

ОЦІНКА ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ ТА ПЛАСТИЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ МЕТОДОМ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ S-ПОДІБНИХ СТІЮК КУЛЬТИВАТОРА ПІСЛЯ ЗМІЦНЕННЯ ДРОБОСТРУМЕНЕВОЮ ОБРОБКОЮ

Заєць В.М., асистент

*Харківський національний технічний університет
сільськогосподарства імені Петра Василенка*

В статті розглянуто спосіб визначення залишкових напружень та пластичних деформацій пружинних стійок культиватора шляхом моделювання методом кінцевих елементів з урахуванням фазових перетворень та наявності безуглецевого шару

В умовах інтеграції сільськогосподарського виробництва України в загальносвітовий ринок зростають вимоги до якості використовуваної сільськогосподарської техніки та підвищення її довговічності. У зв'язку з цим низька довговічність стійок культиваторів вітчизняних виробників в порівнянні з закордонними набуває особливої актуальності для фермерських господарств і середніх сільськогосподарських підприємств, які на відміну від великих агрохолдингів не можуть забезпечити закупівлі дорогої імпоротної техніки.

Існує декілька основних причин зниження довговічності пружинних стійок культиваторів, які поділяються за типами відмов: **конструкційні** – виникають в результаті порушення встановлених правил і норм конструювання; **виробничі**, що виникають в результаті порушення встановленого процесу виготовлення або ремонту; **експлуатаційні** – виникають в результаті порушення встановлених правил і умов експлуатації. Експлуатаційні відмови є одними з найтипівіших для сільськогосподарської техніки, що викликані циклічним навантаженням. Це пояснюється тим, що з одного боку сучасні матеріали та конструкції здатні витримувати великі навантаження без руйнування, отже статичні відмови є вкрай рідким явищем для даних матеріалів, а з іншого боку циклічне навантаження для даних елементів конструкцій є також типовим в експлуатації.

Результати досліджень. Для визначення причин зниження твердості вирізали зразок з найбільш навантаженого перетину стійки і провели металграфічні дослідження (рис.1). Виявлено що це наявність безуглецевого шару глибиною до 1 мм. Основу такого поверхневого шару становить ферит - пластична фаза, яка знижує утомну довговічність вітчизняних стійок.

Одним з ефективних способів підвищення утомної довговічності деталей, є зміцнення робочих поверхонь дробоструменевою обробкою.

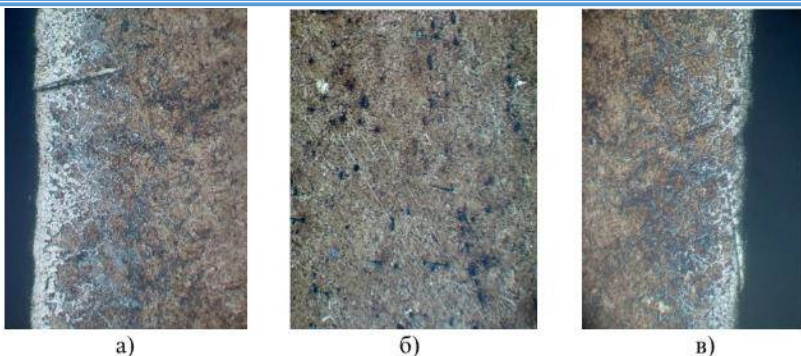


Рис. 1 – Мікроструктура поперечного перетину пружної стійки культиватора, $\times 100$: а - зовнішня сторона, б - середина, в – внутрішня сторона.

Для оцінки можливих шляхів підвищення довговічності виконали дослідження на спеціально приготованих зразках зі сталі з феритною основою - в початковому стані (гладка полірована поверхня) і після дробоструменевої обробки. Вибір такого матеріалу був обумовлений необхідністю визначити вплив і можливі шляхи підвищення утомної довговічності (в мало- і багатоциклових областях) стійок з поверхневим безвуглецевим шаром. Але вони є трудомісткими, тому з огляду на основний дефект стійок культиватора моделювання спочатку треба проводити в момент експлуатації з урахуванням безвуглецевого шару, після дроботруменевої обробки з різною глибиною, як окремо так разом в момент експлуатації. На рис 3 видно, як враховує модель різні матеріали.

Для проведення розрахунків напружено-деформованого стану стійки методом кінцевих елементів використовували Computer Aided Engineering (CAE) системи ANSYS. Теплофізичні властивості матеріалу – модуль пружності, щільність, коефіцієнт лінійного температурного розширення, коефіцієнт теплопровідності, питому теплоємність, брали температурно-залежними функціями і представляли у вигляді табличних даних.

