

УДК 629.33.004.67

В.І. Савуляк, д-р техн. наук, Д.В. Бакалець  
Вінницький національний технічний університет

## ВПЛИВ ГІДРОМАНІПУЛЯТОРА МОБІЛЬНОЇ МАШИНИ НА ФОРМУВАННЯ ТРІЩИНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗОН НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ

*Приведены результаты исследования напряжений и деформаций, которые возникают в рамном каркасе мобильной машины в процессе работы манипулятора с гидравлическим приводом, и могут привести к возникновению трещин. Разработана технология и ряд практических рекомендаций по проведению ремонта поперечных трещин рам транспортной техники.*

*The paper studied the efforts of stresses and deformations, that appear in the skeleton frame of mobile machines, in the process of working of manipulator with hydraulic driving gear, and can reduce to crack initiation. The developed technology and a number of practical guidelines for realization of repair of transverse cracks of frames of the transport technique.*

### Вступ

Рама є основним несучим елементом кузова більшої транспортних засобів, на який діє комплекс статичних і динамічних сил. Протягом використання маніпулятора з гідроприводом (рисунок 1, 2) виникають додаткові навантаження, через дії яких елементи рами деформуються та піддаються знакозмінним навантаженням, що призводить до появи втомних тріщин різного роду і направленості, які спричиняють зміну напружено-деформованого стану усєї системи. Наявність тріщин, вершини яких є концентраторами напружень, призводить до інтенсифікації руйнування усєї конструкції автотранспортного засобу.

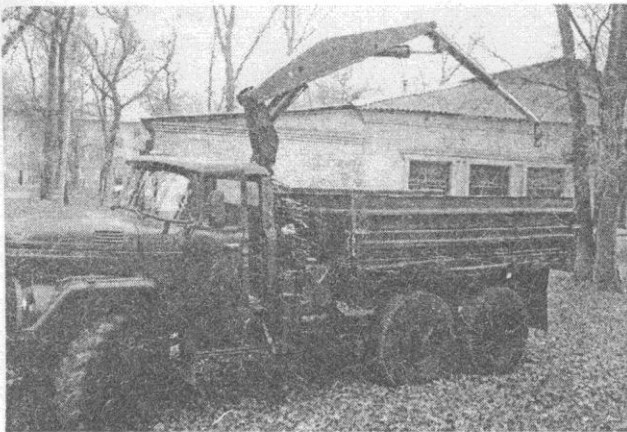


Рисунок 1 — Автомобіль ЗІЛ 131 з стандартним гідроманіпулятором.

Тріщини з'являються частіше в зонах поблизу упорів, кріплень несучих елементів або розвиваються від отворів під заклепки та болти, які є концентраторами напруги. Експлуатація транспортних засобів з тріщинами не допускається.

Аналіз літератури свідчить, що існує багато розробок, в яких запропоновано технологічні процеси ремонту рамних конструкцій з тріщинами [1, 2]. Найбільш широко використовуються методи зварювання та встановлення підсилюючих накладок. Однак досліджень зміни напру-



Рисунок 2 — Автомобіль ЗІЛ 131 з гідроманіпулятором TADANO.

жено-деформованого стану відновлених конструкцій дуже мало.

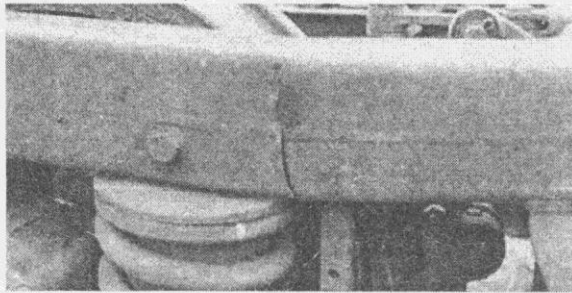
Дотепер за умови наявності тріщини, що проходить за середину стінки поздовжньої балки, раму бракують. Рама може бути відремонтована, якщо на одній поздовжній балці є не більше двох тріщин, що проходять до середини профілю. Рама, яка має на кожній поздовжній балці більше двох тріщин, що проходять до середини профілю, або одну й більше тріщин на одній з поздовжніх балок, що проходять за середину профілю, ремонту не підлягає й повинна бути замінена новою. Це вимагає наявності запасів або виробництва нових рамних конструкцій до автомобілів, що експлуатуються.

