоциклового періоду планово-попереджувального ремонту обладнання. Для визначення показників надійності редукторів уточнювались параметри масштабу a і форми b з використанням методу статистичного моделювання. За результатами статистичного моделювання розподілу Вейбулла була побудована залежність з накладанням на неї лінії тренда і отриманням рівняння для визначення уточнених параметрів. Автором було доведено, що прийнятий в межах планово-попереджувального ремонту обладнання час безперервної роботи редуктора $t_1 = 1666,7$ год є завищеним та не забезпечує достатньої надійності роботи редуктора. З 10 працюючих двохступневих редукторів за час t_1 один, обов'язково, відмовить.

Здобувач вперше звернула увагу на те, що в процесі роботи редуктора для зменшення напружень згину доцільно зменшувати відстань L між опорами швидкохідного вала. Це можливо зробити тільки за умови модифікації конструкції корпусу редуктора.

Отже, автором розроблено методологію прогнозування надійності циліндричних редукторів з використанням методу статистичного моделювання. Встановлено, що найбільш оптимальним проміжком часу безперервної роботи редуктора без виконання технічного обслуговування є час $t_1 = 720$ год, який забезпечує достатню імовірність безвідмовної роботи. Модифікація корпусу редуктора з метою підвищення надійності дала можливість ще більше збільшити його середнє напрацювання на відмову.

Здобувач також звернула увагу, що зменшення кута нахилу зубців косозубих коліс редуктора до 10° збільшує напруження T_B підшипників на відмову на 68%. В процесі виконання дисертаційного дослідження дисертант встановила, що з метою підвищення надійності зубчастої передачі необхідно приймати більші значення коефіцієнта ширини зубчастого вінця ψ_{ba} з рекомендованих меж його зміни.

Четвертий розділ автор присвятила синтезу конструктивних параметрів корпусів редукторів та визначенню параметрів конструктивних елементів корпусу в залежності від його напружено-деформованого стану. Вочевидь, основним чинником, від якого залежать майже всі конструктивні елементи корпусу, є товщина його стінки δ . Тому на підставі розгляду напружено-деформованого стану корпусу від зусиль, які діють в процесі роботи зубчастої передачі, визначено значення товщини стінки корпусу δ . Для розгляду напружено-деформованого стану корпусу від зусиль, які діють в процесі роботи зубчастої передачі, здобувач застосувала метод сил. На основі результатів перевірки визначеної товщини стінки корпусу редуктора було отримано максимальне нормальне напруження з урахуванням максимального внутрішнього зусилля, яке діє зі сторони максимального згинального моменту, що діє на стінку корпусу, а також осьового моменту інерції перерізу стінки корпусу. Автором було встановлено, що максимальні напруження практично не перевищують допустимих і міцність корпусу редуктора забезпечується. Для обґрунтування запропонованої оптимізаційної математичної моделі синтезу конструктивних елементів корпусу редуктора, яка побудована на розрахунках методом сил, застосовано метод скінчених елементів з використанням системи SolidWorks. Розгляд процесу обґрунтування починається з представлення твердотілої моделі корпусу редуктора в середовищі SolidWorks згідно параметрів, які отримано за результатами синтезу конструктивних елементів одноступеневого редуктора 1ЦУ-200-6,3-11-У3 на підставі метода сил. Розрахунки напружено-деформованого стану корпусу редуктора автор виконала в середовищі SolidWorks Simulation методом скінчених елементів.

Відносна похибка за отриманими результатами складає 7,7%, що є допустимим при виконанні інженерних розрахунків різних об'єктів на міцність.

Здобувач розробила оптимізаційну математичну модель для синтезу конструктивних параметрів корпусів одноступеневого і двоступеневого циліндричних редукторів. Отже, дисертант встановила, що при розробленні корпусів редукторів шляхом оптимізації їх конструктивних розмірів є можливість зекономити матеріал на одному корпусі до 10,2%. Дотримання при виробництві одержаних оптимальних значень конструкторських параметрів дозволяє гарантувати міцність та надійність конструкції редуктора.

П'ятий розділ стосується методів оптимізації на основі дискретного програмування. Автор теоретично розробила метод пошуку раціональних конструктивних параметрів циліндричних зубчастих передач. Здобувачем розглянуто вибір та обґрунтування критеріїв оптимізації основних параметрів зубчастих коліс. Для розв'язання оптимізаційної моделі використаний метод Монте-Карло. На першому етапі було розроблено блок-схему алгоритму розв'язку моделі. На підставі блок-схеми алгоритму була написана програма «Зубчаста передача» для визначення конструктивних параметрів зубчастих коліс на мові програмування C#. Пакет прикладних програм дав змогу обґрунтувати розроблену оптимізаційну модель багатопараметричного синтезу на існуючих конструкціях редукторів. За основу для перевірки на адекватність розробленої моделі було прийнято одноступеневий редуктор типу 1ЦУ-200-4-12-УЗ Київського редукторного заводу ПП «Кирмет».

