

**Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Академія наук вищої освіти України
Академія інженерних наук України
Механіко-машинобудівний інститут
НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»
Донбаська державна машинобудівна академія
Національний університет «Львівська політехніка»
Луцький національний технічний університет
Кіровоградський національний технічний університет
Чернігівський національний технологічний університет
«ОСП Корпорація Ватра»
Наукове товариство ім. Шевченка
Тернопільська обласна організація Українського союзу науково-технічної
інтелігенції**

МАТЕРІАЛИ

Всеукраїнської науково-практичної конференції

ОБЛАДНАННЯ І ТЕХНОЛОГІЇ СУЧАСНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ



**присвяченої пам'яті заслуженого винахідника України,
академіка АН вищої школи України, доктора технічних наук, професора
Нагорняка Степана Григоровича**

**11-12 ТРАВНЯ 2017 р.
Тернопіль, Україна**

УДК 001:621.8:621.9
О-16

Обладнання і технології сучасного машинобудування : матеріали
О-16 Всеукраїнської науково-практичної конференції присвяченої пам'яті
заслуженого винахідника України академіка АН вищої школи України,
доктора технічних наук, професора Нагорняка Степана Григоровича
(Україна, м.Тернопіль, 11-12 травня 2017 р.) / Відповідальний редактор :
докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри «Конструювання верстатів,
інструментів та машин» ТНТУ ім. І.Пулюя Луців І.В. – Тернопіль :
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
2017 – 188 с.

ISBN 978-966-305-082-9

В збірнику надруковані тези Всеукраїнської науково-практичної
конференції «Обладнання і технології сучасного машинобудування»,
присвяченої пам'яті заслуженого винахідника України, академіка АН вищої
школи України, доктора технічних наук, професора Нагорняка Степана
Григоровича за такими науковими напрямками:

1. Сучасні технології в машинобудуванні та металообробці.
2. Нові матеріали, міцність та довговічність конструкцій.
3. Напрямки сучасного розвитку процесів обробки різанням.
4. Синтез конструкцій елементів в сучасних верстатно-інструментальних
системах.
5. CAD/CAM/CAE системи у машинобудівному комплексі.

Відповідальний редактор: докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри
«Конструювання верстатів, інструментів та машин» Тернопільського
національного технічного університету ім. І. Пулюя **Луців І.В.**

Тези надруковані в авторській редакції

Вчений секретар конференції к.т.н., доцент Кобельник В.Р.
Технічний секретар конференції Кашуба Н.П.

Комп'ютерне складання *Кобельник В.Р.*
Комп'ютерна верстка та оформлення *Кашуба Н.П.*
Технічний редактор *Кашуба Н.П.*

Адреса конференції:
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Вул.. Руська, 56, м. Тернопіль, Україна, 46001
Email: konf_otcm@ukr.net

ISBN 978-966-305-082-9

© Дизайн обкладинки Кашуба Н.П.,.....2017
© Тернопільський національний
технічний університет імені Івана Пулюя,..2017

**Мета конференції - створення, вдосконалення, модернізація і виготовлення
сучасного обладнання машинобудівного комплексу,
його розрахунок, дослідження та впровадження у виробництво**

Програмний комітет конференції

Голова

Ясній П.В., д.т.н., проф., ректор ТНТУ

Співголова

Ковальов В.Д., д.т.н., проф., ректор ДДМА

Заступники голови:

Луців І.В., д.т.н., проф., зав. каф. ТНТУ

Рогатинський Р.М., д.т.н., проф., проректор ТНТУ

Члени програмного комітету:

Бобир М.І., член-кореспондент НАН України, д.т.н., проф., директор ММІ НТУУ «КПІ»

Внуков Ю.М., д.т.н., проф., проректор ЗНТУ

Гевко Б.М., д.т.н., проф., ТНТУ

Грабченко А.І., д.т.н., проф., зав. каф. НТУ «ХПІ»

Грицай І.Є., д.т.н., проф., зав. каф. НУ «ЛП»

Данильченко Ю.М., д.т.н., проф., зав. каф. «КПІ»

Дмитрієв Д.О., д.т.н., проф. ХНТУ

Залога В.О., д.т.н., проф., зав. каф. СумДУ

Іскович-Лотоцький Р.Д. д.т.н., проф., зав. каф. ВНТУ

Кальченко В.І., д.т.н., проф., зав. каф., ЧНТУ

Кириченко А.М., д.т.н., проф., зав. каф., КНТУ

Киричок П.О., д.т.н., проф., проректор НТУУ «КПІ»

