

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного



**ДИНАМІКА, МІЦНІСТЬ ТА МОДЕЛЮВАННЯ
В МАШИНОБУДУВАННІ**

Тези доповідей II Міжнародної науково-технічної конференції
05–08 жовтня 2020 р.

**DYNAMICS, STRENGTH AND MODELLING
IN MECHANICAL ENGINEERING**

Theses of the Second International Science and Technology Conference
05–08 October, 2020

ХАРКІВ
УКРАЇНА

Національна академія наук України
Відділення фізико-технічних проблем енергетики НАН України
Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
Державне підприємство «Конструкторське бюро
«Південне» ім. М.К. Янгеля»
Державне підприємство «Запорізьке машинобудівне конструкторське
бюро «Прогрес» імені академіка О.Г. Івченка

ДИНАМІКА, МІЦНІСТЬ І МОДЕЛЮВАННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ

Тези доповідей II Міжнародної науково-технічної конференції

Харків, Україна

05–08 жовтня 2020 р.

DYNAMICS, STRENGTH AND MODELLING IN MECHANICAL ENGINEERING

Theses of the Second International Science and Technology Conference

Kharkiv, Ukraine

05–08 October, 2020

ХАРКІВ
УКРАЇНА

УДК 004:51:53:62:514:516:517:519:532:534:536:537:539:620:621:622:625:629:631:660:669:681:693

Динаміка, міцність та моделювання в машинобудуванні: Тези доповідей II Міжнародної науково-технічної конференції. – Харків: Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, 2020. – 399 с.

До збірника включено тези доповідей II Міжнародної науково-технічної конференції «Динаміка, міцність та моделювання в машинобудуванні» (Харків, 05–08 жовтня 2020 р.). Розглянуто нові результати фундаментальних та прикладних досліджень у галузі механіки деформівного твердого тіла, динаміки і міцності елементів машинобудівних конструкцій для подальшого вдосконалення методів моделювання, аналізу та прогнозування поведінки механічних систем відповідно до об'єктів нової техніки.

Для наукових співробітників і фахівців у галузі механіки, міцності та моделювання в машинобудуванні.

Затверджено до друку вченою радою в Інституті проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України (протокол № 5, 18.06.2020 р.).

Dynamics, Strength and Modelling in Mechanical Engineering: Theses of the Second International Science and Technology Conference. – Kharkiv: A. Pidhornyi Institute of Mechanical Engineering Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2020.– 399 p.

The book comprises theses of the Second International Science and Technology Conference “Dynamics, Strength and Modelling in Mechanical Engineering” (Kharkiv, 05–08 October, 2020). The book presents new results of fundamental and applied researches in the field of Mechanics of Deformable Solids, Dynamics and Strength of elements of engineering structures for further modelling, analysis and prediction of behavior of mechanical systems. For scientific employees and experts in the field of Mechanics, Strength and Modelling in Mechanical Engineering.

ISBN 978-966-02-9333-5

© Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, 2020

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Стоян Ю.Г.
Аврамов К.В.
Сметанкіна Н.В.
Гармаш Н.Г.

голова, чл.-кор. НАНУ (ІПМаш НАНУ, Україна)
заст. голови, д-р техн. наук, проф. (ІПМаш НАНУ, Україна)
заст. голови, д-р техн. наук, с.н.с. (ІПМаш НАНУ, Україна)
уч. секретар, канд. техн. наук, с.н.с. (ІПМаш НАНУ, Україна)

Члени програмного комітету

Бобир М. І.
Гоменюк С.І.
Григоренко О.Я.
Грищак В.З.
Губарев В.Ф.
Гудрамович В.С.
Дмитрик В.В.
Зіньковський А.П.
Клименко Д.В.
Костіков А.О.
Курпа Л.В.
Левченко Є.В.
Луговий П.З.
Львов Г.І.
Марченко А.П.
Марчук М.В.
Максименко-Шейко К.В.
Мацевитий Ю.М.
Мислович М.В.
Осташ О.П.
Письменний В.І.
Планковський С.І.
Сіренко В.М.
Скальський В.Р.
Стецюк П.І.
Стрельнікова О.О.
Шейко Т.І.
Фомичов П.О.
Харченко В.В.
Яворський І.М.
Янчевський І.В.
Amabili M.
Cheng A.
Choudhary N.
El-Sayed A. F.
Irretier H.
Kiciński J.
Kryllowich W.
Legrand M.
Pellicano F.
Pierre C.
Ravnik J.
Redondo J.
Sladek J.
Warminski J.

