

ЗАТВЕРДЖУЮ



Перший проректор
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя
М.М. Митник

24 вересня 2020 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 1 фахового семінару кафедри
будівельної механіки

Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя від

24 вересня 2020 р.

- 1. ПРИСУТНІ:** 17 із 19 науково-педагогічних працівників кафедри будівельної механіки, а саме:
1. Ясній Володимир Петрович в. о. завідувача кафедри будівельної механіки, д.ф., доц.
 2. Крамар Галина Михайлівна доцент кафедри будівельної механіки, к.т.н., доц.
 3. Клименко Євгеній Володимирович професор кафедри будівельної механіки, д.т.н. проф.
 4. Бодрова Людмила Гордіївна професор кафедри будівельної механіки, д.т.н. проф.
 5. Конончук Олександр Петрович доцент кафедри будівельної механіки, к.т.н., доц.
 6. Ковальчук Ярослав Олексійович доцент кафедри будівельної механіки, к.т.н., доц.
 7. Сорочак Андрій Петрович доцент кафедри будівельної механіки, к.т.н., доц.
 8. Баран Денис Ярославович доцент кафедри будівельної механіки, к.т.н., доц.
 9. Чорномаз Наталія Юріївна доцент кафедри будівельної механіки, к.т.н., доц.
 10. Каспрук Володимир Богданович доцент кафедри будівельної механіки, к.т.н., доц.
 11. Коваль Ігор Володимирович доцент кафедри будівельної механіки, к.т.н., доц.
 12. Ігнат'єва Вікторія Борисівна доцент кафедри будівельної механіки, к.т.н., доц.
 13. Данильченко Світала Михайлівна старший викладач кафедри будівельної механіки
 14. Мецеракова Ольга Михайлівна старший викладач кафедри будівельної механіки
 15. Грицеляк Роман Володимирович старший викладач кафедри будівельної механіки
 16. Гудь Михайло Іванович старший викладач кафедри будівельної

механіки

На засіданні присутні аспіранти кафедри:

1. *Дивдик Олександр Васильович*
2. *Басара Микола Андрійович*

На засідання запрошені:

1. *Марушак Павло Орестович професор кафедри автоматизації технологічних процесів та виробництв, д.т.н., проф.*
2. *Ясній Петро Володимирович професор кафедри, д.т.н., проф.*
3. *Окіпний Ігор Богданович доцент кафедри інжинірингу машинобудівних технологій, к.т.н., доц.*
4. *Підгурський Микола Іванович професор кафедри інжинірингу машинобудівних технологій, д.т.н., проф.*
5. *Пиндус Юрій Іванович доцент кафедри автомобілів, к.т.н., доц.*
6. *Пилипець Михайло Ількович професор кафедри інжинірингу машинобудівних технологій, д.т.н., проф.*
7. *Васильків Василь Васильович професор кафедри інжинірингу машинобудівних технологій, д.т.н., проф.*

З присутніх – 5 докторів наук та 12 кандидатів наук – фахівці за профілем представленої дисертації.

Голова засідання – д.т.н., проф., професор кафедри автоматизації технологічних процесів та виробництв Марушак Павло Орестович

- 2. СЛУХАЛИ:** *Доповідь аспіранта кафедри будівельної механіки, Дивдика Олександра Васильовича за матеріалами дисертації: «Підвищення залишкової довговічності елементів авіаційних конструкцій пластичним деформуванням матеріалу в околі отворів», представленої на здобуття вищої освіти ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 – Прикладна механіка (галузь знань 13 – Механічна інженерія).*

Науковий керівник член-кореспондент НАН, д.т.н, проф. Ясній П. В.

Тему дисертації затверджено “23” грудня 2016р. на засіданні Вченої ради Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № 12, та уточнено “23” червня 2020р. на засіданні вченої ради Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № 8.

Робота виконана на кафедрі будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

По доповіді було задано 15 запитань, на які доповідач дав правильні та ґрунтовні відповіді. Питання задавали:

- д.т.н., проф. Марушак Павло Орестович;
- к.т.н., доц. Окіпний Ігор Богданович;
- к.т.н., доц. Крамар Галина Михайлівна;
- к.т.н., доц. Конончук Олександр Петрович;
- к.т.н., доц. Сорочак Андрій Петрович;
- к.т.н., доц. Ковальчук Ярослав Олексійович;
- к.т.н., доц. Коваль Ігор Володимирович;
- к.т.н., доц. Каспрук Володимир Богданович;
- к.т.н., доц. Черномаз Наталія Юріївна.

3. Виступи присутніх.