Для моделювання був обраний елемент, який має вісім вузлів до чотирьох ступенів свободи на вузол. Структурні можливості включають пружність, пластичність, гіперпружних, в'язкопружності, в'язкопластичні, повзучість, велике напруження, велике відхилення, напруження жорсткості і ефекти попереднього напруження. Вона також має змішану здатність для моделювання деформацій майже нестикуваних еластомерних, гіперпружних.

Для отримання матриць жорсткості і мас такого кінцевого елемента розподіл переміщень, KE функцій форм, розташування елемента, та його геометрія представлені в попередній роботі [1]

Була вибрана модель експерименту, представлена в таблиці 1, яка описує інтервали варіювання товщини безвуглецевого шару, глибину шару обробітку дробом.

Таблиця 1. Варіювання факторами експерименту

Фактори експерименту	Товщина безвуглецевого шару, мкм (x_1)	Глибина дробоструменевої обробки, мкм (x_2)	Ступінь зміцнення (x_3)
Нульовий рівень	600	250	25
Інтервал варіювання	200	150	20
Нижній рівень	400	100	5
Верхній рівень	800	400	45
Критична точка 1	300	60	0
Критична точка 2	930	650	70

Була побудована кінцево-елементна модель пружної стійки культиватора, з урахуванням фізико-механічних властивостей матеріалу, шару, зміцненого дробострумінною обробкою, та безвуглецевого (рис 3.). Встановлені граничні умови експлуатації згідно [3,4] та проведений розрахунок.

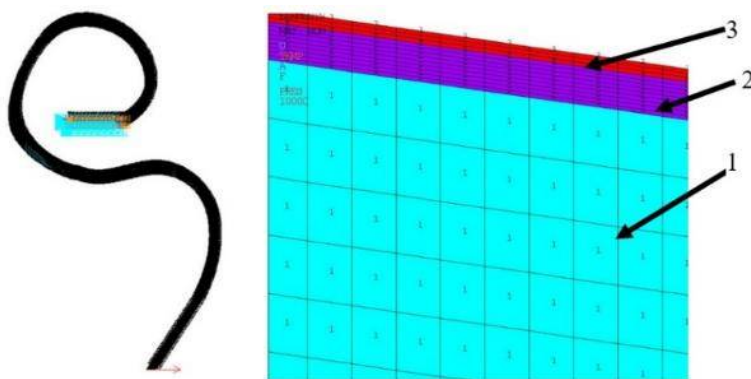


Рис. 3. – Модель стійки культиватора з кінцево-елементною сіткою, з накладенням граничних умов в момент експлуатації (1 – матеріал стійки, 2 – безвуглецевий шар, 3 – шар після дробоструменевої обробки)

Такий дослід повторювався с різними варіаціями (табл.2) співвідношення безвуглецевого шару до дробоструменевого шару, для того щоб, зрозуміти яка оптимальна глибина для підвищення довговічності повинна бути після обробки дробом.

Таблиця 2. Варіації моделей експерименту (вихідні данні для експерименту).

№ експерименту	Товщина беззуглецевого шару, мкм, (x_1)	Глибина дробоструменевої обробки, мкм, (x_2)	Ступінь зміцнення (x_3)
1	400	100	5
2	800	100	5
3	400	400	5
4	800	400	5
5	400	100	45
6	800	100	45
7	400	400	45
8	800	400	45
9	300	250	25
10	930	250	25
11	600	60	25
12	600	650	25
13	600	250	0
14	600	250	70
15	600	250	25

Данні після моделювання знімалися в найбільш напруженій частині стійки, враховуючи поламки в тих же самих місцях (рис. 4.)

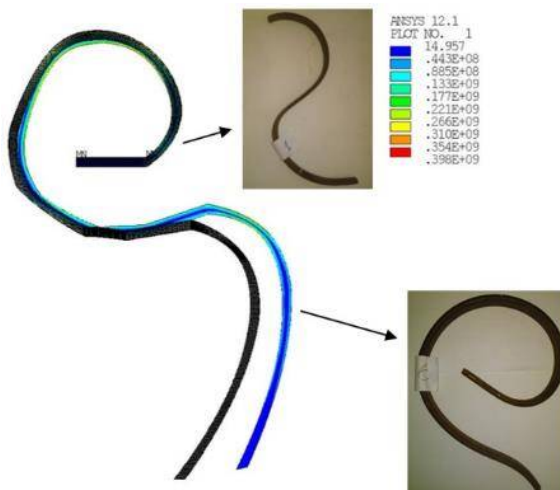


Рис. 4. – Модель стійки після накладення граничних умов та зони відмов

Результати були дуже різні, але в експериментах де залишається безвуглецевий шар напруження не стабільні та корелюються (рис 5 та 6). Але деформації близились до нуля, коли безвуглецевий шар зрівнювався з зміщеним шаром дробоструменевої обробки (рис 7 та 8).