### Виклад основного матеріалу

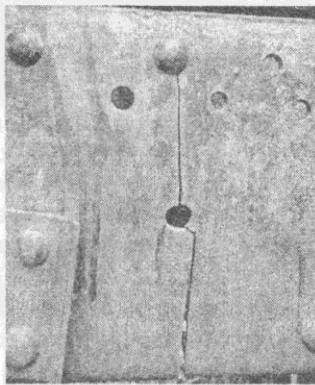
Велика кількість моделей автомобілів, давно знятих з виробництва, успішно експлуатуються сучасними автотранспортними підприємствами, і при виникненні вище розглянутих дефектів, підприємство втрачає автомобіль, ресурс якого не вичерпано у деяких випадках і на 50%, що економічно є недоцільним. Тому питання ремонту наскрізних поперечних тріщин рам досі залишається відкритим і є актуальним.

Найбільшу небезпеку несуть тріщини, що проходять майже по всьому перерізу балки (рисунок 3). Дослід-

ження появи і розвитку тріщин показало, що вони зароджувалися з внутрішньої сторони балки і розвивалися у поперечному напрямку з виходом назовні на видиму сторону [3].



а)



б)

Рисунок 3 — Поперечні тріщини несучих конструкцій: а — вагонетки, б — рами вантажного автомобіля.

На відміну від поздовжніх тріщин, які можна просто заварити, поперечні тріщини потребують розробки індивідуального технологічного процесу, з врахуванням багатьох факторів і напружено-деформованого стану конструкції, для запобігання повторного розтріскування.

Зазвичай виявити такі тріщини на початкових стадіях їх розвитку без проведення оглядів з використанням спеціальної діагностичної апаратури дуже складно, а в деяких випадках майже неможливо.

Метою даної роботи є дослідження умов виникнення тріщин під впливом навантажень спричинених гідроманіпулятором під час роботи та розробка рекомендацій по ремонту наскрізних поперечних тріщин несучих конструкцій транспортних засобів.

Як приклад розглянемо раму автонавантажувача оснащеного маніпулятором з гідравлічним приводом, яка містить пошкодження (тріщини). Основними функціями даного автомобіля було навантаження та перевезення вантажу. Процес переміщення вантажу в кузов або з нього спричиняв виникнення додаткового навантаження в ушкодженій області рами.

Для дослідження причин виникнення тріщин на одному із лонжеронів конструкції використано математичне моделювання процесу підйому та повороту стріли гідроманіпулятора з використанням однієї із програм кінцево-елементного аналізу (рисунок 4) [4].

Напруження та деформації у зоні тріщини визначались для чотирьох точок перерізу в залежності від просторового розміщення навантаженої стріли гідроманіпулятора, а саме від вильоту штока гідроциліндра та кута повороту стріли відносно рами.

За отриманими даними побудовано залежності (рисунки 5—8), які свідчать, що найбільші напруження та де-