З оцінкою дисертації Дивдика Олександра Васильовича виступили рецензенти:

- Підгурський Микола Іванович професор кафедри інжинірингу машинобудівних технологій, к.т.н., проф.;
- Пиндус Юрій Іванович доцент кафедри автомобілів, к.т.н., доц.

які зазначили, що дисертаційна робота *Дивдика Олександра Васильовича* на тему «Підвищення залишкової довговічності елементів авіаційних конструкцій пластичним деформуванням матеріалу в околі отворів» є закінченою науковою працею, у якій вирішене завдання підвищення залишкової довговічності елементів авіаційних конструкцій пластичним деформуванням матеріалу в околі конструктивних концентраторів напруження, та має важливе значення для галузі літакобудування і експлуатації повітряних суден.

Актуальність роботи, наукова новизна й практичне значення, ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації та їхня достовірність не викликають сумнівів.

З оцінкою дисертації також виступили присутні на фаховому семінарі кафедри будівельної механіки:

- доцент кафедри будівельної механіки, к.т.н., доц. Сорочак Андрій Петрович

Робота вирішує важливе наукове і практичне завдання підвищення залишкової довговічності елементів авіаційних конструкцій пластичним деформуванням матеріалу в околі конструктивних концентраторів напружень, і є актуальною. Особливого значення це питання набуває для оцінювання і продовження залишкового ресурсу елементів авіаційних конструкцій, що працюють в умовах підвищеної небезпеки, наприклад елементи конструкцій крила літака з функціональними і кріпильними отворами з експлуатаційними пошкодженнями. Вимоги до забезпечення безпечної експлуатації таких конструкцій мають особливе значення в умовах циклічного навантаження і високих напружень.

- доцент кафедри будівельної механіки, к.т.н., доц. Ковальчук Ярослав Олексійович

Тема роботи є актуальною, та обумовлена необхідністю забезпечення надійності і довговічності елементів авіаційних конструкцій з концентраторами напружень, і має важливе значення для літакобудування і експлуатації повітряних суден. Дисертаційна робота спрямована на підвищення залишкової довговічності елементів авіаційних конструкцій з експлуатаційними пошкодженнями в околі концентраторів напружень шляхом застосування розроблених здобувачем методів поверхневого пластичного деформування.

- Загальна характеристика дисертації – позитивна.

З характеристикою наукової зрілості здобувача виступив науковий керівник член-кореспондент НАН України, д.т.н, проф. Ясній Петро Володимирович, який відзначив, що здобувач, Дивдик Олександр Васильович, в процесі підготовки дисертації проявив себе наполегливим, цілеспрямованим, креативним і заслуговує на найвищу оцінку. Він в повному обсязі виконав індивідуальний навчальний план, план наукової роботи і підготував завершену наукову роботу. Робота виконана на високому рівні. Здобувач заслуговує на отримання наукового ступеня доктора філософії.

4. Заслухавши та обговоривши доповідь Дивдика Олександра Васильовича, а також за результатами попередньої експертизи представленої дисертації на фаховому семінарі кафедри будівельної механіки, прийнято наступні висновки щодо дисертації «Підвищення залишкової довговічності елементів авіаційних конструкцій пластичним деформуванням матеріалу в околі отворів». Рекомендувати дисертацію для подання до захисту у спеціалізовану вчену раду.

Висновок

фахового семінару кафедри будівельної механіки про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації «Підвищення залишкової довговічності елементів авіаційних конструкцій пластичним деформуванням матеріалу в околі отворів»

здобувача вищої освіти ступеня доктора філософії за спеціальністю

131 – Прикладна механіка

(галузь знань 13 – Механічна інженерія)

4.1. Актуальність теми дисертації. Актуальність теми обумовлена необхідністю забезпечення надійності і довговічності елементів авіаційних конструкцій з концентраторами напружень, і має важливе значення для галузі літакобудування і експлуатації повітряних суден. Дисертаційна робота спрямована на підвищення залишкової довговічності елементів авіаційних конструкцій з експлуатаційними пошкодженнями в околі концентраторів напружень шляхом використання різних методів поверхневого пластичного деформування матеріалу. Особливого значення це питання набуває для силових елементів крила літака в яких є функціональні (для переливання палива та протягування кабелів) та кріпильні отвори.

4.2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри. Тема дисертації відповідає науковому напрямку кафедри будівельної механіки - розробка методів прогнозування залишкового ресурсу та довговічності елементів конструкцій з урахуванням експлуатаційних пошкоджень. Дисертація виконана у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя у рамках бюджетної теми згідно з тематичними планами наукових досліджень де автор був виконавцем: "Методологія оцінювання довговічності і продовження ресурсу елементів авіаційних конструкцій з експлуатаційними пошкодженнями біля кріпильних отворів" (№ держреєстрації: 0118U003479, 2017 -2020 р).