У цілому слід констатувати, що на основі розробленого в дисертаційній роботі математичного апарату розв'язання оптимізаційної моделі синтезу конструктивних параметрів зубчастої передачі є можливість зменшити витрати матеріалу на виготовлення передачі на 16,5% при забезпеченні необхідної міцності та надійності. Також варта уваги запропонована залежність для визначення кута нахилу зубців коліс передачі в залежності від допустимого рівня шуму згідно із санітарними нормами.

У шостому розділі автор дослідила процес багатопараметричного синтезу параметрів валів. Необхідною умовою є визначення таких основних параметрів: середнього терміну служби (довговічність) вала; границі текучості матеріалу вала; коефіцієнту запасу міцності в небезпечних перерізах вала; прогину вала; кута нахилу перерізів вала від його прогину; кута закручування вала від обертального моменту, який передається; критичної кутової швидкості обертання вала. Одним із головних показників нормальної роботи вала є його експлуатаційна надійність, відповідно основним показником експлуатаційної надійності зубчастої передачі є довговічність роботи кожного складового елемента та виробу загалом. Для синтезу оптимальних значень конструктивних параметрів вала математичну модель оптимізації здобувач представила алгоритмічною формою з використанням для її розв'язку методу Монте-Карло.

Результати оптимізації дисертант перевіряла звичайним розрахунковим методом та експериментальним шляхом на стенді із замкненим силовим потоком. Отримані результати показали, що розраховані дані за допомогою розробленої оптимізаційної математичної моделі повністю адекватні розрахунковим і експериментальним результатам. Загальна відносна похибка не перевищує 5...7%. Також автором доведено, що результати розробленого методу багатопараметричного синтезу дають можливість забезпечити необхідну міцність на згин, втомну міцність, і жорсткість вала із запобіганням недопустимих поперечних коливань, а також експлуатаційну надійність з одночасним вибором його матеріалу.

Отже в дисертаційній роботі вирішена ціла низка актуальних науково-технічних задач, результати яких свідчать про ефективність запропонованих методів.

Публікації та оприлюднення результатів. За матеріалами дисертації здобувачем опубліковано 24 наукові статті, з яких 3 в закордонних виданнях і 1, що входить в базу Scopus, 20 наукових статей у наукових фахових виданнях України, 11 тез доповідей науково-технічних конференцій, 1 патент на корисну модель і 3 свідоцтва на твір (комп'ютерні програми). В опублікованих працях в

достатній мірі висвітлені наукові положення, основні висновки і рекомендації дисертаційної роботи. Результати дисертації були представлені на багатьох наукових форумах, що свідчить про ознайомлення з ними широкої наукової громадськості.

Оцінка дисертації, її завершеність в цілому, зауваження і проблема, яка розглядається, оформлення дисертації та автореферату. Виконану роботу слід вважати закінченим науковим дослідженням, яке відповідає меті, сформульованій у дисертації.

Структура та обсяг дисертації відповідають вимогам ДАК України, що висуваються до тексту дисертацій. Дисертацію написано грамотною лаконічною мовою наукових праць. Сформульовано мету та задачі досліджень, аргументовано вибір моделей об'єкта, що досліджується, викладені методи розв'язання задач, проведена їх реалізація та впровадження результатів дослідження. Загалом дисертаційна робота написана зрозуміло і ясно. Графіки та рисунки зроблені чітко, буквені позначення виразні. В роботі не використовуються результати та висновки кандидатської дисертації.

Зміст *автореферату* достатньою мірою відповідає змісту дисертації, зауважень немає.

Загалом *дисертація* є науковою працею, в якій на підставі виконаних досліджень розроблено методологію багатопараметричного синтезу конструктивних елементів циліндричних редукторів з урахуванням особливостей їх виготовлення та надійності. Отже, значущість для науки і практики виконаної пошукувачем роботи полягає в розробці науково обґрунтованої та експериментально перевіреної методології визначення оптимальних конструктивних елементів циліндричних редукторів.

Основні зауваження по роботі.

1. В першому розділі дуже широко наведені різні типи циліндричних редукторів, в тому числі і мотор-редуктори та, на жаль, не має планетарних.