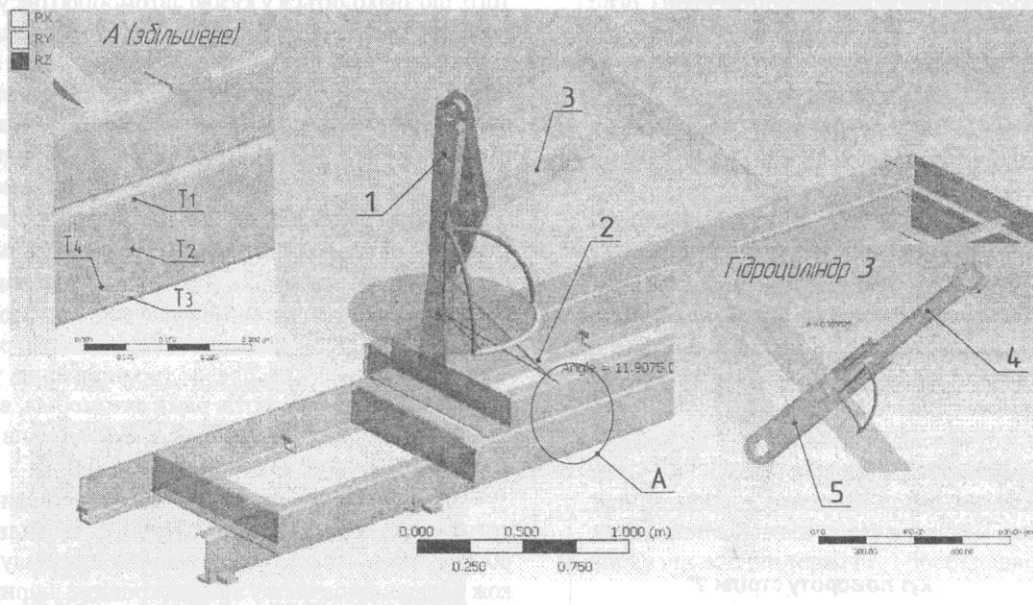


Рисунок 4 — Моделювання процесу підйому та повороту стріли гідроманіпулятора.

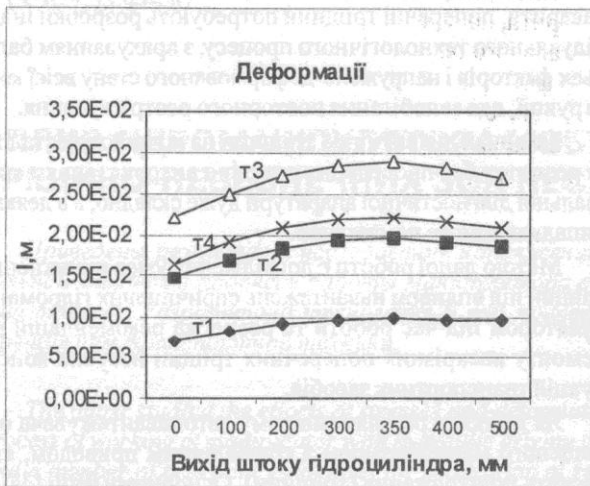


Рисунок 5 — Графік залежності деформації від виходу штоку стріли.



Рисунок 6 — Графік залежності напружень від виходу штоку стріли.

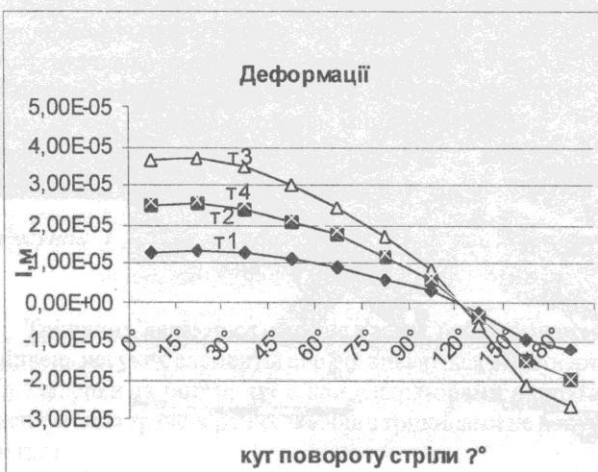


Рисунок 7 — Графік залежності деформації від кута повороту стріли.

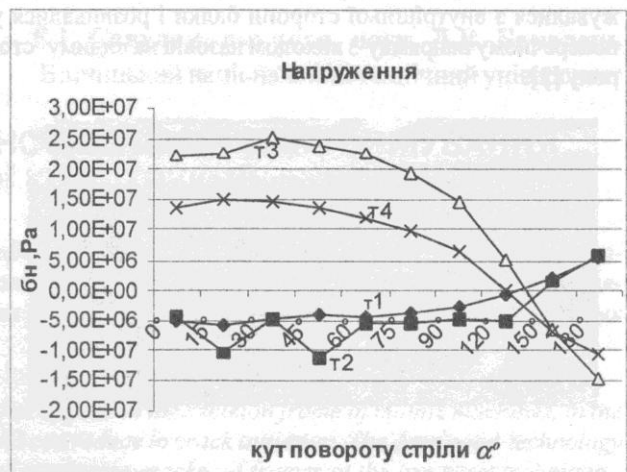


Рисунок 8 — Графік залежності напружень від кута повороту стріли.