4.3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів. Розроблено методики статичного та комбінованого дорнування пластин з отворами з алюмінієвого сплаву, з пошкодженнями у вигляді чвертькругової втомної тріщини з виходом на поверхню пластини. Спроековано інструмент для дорнування, який забезпечує створення різного натягу, а також необхідну оснастку. Методика реалізована на базі сервогідролічної випробувальної машини СТМ-100, яка забезпечує широкий діапазон швидкостей навантаження по силі і переміщенню штоку циліндра, а також запис вимірювальних параметрів зусилля, та переміщення під час дорнування. Основні наукові результати та висновки дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Зокрема виявлені основні закономірності впливу діаметру отвору і натягу дорнування на швидкість РВТ в алюмінієвому сплаві, оригінальні конструкції інструменту для зміцнення отворів із сплавів з пам'яттю форми та спосіб холодного зміцнення отворів; методики і результати розрахунку методом скінчених елементів механічної поведінки та напружено-деформованого стану в околі отворів різного діаметру після холодного розширення.

4.4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій. Підтверджується використанням модернізованої електрогідролічної машини СТМ-100 керованої ПК з автоматизованою обробкою даних, стереоскопічного мікроскопу для спостереження за ростом тріщини, що дало змогу отримати необхідну точність і достовірність результатів експериментальних досліджень; чисельним моделюванням за допомогою програмного комплексу ANSYS Workbench і задовільним узгодженням результатів підрахунку із експериментальними даними і чисельними даними інших авторів, що і дало необхідну точність і достовірність.

4.5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру Розроблено оригінальні методики підвищення

довговічності конструкцій з концентраторами напруження, шляхом пружно-пластичного деформування отворів з використанням робочих інструментів з пам'яттю форми, які дозволяють створювати залишкові стискувальні напруження навколо отвору в осьовому і радіальному напрямках; із застосуванням комбінованого дорнування. Опрацьовано методику і досліджено вплив дорнування отворів в пластинах із алюмінієвого сплаву Д16чТ із попереднім втомними пошкодженням на кінетику росту втомних тріщин, довговічність та відносну довговічність зразків після дорнування і комбінованого дорнування.

4.6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації:

1. Yasniy P. V., Dyvdyk O. V., Lutsyk N. S., Yasniy V. P. Modelling of mechanical behaviour of shape memory alloys using finite elements method. *Scientific Journal of TNTU*. Ternopil, 2018. Vol 91. No 3. P. 7–15. ISSN: 2522-4433.

2. Ясній П. В., Дивдик О. В., Ясній В. П. Моделювання холодного пластичного деформування отворів у зразках із сплаву з пам'яттю форми. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. Львів, 2020. Вип. № 2 (56), С. 46-51. ISSN: 1068-820X.

3. Yasniy P., Dyvdyk O., Iasnii V., Yasniy O. Prediction of SMA residual lifetime taking into account mechanical properties under constant amplitude loading. *Scientific Journal of TNTU*. Ternopil, 2020. Vol 98. No 2. P. 5–13. ISSN: 2522-4433.

4. Ясній П. В., Дивдик О. В., Ясній В. П. «Інструмент із сплаву з пам'яттю форми для зміцнення отворів в пластинах» Пат. 135429. Україна, МПК В24В 39/00; опубл. 26.06.2019, Бюл. № 12.

5. Ясній П. В., Дивдик О. В., Ясній В. П. «Інструмент із сплаву з пам'яттю форми для зміцнення отворів в пластинах» Пат. 132422 Україна, МПК В24В 39/00; опубл. 25.02.2019, Бюл. № 4.

6. Ясній П. В., Дивдик О. В., Ясній В. П. «Спосіб холодного зміцнення отворів» позитивне рішення по заявці u2020 03159, МПК В23Р 9/00.

4.7. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо:

1. Дивдик О. В., Ясній В. П. Моделювання поведінки сплавів з пам'яттю форми методом скінченних елементів. *V міжнародна науково-практична конференція молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“*, 17-18 листопада 2016 року. Тернопіль, 2016. Том I. С. 189.

2. Дивдик О. В., Ясній В. П. Моделювання поведінки сплавів з пам'яттю форми методом скінченних елементів. *XX наукова конференція ТНТУ ім. І. Пулюя, 17-18 травня 2017 року*. Тернопіль, 2017. С. 141.

3. Ясній В. П., Дивдик О. В., Лисенко Я. Р. Моделювання МСЕ механічної поведінки сплавів з пам'яттю форми. *V міжнародна науково-технічна конференція «Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування»*, 19-22 вересня 2017 року. Тернопіль, 2017. С. 60–62.