2. Робота складається із двох незалежних частин: багатопараметричного синтезу (розділ 4, 5, 6) і міцності та надійності редукторів (розділ 2, 3), які доповнюють одна одну у питаннях підвищення якості виробів.

3. При аналізі у першому розділі віброактивності зубчастих евольвентних передач та передач із зачепленням Новікова недостатньо глибоко розглянута їх відмінність.

4. На жаль, автор не показала практичне застосування методів скінчених елементів для визначення силових характеристик машинобудівних конструкцій.

5. Бажано було б у висновках до роботи більше уваги приділити формулюванню конкретних рекомендацій щодо застосування отриманих результатів при розв'язанні оптимізаційних задач.

6. Математичну обробку результатів повнофакторного експеримента для отримання залежності середнього значення амплітуди коливання корпусу редуктора (параграф 2.4) доцільно розмістити в додатках (с. 121...127).

7. Для виміру вібрацій корпусів редукторів чомусь застосувалась складна тензометрична схема, замість безпосереднього вимірювання вібрацій вібродатчиками, чим дисертант ускладнила сама собі задачу і втратила в точності та наочності. Мабуть, в її розпорядженні не було вібровимірювальної апаратури.

8. При тензовимірюваннях застосовувалась далеко не сучасна вимірювальна тензостанція УТ-4.

9. В другому розділі (параграф 2.1) необхідно було б пояснити отримання кутової похибки $\Delta\varphi$ (залежність (2.19)) дуже малих значень в межах 0,0001...0,0006 рад.

10. Потребує пояснення, чому в розділі 2.1. не наводиться методика визначення коефіцієнтів жорсткості та не подаються значення цих коефіцієнтів?

11. Треба навести приклади, де оптимізаційні математичні моделі будуть використовуватись при проектуванні.

12. Яким чином розроблені оптимізаційні математичні моделі синтезу конструктивних параметрів зубчастих передач обумовлюють використання прийнятих критеріїв оптимізації?

13. Чому при розроблені методології прогнозування надійності циліндричних редукторів розглядався тільки закон розподілу Вейбулла і чи не було серед статистичних матеріалів таких, які підкорюються іншим законам зокрема багатомодальним?

14. Робота не вільна від описок, граматичних помилок, помарок, повторів, які звичайно притаманні такого роду рукописам.

Загальний висновок.

Дисертаційну роботу Васильєвої О. Е. «Багатопараметричний синтез конструктивних елементів циліндричних редукторів з урахуванням особливостей їх виготовлення та надійності» виконано на високому науковому рівні. Зауваження, які зроблені у цьому відгуку, не впливають на загальну позитивну оцінку роботи, оскільки вони не спростовують основних положень і висновків.

Результати всебічного розгляду та аналізу дисертаційної роботи дозволяють зробити висновок, що вона є завершеним науковим дослідженням, яке виконане на актуальну тему. Значимість роботи для науки полягає в тому, що розроблені у ній методи багатопараметричного синтезу основних параметрів складових конструктивних елементів редуктора можна розглядати як наукове підґрунтя для проведення подальших науково-дослідних робіт з машинознавства для об'єктів або машин з недостатньо оптимальними конструктивними характеристиками, які потребують удосконалення. Зазначені вище зауваження слід розглядати як побажання для подальшої плідної наукової праці, і вони не знижують загальної позитивної оцінки роботи. Дослідження за тематикою дисертаційної роботи доцільно продовжити у НУ «Львівська політехніка» в співдружності з відповідними науковими установами НАН України та іншими зацікавленими організаціями, а результати роботи можна рекомендувати для використання на підприємствах машинобудування та інших галузях народного господарства України, а також при проведенні науково-

дослідних робіт у відповідних проектно-конструкторських установах та організаціях. У цілому, розглянута дисертаційна робота задовольняє вимогам п. 9, 10 та 12 «Порядку присудження наукових ступенів» щодо докторських дисертацій, а її автор, Васильєва Олена Едуардівна, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.02 – машинознавство.

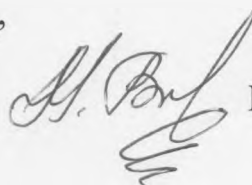
Офіційний опонент, доктор
технічних наук, професор,
професор кафедри
основ проектування Хмельницького
національного університету,
Заслужений діяч науки і техніки України



В. П. Ройзман

Підпис проф. Ройзмана В.П. засвідчую:

Перший проректор,
проректор з науково-педагогічної
та наукової роботи
Хмельницького національного університету,
доктор економічних наук, професор,
член-кореспондент НАН України



М. П. Войнаренко