формації зона рами із тріщиною отримує у випадку, коли виліт штока гідроциліндра становить 350 мм.

З графіку напружень (рисунок 8) видно деяку розбіжність у тенденціях розвитку кривих T1, T2 та T3, T4. Проте, як згадувалось раніше, тріщини починають розвиватися від внутрішнього краю лонжерона, тому пріоритетними для аналізу є дані, отримані саме для точок T4 та T3.

Моделювання показало, що зона тріщини отримує максимальні навантаження у випадку, коли підйом вантажу проводиться з боку тріщини, а саме тоді, коли упор 2 знаходиться в одній площині зі стрілою 1 (рисунок 4).

Наступним етапом стало моделювання напружено-деформованого стану рами після заварювання тріщини, під дією вантажу, що підчеплений до стріли підйомника і того, що знаходиться у кузові автомобіля (рисунок 9), яке показало недостатній запас міцності конструкції після заварювання тріщини, що вимагає встановлення підсилюючої накладки. Форма та переріз накладки визначались з використанням розробленої моделі. Виявлено, що для підсилення доцільно використовувати накладку з листового матеріалу, що має форму трапеції (рисунок 10).

Перерахунок конструкції з накладкою підтвердив достатній запас міцності рами для подальшої експлуатації.

З урахуванням отриманих даних було проведено ряд операцій по ремонту даної конструкції. Підготовка тріщини до заварювання включала наступні етапи: розбирання елементів автомобіля, правка та закріплення у правильному положенні елементів рами автомобіля, визначення видимого кінця тріщини, свердління отворів по кінцях тріщини та розробку кромки тріщини.

Тріщину засвердлювали у вершині свердлом діаметром 3 мм, розробку кромки тріщини проводили під кутом 60° на глибину до половини товщини матеріалу деталі, також проводили зачистку кромки тріщини шириною 20 мм сталевим щіткою. Під час заварювання наскрізних тріщин на конструкціях рам з товщиною стінки більше 8 мм їх обробляють X-подібно і заварюють одночасно два зварювальники — по одному з кожної сторони стінки рами. Після заварювання зазору шари накладались вертикально зни-