4. Дивдик О. В. Моделювання вигину сплавів із пам'яттю форми. *VI міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій»*, 16-17 листопада 2017 року. Тернопіль, 2017. Том I. С. 92–93.

5. Дивдик О. В., Ясній В. П., Цимбалюк Л. І., Луцик Н. С. Моделювання псевдопружної поведінки сплавів із пам'яттю форми за статичного навантаження розтягом. *Міжнародна науково-технічна конференція «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій»*, 22-24 травня 2018 року. Тернопіль, 2018. С. 180–181.

6. Дивдик О. В., Луцик Н. С. Моделювання ефекту пам'яті форми методом скінченних елементів. *VII міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій»*, 28-29 листопада 2018 року. Тернопіль, 2018. Том I. С. 25–26.

7. Дивдик О. В. Моделювання ефекту пам'яті форми методом скінченних елементів. *II міжнародна студентська науково-технічна конференція «Природничі та*

гуманітарні науки. *Актуальні питання*», 25-26 квітня 2019 року. Тернопіль, 2019. С. 156–157.

8. Дивдик О. В., Ясній П. В. Чисельне математичне моделювання холодного пластичного деформування отворів із сплаву з пам'яттю форми. *VI міжнародна науково-технічна конференція «Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування»*, 24-27 вересня 2019 року. Тернопіль, 2019. С. 98–101.

9. Дивдик О. В. Пластичне деформування отворів інструментом із Ni-Ti сплаву. *VIII міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій»*, 27-28 листопада 2019 року. Тернопіль, 2019. С. 22.

4.8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати Полягає у підвищенні залишкової довговічності елементів авіаційних конструкцій комбінованим пластичним деформуванням матеріалу в околі отворів з експлуатаційними пошкодженнями порівняно із традиційним дорнуванням. Результати отримані в даній роботі можуть бути використані в наступних навчальних курсах: «Механіка руйнування», «Механіка руйнування матеріалів і конструкцій». Результати дисертаційного дослідження знайдуть в науково-дослідних інститутах, що займаються питаннями міцності і довговічності матеріалів і елементів конструкцій.

4.9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані Розроблена оригінальна методика підвищення ефективності холодного розширення отворів в пластинах, яка заснована на комбінованому дорнуванні може бути застосовна на авіаційних підприємствах для підвищення залишкового ресурсу елементів конструкцій з експлуатаційними пошкодженнями в околі функціональних чи кріпильних отворів. Результати дисертаційної роботи рекомендується для практичного використання в літакобудуванні і на ремонтних підприємствах для підвищення залишкового ресурсу елементів авіаційних конструкцій з функціональними і кріпильними отворами, наприклад на підприємстві АНТК «Антонов».

4.10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення Дисертація складається з анотації, змісту, вступу, 4 - х розділів, висновків, списку використаних джерел. Мова та стиль дисертації характеризуються цілеспрямованістю та прагматизмом, ясністю і смисловою завершеністю. Дисертація за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України.

Під час обговорення дисертації не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.

5. З урахуванням зазначеного, на фаховому семінарі кафедри будівельної механіки ухвалили:

5.1. Дисертація *Дивдика Олександра Васильовича* «Підвищення залишкової довговічності елементів авіаційних конструкцій пластичним деформуванням матеріалу в околі отворів» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання забезпечення надійності і довговічності елементів авіаційних конструкцій з концентраторами напружень. Дисертаційна робота спрямована на підвищення залишкової довговічності елементів авіаційних конструкцій з експлуатаційними пошкодженнями в околі концентраторів напружень шляхом використання різних методів поверхневого пластичного деформування і має важливе значення для галузі літакобудування і експлуатації повітряних суден.

а. У 15 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 2 статті у наукових фахових виданнях України та 1 стаття у виданні України, яке входить до міжнародних наукометричних баз.

б. Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від

6 березня 2019 р. № 167).

с. З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Дивдика Олександра Васильовича дисертація «Підвищення залишкової довговічності елементів авіаційних конструкцій пластичним деформуванням матеріалу в околі отворів» рекомендується для подання до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували:

за	-	17
проти	-	0
утримались	-	0

Головуючий на засіданні фахового семінару, професор кафедри автоматизації технологічних процесів та виробництва, д.т.н., проф.



П. О. Марущак

Рецензенти:

професор кафедри інжинірингу машинобудівних технологій, д.т.н., проф.



М. І. Підгурський

доцент кафедри автомобілів, к.т.н., доц.



Ю. І. Пиндус

Відповідальний за атестацію PhD
к.е.н.



О. В. Мишкович

"28" вересня 2020р.