Клименко Г.П., д.т.н., проф., зав. каф., ДДМА

Кузнецов Ю.М., д.т.н., проф., НТУУ «КПІ», академік-секретар АНВО України

Мазур М.П., д.т.н., проф., декан ХНУ

Малашенко В.О., д.т.н., проф., зав. каф. НУ «ЛП»

Мельничук П.П., д.т.н., проф. ЖДТУ

Оборський Г.О., д.т.н., проф., ректор ОНПУ

Пальчевський Б.О. д.т.н., проф., зав. каф. ЛНТУ

Павленко І.І. д.т.н., проф., зав. каф. КНТУ

Панчук В.Г. д.т.н., проф., зав. каф. ІФНУНГ

Пасічник В.А., д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ «КПІ»

Пермяков О.А., д.т.н., проф., професор НТУ «ХПІ»

Петраков Ю.В., д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ «КПІ»

Пилипець М.І., д.т.н., проф., зав. каф. ТНТУ

Равська Н.С., д.т.н., проф., НТУУ «КПІ»

Рудь В.Д. д.т.н., проф., зав. каф. ЛНТУ

Саленко О.Ф. д.т.н., проф., зав. каф. КрНУ

Струтинський В.Б., д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ «КПІ», перший віце-президент АІН України

Тонконогий В.М., д.т.н., проф., дир. ІПТДМ ОНПУ

Шевченко О.В., д.т.н., проф., «КПІ», зав. каф. ЖДТУ

Щиренко В.В., ген. директор «ОСП Ватра»

Організаційний комітет

Голова : Луців І.В., д.т.н., проф.

Заступник голови, вчений секретар

Кобельник В.Р., к.т.н., доц.

Технічний секретар Кашуба Н.П., асистент

Члени організаційного комітету:

Лещук Р.Я, к.т.н., доц.; Нагорняк Г.С. к.т.н., доц.; Нагорняк І.С. ст. викл.; Гурей І.В. д.т.н., проф.; Гевко І.Б., д.т.н., проф.; Данилишин Г.М., к.т.н., доц.; Дзюра В.О. к.т.н., доц.; Кривий П.Д., к.т.н., доц.; Зеленський К.В., к.т.н., доц.; Зінь М.М., к.т.н., доц.; Волошин В.Н., к.т.н., доц.; Шанайда В.В, к.т.н., доц.; Дубецький І.Д, ст. викл.; Шарик М.В. ст. викл.

УДК 621.3.019.32:02

**Т.І. Рибак, докт. техн. наук, проф.; М.І. Підгурський, докт. техн. наук, проф.;
М.Я. Сташків, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ОЦІНКА МІЦНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИН ЗА КРИТЕРІЯМИ МЕХАНІКИ ВТОМНОГО РУЙНУВАННЯ

**T. Rybak, Dr., Prof.; M. Pidgurskyi, Dr., Prof.; M. Stashkiv, Ph.D., Assoc. Prof.
ASSESSMENT OF STRENGTH AND DURABILITY OF MACHINE ELEMENTS
BASED ON THE FRACTURE MECHANICS CRITERIA**

Загальна тенденція розвитку сучасної техніки в напрямку інтенсифікації виконання технологічних процесів, яка приводить до неперервного збільшення енергосилових, кінематичних, габаритних та інших параметрів машин, вимагає нових підходів при створенні перспективних та модернізації існуючих машин. Базовою складальною одиницею практично будь-якої машини є несуча конструкція (рама, остов), від надійності якої значно залежить ресурс роботи машини. Однією з основних причин недостатньої експлуатаційної надійності рам мобільної техніки є недосконалість існуючих інженерних методів розрахунку їх несучих конструкцій.

Більшість методів оцінки міцності та розрахунку ресурсу стосується бездефектних конструктивних структур. Але в процесі експлуатації, при поєднанні концентрації напружень, високого рівня залишкових напружень і наявності технологічних дефектів (підрізи, непровари та ін.), навіть при обмеженому числі циклів навантажень, можуть виникати втомні тріщини. В процесі подальшої експлуатації залишковий ресурс елемента конструкції з таким дефектом буде визначатись стадією розвитку втомної тріщини. У таких умовах традиційні методи розрахунку міцності і довговічності конструкції будуть недостатніми, що зумовлює необхідність застосування критеріїв механіки руйнування.

Механіка втомного руйнування є теоретичною основою для прогнозування ресурсу в умовах накопичення пошкоджень і розвитку тріщин, оскільки тріщини можуть повільно розповсюджуватися в елементі конструкції і їх ріст можна контролювати і передбачати.