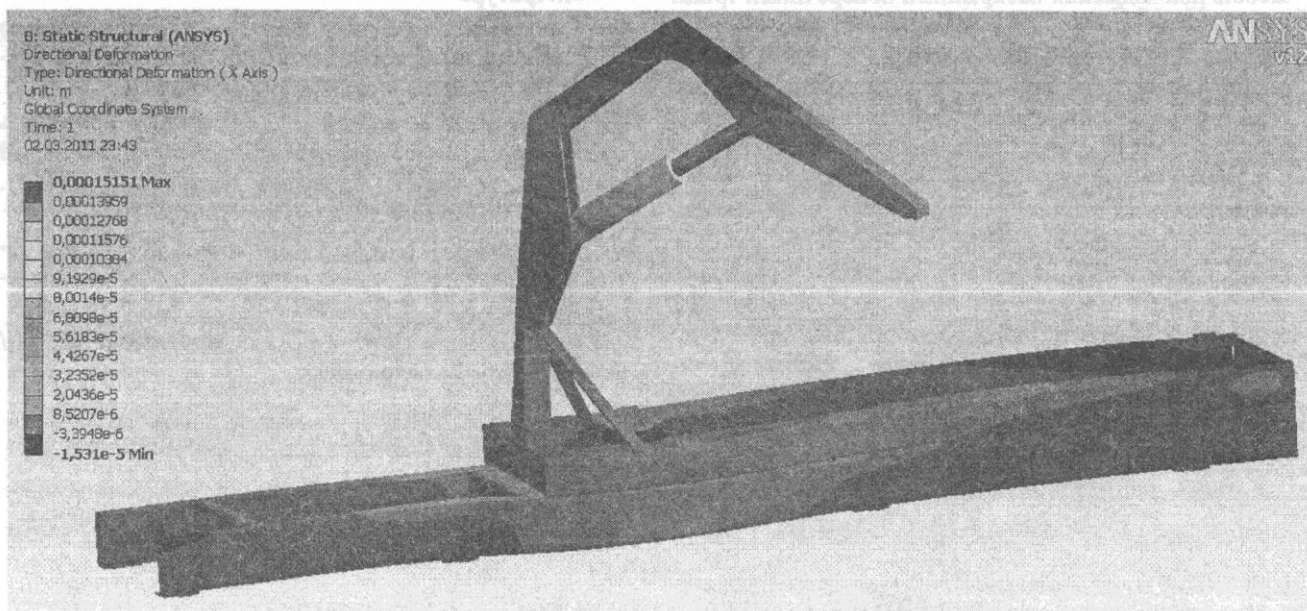


Рисунок 9 — Моделювання зон напружено-деформованого стану рами.

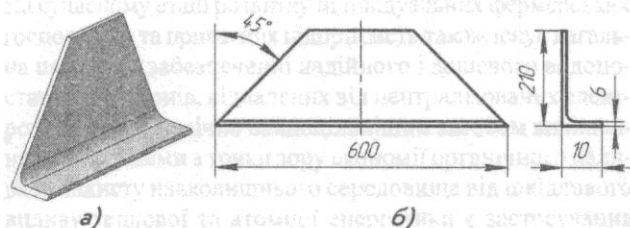


Рисунок 10 — Підсилююча накладка:  
а — 3D модель, б — креслення.

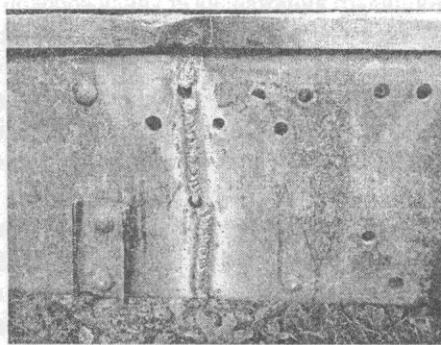


Рисунок 11 — Заварювання тріщини.

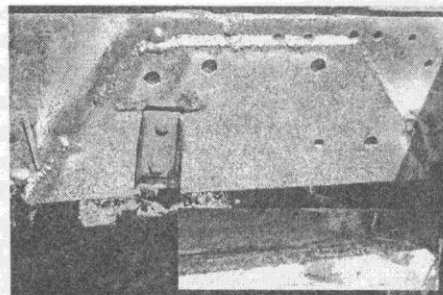


Рисунок 12 — Встановлення накладки.

зу вгору, кожний шар зачищається. Заварювання тріщини виконували електродуговою зваркою електродами УОНИ 13/55 ГОСТ 9467-75 на постійному струмі при зворотній полярності. Діаметр електроду становив 5 мм, сила струму 170 А. Допускається зварка змінним струмом електродами ОЗС-6.

Протягом заварювання метал поблизу тріщин нагрівали газовим пальником до температури 300 °С. Після заварювання з метою зняття внутрішніх напружень здійснювали нормалізацію зварного шва, для чого метал повільно прогрівали до температури 600 °С і ще повільніше охолоджували, захистивши нагріте місце азбестового ізоляцією. Після закінчення зварювальних робіт шов зачищали шліфувальною машинкою.

Дуга має бути короткою, оскільки при довгій дузі наплавлений метал має велику кількість пор. Нахил електроду в процесі зварювання має бути 15-20 градусів в сторону руху. Заварювання тріщини необхідно розпочинати із насвердленого отвору. Не допускається наявність кратерів в наплавлених швах. Наплавлений метал шва повинен виступати над основним металом не більше ніж на 2мм.

Після заварки тріщини (рисунок 11) встановлювали підсилюючу накладку (рисунок 12) товщина якої становила 6 мм. В загальному випадку товщина накладок може коливатись у межах 2-8 мм в залежності від конструкції, що ремонтується та умов в яких вона працює.

Накладку встановлювали симетрично відносно завареної тріщини. Перед встановленням накладки зварний шов зачищали. Накладку прихоплювали в 3-4-х місцях і потім приварювали переривчастим суцільним швом та знову проводили термічну обробку швів.