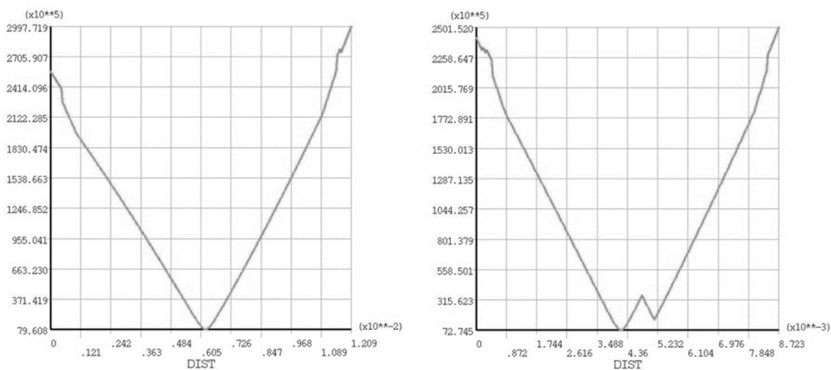


Рис 5. Оцінка рівня напружень по Мізесу в точці 2 (а) та в точці 5 (б) на прикладі 7-го аналізу, де $X1=400$ $X2=400$ $X3=45$.

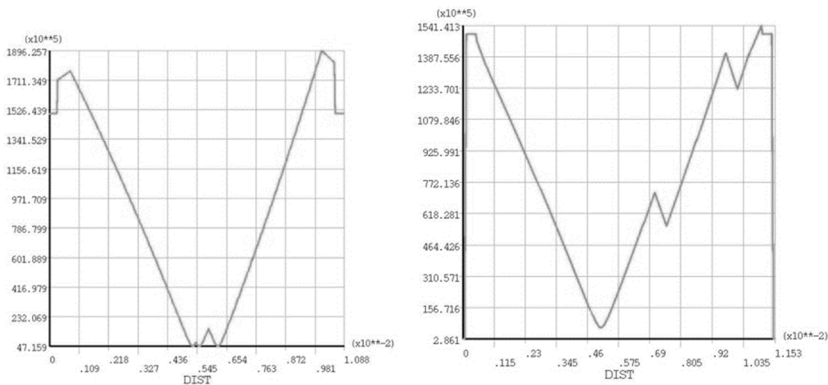


Рис 6. Оцінка рівня напружень по Мізесу в точці 2 (а) та в точці 5 (б) на прикладі 1-го аналізу, де $X1=400$ $X2=100$ $X3=5$.

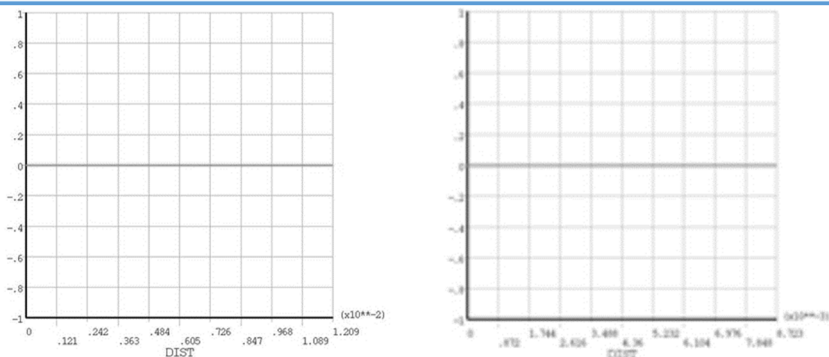


Рис 7. Оцінка рівня деформації по Мізесу в точці 2 (а) та в точці 5 (б) на прикладі 7-го аналізу, де $X_1=400$ $X_2=400$ $X_3=45$.