чл.-кор. НАНУ (КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна)
д-р техн. наук, проф. (ЗНУ, Україна)
д-р ф.-м. наук, проф. (ІМех НАНУ, Україна)
д-р техн. наук, проф. (ЗНУ, Україна)
чл.-кор. НАНУ (ІКД НАН та ДКАУ, Україна)
чл.-кор. НАНУ (ІТМ НАНУ і НКАУ, Україна)
д-р техн. наук, проф. (НТУ «ХПІ», Україна)
д-р техн. наук, проф. (ІПМіц ім. Г.С. Писаренка НАНУ, Україна)
канд. техн. наук (ДП КБП ім. Янгеля, Україна)
чл.-кор. НАНУ (ІПМаш НАНУ, Україна)
д-р техн. наук, проф. (НТУ «ХПІ», Україна)
канд. техн. наук (АТ «Турбоатом», Україна)
д-р техн. наук, проф. (ІМех НАНУ, Україна)
д-р техн. наук, проф. (НТУ «ХПІ», Україна)
д-р техн. наук, проф. (НТУ «ХПІ», Україна)
д-р техн. наук, проф. (ІППММ ім. Я.С. Підстригача НАНУ, Україна)
д-р техн. наук, с.н.с. (ІПМаш НАНУ, Україна)
академік НАНУ (ІПМаш НАНУ, Україна)
д-р техн. наук, проф. (ІЕД НАНУ, Україна)
д-р техн. наук, проф. (ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАНУ, Україна)
канд. техн. наук (ДП «Івченко-Прогрес», Україна)
д-р техн. наук, проф. (ХАІ, Україна)
канд. техн. наук (ДП КБП ім. Янгеля, Україна)
чл.-кор. НАНУ (ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАНУ, Україна)
д-р техн. наук, с.н.с. (ІК НАНУ, Україна)
д-р техн. наук, проф. (ІПМаш НАНУ, Україна)
д-р техн. наук, проф. (ІПМаш НАНУ, Україна)
д-р техн. наук, проф. (ХАІ, Україна)
академік НАНУ (ІПМіц ім. Г.С. Писаренка НАНУ, Україна)
д-р ф.-м. наук, проф. (ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАНУ, Україна)
д-р ф.-м. наук, проф. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна)
Prof., Ph.D. (McGill Univ., Canada)
Prof. (Univ. of Mississippi, USA)
Prof. (Bennet Univ., India)
Prof. (Zagazig Univ., Egypt)
Prof. Dr.-Ing. (Institute of Mechanics University of Kassel, Germany)
Prof., D. Sc., Eng., Corr. Member of the PAS (IMP PAN, Poland)
Prof. (Univ. Lodz, Poland)
Prof. (McGill Univ., Canada)
Prof. (Univ. of Modena, Italy)
Prof. (v.p. of Stevens In. of Techn., USA)
Prof. (Univ. of Maribor, Slovenia)
Prof., D.Sc. (Polytechnic Univ. of Catalonia, Spain)
Prof. (Inst. of Constructions and Architecture, Slovakia)
Prof. (Lublin Polytechnics, Poland)

УДК 693.546

В.С. Ловейкін¹, д-р техн. наук, проф.

К.І. Почка², д-р техн. наук, доц.

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України
(Київ, Україна, lovvs@ukr.net)

²Київський національний університет будівництва і архітектури
(Київ, Україна, shanovniy@ukr.net)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КУТА ЗМІЩЕННЯ КРИВОШИПІВ НА НЕРІВНОМІРНІСТЬ РУХУ РОЛИКОВОЇ ФОРМУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ З ВРІВНОВАЖЕНИМ ПРИВОДОМ

В існуючих теоретичних та експериментальних дослідженнях машин роликового формування виробів із будівельних сумішей обґрунтовано їхні конструктивні параметри та продуктивність [1]. Разом з тим, недостатньо уваги приділено дослідженню діючим динамічним навантаженням та режимам руху [2], що в значній мірі впливає на роботу установки та на якість готової продукції. Тому актуальною є задача дослідження нерівномірності руху роликів формувальних установок. У роботі [3] досліджувалась нерівномірність руху роликової формувальної установки з врівноваженим привідним механізмом для чотирьох формувальних візків, однак при цьому не прослідковано вплив кута зміщення кривошипів на нерівномірність руху.