#### Висновок

В даній роботі, на основі проведеного комплексного аналізу окремої конструкції, доведено можливість та доцільність ремонту несучих конструкцій транспортних

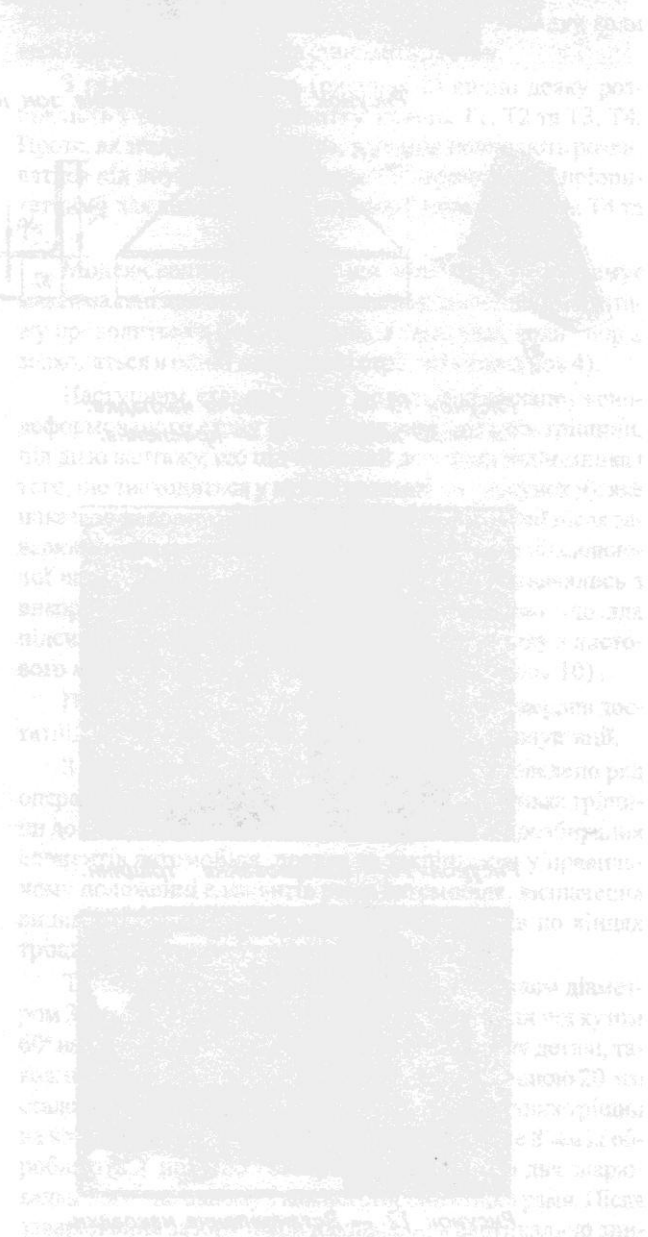
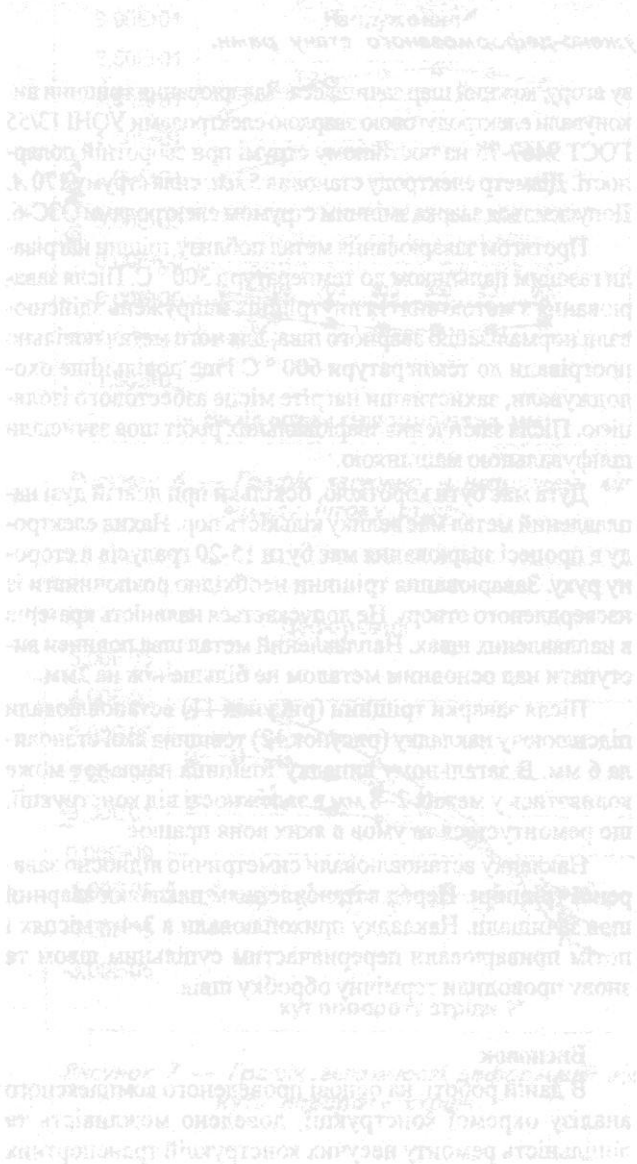
засобів пошкоджених наскрізними поперечними тріщинами. Раніше для ремонту поперечних тріщин форма і розміри підсилюючі накладки обирались інтуїтивно, спираючись на загальновідомі рекомендації, натомість наведена у статті методика, що ґрунтується на використанні програм кінцево елементного аналізу, дає можливість чітко визначити оптимальні параметри підсилюючих елементів.