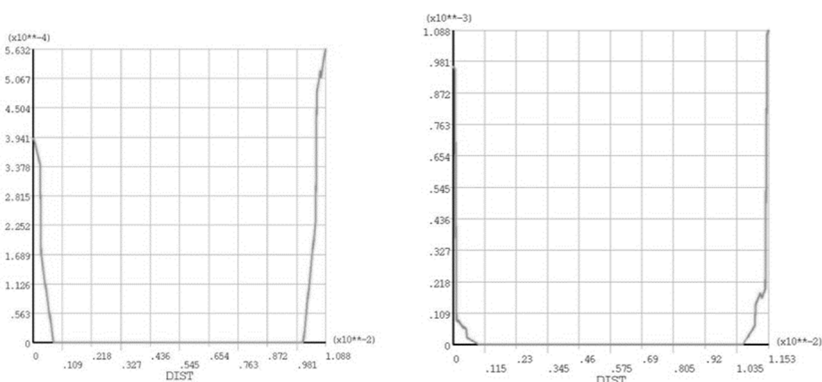


Рис 8. Оцінка рівня деформації по Мізесу в точці 2 (а) та в точці 5 (б) на прикладі 1-го аналізу, де $X_1=400$ $X_2=100$ $X_3=5$.

Отже цей метод моделювання дозволяє отримати данні, зменшуючи кількість трудомістких випробувань. Використання методу дозволяє враховувати фазовий склад та відтворювати типові дефекти, визначаючи зміну напружено-деформованого стану стійки культиватора в експлуатації. Оскільки метод кінцевих елементів обумовлює значення параметрів по всій площі то данні отримуємо в кожній точці зразка. Після чого результати обробляли для подальшого експериментального дослідження втомних руйнувань та перевірки адекватності отриманих теоретичних результатів.

Список літератури

1. Заєць В.М. Моделювання напружено-деформованого стану методом кі-

- нцевих елементів S – подібних стійок культиватора для проведення міжрядного обробітку лісових культур / Вісник ХНТУСГ, вип. 189. X.: 2017. – С210-214.
2. Федоров С. Е., Чаткин М. Н. Исследование динамики пружинной стойки методом «эквивалентного бруса» // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: межвуз. сб. науч. тр. – Саранск, 2013. – С. 66-68.
 3. Багманов, Р. С. Улучшение качества предпосевной обработки почвы и снижение энергозатрат путем обоснования параметров культиватора с упругими рабочими органами : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.20.01 / Багманов Рубин Сабирович. – Москва, 2012. – 18 с.
 4. Агафонов Н.І. Ефективне використання сільськогосподарської техніки. – М.: Знання, 1997 –№ 4. – 63 с.
 5. Skoblo T.S., Vlasovets V.M. The structure and distribution of the components in the working layer upon parts arc spraying metallizing reconditioning / TS Skoblo, VM Vlasovets // Metallovedenie i Termicheskaya Obrabotka Metallov 2001. - 12, 26-29.
 6. Skoblo T.S., Vlasovets V. M. Specific features of the formation of structures in 60KH2N4GMF precipitation-hardening steel // Materials Science. Vol. 47. No. 5. March. 2012 P. 644-650..
 7. Власовец В.М., Ефременко В.Г., Заец В.Н. Разработка методики автоматизированного подсчета количества неметаллических включений в стали при оценке качества изделий // Вісник ХНТУСГ “Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва”. – Харків, 2014. – вип. 151. – с.266–274.
 8. Власовец В.М, Заец В.Н. Моделирование напряжённо-деформированного состояния вокруг включений карбидов при охлаждении эвтектичной стали в условиях нестационарной теплопроводности. Вестник ХНТУСХ. Вып № 163 2015г - С158-166.

Аннотация

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ S – ПОДОБНЫХ СТОЕК КУЛЬТИВАТОРА ПОСЛЕ УПРОЧНЕНИЯ ДРОБЕСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Заец В.Н., ассистент

В статье рассмотрен способ определения остаточных напряжений

и пластических деформаций пружинных стоек культиватора путем моделирования методом конечных элементов с учетом фазовых превращений и наличия безуглеродного слоя

Abstract

**MODELING OF THE STRESS-DEFORMED STATE BY
THE METHOD OF END ELEMENTS OF S-SIMILAR
CULTIVATOR STREAMS FOR CARRYING OUT
INTER-CUTTING FOREST CROPS**

Zaets V.N., Assistant, Shutko M.A., Master

The article deals with the method of determining the residual stresses and plastic deformations of the spring racks of the cultivator by means of finite element modeling taking into account phase transformations and the presence of a carbon-free layer.