Виходячи з напрацювань у цьому напрямку вітчизняних та зарубіжних вчених, створення ефективних несучих і функціональних систем, оптимальних за матеріаломісткістю та з прогнозованим ресурсом роботи, полягає у розробці алгоритму оцінки довговічності елементів конструкцій з врахуванням реальних умов експлуатації, технології їх виготовлення, застосуванні в інженерному проектуванні числових методів аналізу напружено-деформівного стану (НДС), використанні теоретичних моделей і методів механіки втомного руйнування з врахуванням особливостей розвитку дефектності в статично невизначуваних системах.

Критеріальна оцінка міцності та прогнозування ресурсу роботи конструкцій передбачає проведення дослідження НДС конструкції, вибору критеріїв оцінки тріщиностійкості та визначення характеристик тріщиностійкості матеріалу вузла.

Складність вибору та формування критеріїв оцінки міцності і прогнозування ресурсу роботи зумовлюється, перш за все, різноманітністю профілів складових елементів цих конструкцій та специфікою їх з'єднань. Такі конструкції важко оптимізувати через відсутність фактичних характеристик циклічної тріщиностійкості матеріалу з врахуванням його структурних змін в зоні термічного впливу зварних з'єднань, у відповідності до конкретної технології виготовлення, та відсутність аналітичних залежностей, що описують НДС в околі тріщин у поперечних перетинах тонкостінних елементів відкритого чи замкнутого профілю.

Найбільш простим і доступним для аналізу розвитку втомних тріщин є силовий критерій лінійної механіки руйнування – коефіцієнт інтенсивності напружень (КІН) – основний фактор, що описує НДС у вершині тріщини і контролює її розповсюдження.

Реалізація методики формування силового критерію оцінки тріщиностійкості і прогнозування ресурсу роботи конструкцій проводиться у такій послідовності:

- отримання аналітичних залежностей для визначення коефіцієнтів інтенсивності напружень (КІН) для тріщин у елементах замкнутого [1, 2] та відкритого [3, 4] тонкостінного профілю;
- уточнення залежностей для визначення КІН для тріщин, які розвиваються в зонах зварних з'єднань, з врахуванням конструктивної концентрації напружень, залишкових зварних напружень, неоднорідності матеріалу зварного шва [5, 6];
- побудова кінетичних діаграм тріщиностійкості матеріалу зварних швів [7];
- одержання залежностей для прогнозування ресурсу роботи з врахуванням спектрів експлуатаційного навантаження [8].

У більшості вказаних робіт з дослідження тріщиностійкості елементів конструкцій машин враховувався лише КІН нормального відриву K_I , який визначається нормальними напруженнями, а КІН поперечного K_{II} та поздовжнього K_{III} зсуву, які визначаються дотичними напруженнями, нехтують.

Такий підхід значно спрощує дослідження тріщиностійкості, проте для деяких задач з оцінки залишкового ресурсу елементів конструкції на основі критеріїв механіки руйнування, врахування КІН поперечного K_{II} та поздовжнього K_{III} зсуву є необхідним і дозволяє підвищити точність визначення довговічності конструкції.

Література

1. Рибак Т.І., Підгурський М.І., Сташків М.Я. Методи визначення КІН для дефектних елементів замкнутого профілю // Механічна втома металів. Праці 13-го міжнародного колоквиуму. – Тернопіль: ТДТУ, 2006. – С. 441 – 449.
2. Підгурський М., Сташків М. Розвиток наскрізних тріщин в гнутозварних тонкостінних елементах коробчастого профілю // Вісник ТДТУ, 2006. – Т.11. – № 4. – С. 78 – 86.
3. М. Підгурський, М. Сташків. Методи визначення КІН для дефектних елементів відкритого профілю // Вісник ТДТУ, 2006. – Т. 11. – № 2. – С. 92 – 108.
4. Довбуш Т. Розвиток крайової тріщини при згині тонкостінного Z-подібного профілю / Т. Довбуш, М. Сташків, Н. Хомик // Зб. тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». – Т.1. – ТНТУ, 2016. – С. 190 – 191.
5. Підгурський М.І., Рибак Т.І., Сташків М.Я. Оцінка впливу дефектності зварних з'єднань на надійність сільськогосподарської техніки // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва» – Випуск 51. – Харків: ХНТУСГ, 2007. – С. 289 – 295.
6. Сташків М.Я. Дослідження впливу стисненого кручення на міцність зварного з'єднання елементів рами розкидача твердих органічних добрив / М.Я. Сташків, М.І. Підгурський, Т.А. Довбуш, І.М. Бортник // Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. - Харків: ХНТУСГ, 2016. – Вип. 170. – С. 164 – 171.
7. Підгурський М.І., Рибак Т.І., Сташків М.Я. Визначення кінетики тріщини та її КІН у гнутозварних коробчастих профілях // Загальнодержавний міжвідомчий наук. - техн. зб. «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». – Кіровоград: КНТУ, 2007. – Вип. 37. – С. 24 – 29.
8. Рибак Т. Дослідження залишкового ресурсу тонкостінних елементів з тріщиною / Т. Рибак, М. Сташків // Зб. праць Тернопільського осередку Наукового товариства ім. Шевченка. – Т. 7. – Праці Інженерно-технічної комісії. – Тернопіль: Джура, 2012. – С. 73 – 79.