Розроблено технологію та низку практичних рекомендацій щодо проведення ремонту поперечних тріщин рам транспортної техніки шляхом їх заварювання та встановлення підсилюючих накладок. Використання викладеної технології з розрахованими режимами зварювання та моделюванням підсилюючої накладки показало можливість експлуатації відновлюваних автомобілів в усіх режимах допустимих навантажень.

## Література

1. Панасюк, В.В. Распределение напряжений около трещин в пластинах и оболочках / В.В. Панасюк, М.П. Саврук, А.П. Дацишин. — К.: Наукова думка, 1976. — 443 с.
2. Саврук, М.П. Механика разрушения и прочность материалов. Коэффициенты интенсивности напряжений в телах с трещинами. Справочное пособие в 4-х т./ М.П. Саврук — К.: Наукова думка, 1988. Т.2 — 620 с.
3. Зозуляк, В.А. Методы и средства оценки трещиностойкости конструкционных материалов / В.А. Зозуляк — К.: Наукова думка, 1981. — 101 с.
4. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич — М.: Мир, 1975.

Надійшла 13.07.2012 р.



ISSN 1994-4691



Всеукраїнський

науково-технічний

журнал

**ПРОМИСЛОВА**  
**ІДРАВЛІКА І**  
**НЕВМАТИКА**

**3(37)**

**2012**

ISSN 1994-4691



9 771994 469005

## Редакційна колегія:

Головний редактор:

к.т.н., проф. Серета Л.П. (м. Вінниця)

Перший заступник  
головного редактора:

д.т.н., проф. Зайончковський Г.Й.,  
президент АС ПГП (НАУ, м. Київ)

Заступники головного редактора:

д.т.н., проф. Струтинський В.Б. (м. Київ)

д.т.н., проф. Яхно О.М. (м. Київ)

к.т.н., проф. Іванов М.І. (м. Вінниця)

к.т.н., с.н.с. Бадах В.М. (м. Київ)

Члени редакційної колегії:

д.т.н., проф. Анісімов В.Ф. (м. Вінниця)

д.т.н., проф. Гарькавий А.Д. (м. Вінниця)

д.т.н., проф. Лисогор В.М. (м. Вінниця)

д.т.н., проф. Іскович-Лотоцький Р.Д.  
(м. Вінниця)

д.т.н., проф. Бочаров В.П. (м. Київ)

д.т.н., проф. Лур'є З.Я. (м. Харків)

д.т.н., проф. Нахайчук О.В. (м. Вінниця)

д.т.н., проф. Паламарчук І.П. (м. Вінниця)

д.е.н., проф. Калетнік Г.М. (м. Вінниця)

Секретаріат:

Відповідальний секретар:

к.т.н., доц. Переяславський О.М.  
(м. Вінниця)

Заступники відповідального секретаря:

д.т.н., проф. Луговський О.Ф. (м. Київ)

к.т.н., доц. Верба І.І. (м. Київ)

Асоційовані члени редакційної колегії  
від регіонів України:

д.т.н., проф. Кузнецов Ю.М. (м. Київ)

д.т.н., проф. Павленко І.І.

(м. Кировоград)

д.т.н., проф. Сахно Ю.О. (м. Чернігів)

д.т.н., проф. Усов А.В. (м. Одеса)

д.т.н., проф. Батлук В.А. (м. Львів)

д.т.н., проф. Михайлов О.М.

(м. Донецьк)

д.т.н., проф. Мельничук П.П.

(м. Житомир)

д.т.н., проф. Ковальов В.Д.

(м. Краматорськ)

д.т.н., проф. Фінкельштейн З.Л.

(м. Алчевськ)

д.т.н., проф. Проволоцький О.Є.

(м. Дніпропетровськ)

д.т.н., проф. Осенін Ю.І. (м. Луганськ)

д.т.н., проф. Складєвський О.М.

(м. Санкт-Петербург, Росія)

д.т.н., проф. Панченко А.І.

(м. Мелітополь)

к.т.н. Кармугин Б.В. (м. Київ)

д.т.н. Трофімов В.А. (м. Київ)

к.т.н., доц. Жук В.М. (м. Львів)

# ПРОМИСЛОВА ГІДРАВЛІКА І ПНЕВМАТИКА

Всеукраїнський науково-технічний журнал

№3(37)  
'2012

Журнал засновано у березні 2003 р.  
Свідоцтво про реєстрацію КВ № 7033, видане  
Державним комітетом інформаційної політики,  
телебачення і радіомовлення України 7.03.2003 р.

Засновники: Вінницький національний аграрний університет,  
Асоціація спеціалістів промислової гідравліки і пневматики

Номер друкується згідно з рішенням Вченої ради ВНАУ (протокол № 7 від 22.02.2012 р.)

Журнал рішенням президії ВАК України від 30 червня 2004 р. № 3-05/7 включено до переліку  
наукових фахових видань (бюлетень ВАК України, № 8, 2004 р.)

## З М І С Т

### Загальні питання промислової гідравліки і пневматики

В.А. Батлук, Н.М. Параняк, Р.Ю. Сукач Один із шляхів вирішення екологічних проблем у галузі охорони атмосферного повітря .....	3
І.В. Севостьянов Перспективні схеми гідроімпульсних машин для потокового віброударного фазового розділення вологих дисперсних матеріалів .....	7
В.І. Савуляк, Д.В. Бакалець Вплив гідроманіпулятора мобільної машини на формування тріщино-небезпечних зон несучої конструкції.....	12
В.М. Корендій Конструювання механізмів регулювання потужності вітроустановок.....	17
В.І. Луц, П.І. Мельник, М.А. Наливайко Вплив конструктивних елементів пристроїв для осадження продуктів горіння на дисперсність крапель у повітряно-водяному струмені.....	22
І.А. Гришко, А.Ф. Луговской Возможность применения ультразвуковой кавитации для обеззараживания технологических сред на примере смазывающе-охлаждающей жидкости.....	25

### Прикладна гідромеханіка, гідромашини і гідропневмоагрегати

Р.А. Макаренко Влияние равномерного подвода среды на структуру потока в туликовой зоне вихревой камеры.....	29
А.Ю. Лебедев, П.М. Андренко Визначення нерівномірності подачі лабіринтно-гвинтового насоса.....	33
В.А. Батлук, В.В. Батлук, І.М. Козира Математична модель пилоочистки.....	38
А.А. Шестаков Определение потери полного давления жидкости с учетом ее сжимаемости при внезапном расширении трубопровода.....	42
О.М. Мана Запобігання деструкції композитних матеріалів при виконанні операцій струминно-абразивного прошивання малих отворів .....	46
Р.М. Гнатів Експериментальне визначення пульсації дотичних напружень на стінці трубопровода при перехідному режимі руху рідини.....	52