В.О. Настасенко «ЗБІРНІ СВЕРДЛА З БІЧНИМИ БАГАТОГРАННИМИ НЕПЕРЕТОЧУВАНИМИ ПЛАСТИНАМИ ТА ЇХ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ МОЖЛИВОСТІ»	128
Ю.М. Нікіфоров «ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ЗАДАЧІ ЛАЗЕРНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ, ЩО РОЗВ'ЯЗУВАЛИСЬ УСПІВПРАЦІ ІЗ ПРОФЕСОРОМ С.Г. НАГОРНЯКОМ»	130
О.Р. Онисько; Ю.В. Медвідь «ДЕЯКІ АСПЕКТИ ТОЧНОСТІ У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ВИГОТОВЛЕННЯ КОНІЧНИХ ЗАМКОВИХ НАРІЗЕЙ»	131
А.А. Пермяков, А.А. Клочко, М.И. Гасанов «АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ С ПЕРЕКРЕЩИВАЮЩИМИСЯ И НЕПЕРЕСЕКАЮЩИМИСЯ ОСЯМИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ»	133
А.В. Петриков; Д.В. Волощук «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ГОРЯЧЕШТАМПОВАННЫХ ПОКОВОК В САПР КОМПАС-3D»	135
М.І. Пилипець, О.М. Лясота «ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ НАВИВНИХ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ МАШИН»	137
М.І. Подольський, Є.Е. Бергер «РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СПЕЦІАЛЬНОЇ ФРЕЗИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМИ ФОРМОУТВОРЕННЯ ГІПЕРБОЛОЇДНИХ ПОВЕРХОНЬ»	139
М.В. Потапенко, В.М. Барановський «ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА СЕПАРАЦІЇ ВІЛЬНИХ ДОМШОК ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОГО ТРАНСПОРТЕРА ОЧИСНОЇ СИСТЕМИ»	141
В.О. Проценко, О.Ю. Клементьєва «ДИНАМІКА СПРАЦЬОВУВАННЯ ЗАПОБІЖНИХ КАНАТНИХ МУФТ ДЛЯ ЗАХИСТУ МАШИН ВІД ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПЕРЕВАНТАЖЕНЬ»	143
Н.С. Равська, В.В. Вовк, С.П.Воробйов «ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ЕВОЛЬВЕНТНОГО ЗУБЧАСТОГО КОЛЕСА НА КУТ У ПЛАНІ ІНСТРУМЕНТУ»	145
Т.І. Рибак, М.І. Підгурський, М.Я. Сташків «ОЦІНКА МІЦНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИН ЗА КРИТЕРІЯМИ МЕХАНІКИ ВТОМНОГО РУЙНУВАННЯ»	147
В.Д. Рудь, І.В. Савюк, Ю.С. Повстяна, Л.М. Самчук «РОЗРОБКА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ ЕКЗОТЕРМІЧНИХ СУМІШЕЙ»	149
В.Д. Рудь, Н.А. Христинець «ВПЛИВ ФОРМИ ЧАСТОК І ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ НА ПРОЦЕС ВІБРАЦІЙНОЇ СЕГРЕГАЦІЇ ПОРОШКОВИХ СУМІШЕЙ»	151
А.В. Сапронова, Н.М. Букетова, О.В. Лешенко, М.Ю. Амелін «ДОСЛІДЖЕННЯ АКТИВНОСТІ ПОВЕДІНКИ ДИСПЕРСНОГО КОНВЕРТЕРНОГО ШЛАМУ МЕТОДОМ ІЧ-СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ»	152
І.А. Селіверстов, С.Р. Селіверстова «ВИКОРИСТАННЯ ПЛАКОВАНИХ ПОРОШКІВ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ПЛАЗМОВИХ ПОКРИТТІВ»	153
Р.А. Скляров, В.В. Шанайда «ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ПРИВОДУ АВТОМАТИЧНОЇ ЗАМІНИ ІНСТРУМЕНТІВ	155