Із метою зменшення витрат енергії в машинах роликового формування запропоновано конструкцію роликової формувальної установки [4, 5] для забезпечення ущільнення виробів з будівельних сумішей на одній технологічній лінії, яка складається з чотирьох формувальних візків, розташованих паралельно між собою з однієї сторони привідного валу, що приводяться в зворотно-поступальний рух від одного приводу, до складу якого входять чотири кривошипно-повзунні механізми, кривошипи яких жорстко закріплені на одному привідному валу та зміщені між собою на кут $\Delta\varphi = 90^0$ (рис. 1, а). Кожний з формувальних візків 1, 2, 3 та 4 змонтовані на порталі 14 і здійснюють зворотно-поступальний рух у напрямних 15 над порожниною форми 16. Формувальний візок 1 складається з подавального бункера 17 та з співвісних секцій укочувальних роликів 18. Таку ж конструкцію мають і інші три візка. Візки 1, 2, 3 і 4 з розподільними бункерами приводяться в зворотно-поступальний рух за допомогою приводу, виконаного у вигляді чотирьох кривошипно-повзунних механізмів, кривошипи 9, 10, 11 та 12 яких жорстко закріплені на одному привідному валу 13 і зміщені між собою на кут $\Delta\varphi = 90^0$. Шатуни 5, 6, 7 та 8 шарнірно з'єднані з формувальними візками 1, 2, 3 та 4, а іншими кінцями з'єднуються з кривошипами 9, 10, 11 та 12. Така конструкція формувальної установки дозволяє зменшити динамічні навантаження в елементах приводного механізму, зменшити зайві руйнівні навантаження на

рамну конструкцію і, відповідно, підвищити довговічність установки в цілому. На рис. 1,б зображено кінематичну схему роликової формувальної установки з урівноваженим приводом для формування залізобетонних виробів на одній технологічній лінії.

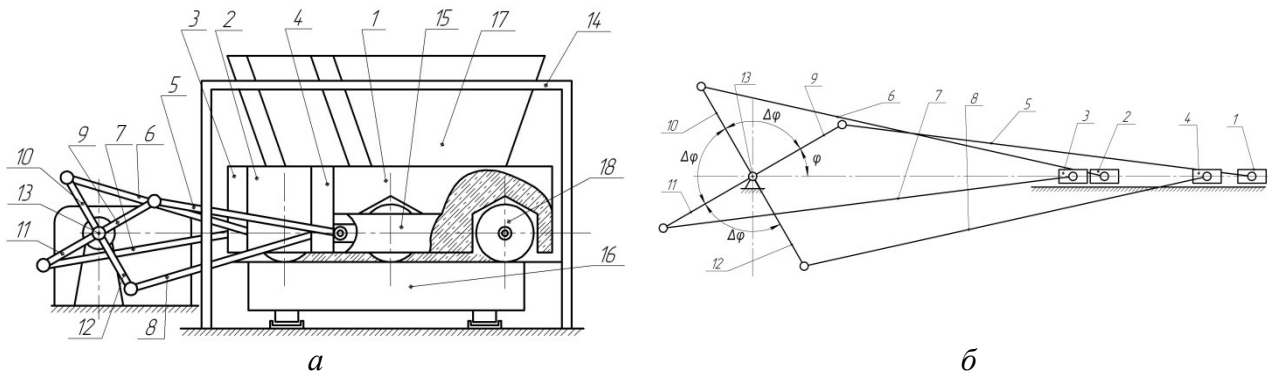


Рис. 1. Роликова формувальна установка з урівноваженим приводом (а) та її кінематична схема (б)

У таких установках спостерігається певна нерівномірність руху формувальних візків під час виконання процесу ущільнення будівельної суміші, що приводить до зниження якості виробів та виникнення значних динамічних навантажень на елементи приводу та конструкції установки.

Нерівномірність руху в першому наближенні може бути визначена для формувальної установки представленою динамічною моделлю з одним ступенем вільності, де за узагальнену координату прийнято кутову координату повороту кривошипа.

Для такої моделі було записано диференціальне рівняння руху

$$J_{зв}(\varphi) \cdot \omega \cdot \frac{d\omega}{d\varphi} + \frac{\omega^2}{2} \cdot \frac{dJ_{зв}(\varphi)}{d\varphi} = M_p(\omega) - M_o(\varphi), \quad (1)$$

де φ , ω – кутова координата та швидкість кривошипа; $J_{зв}(\varphi)$ – зведений до осі повороту кривошипа момент інерції установки; $M_p(\omega)$ – рушійний момент на валу електродвигуна приводу зведений до осі повороту кривошипа; $M_o(\varphi)$ – зведений до осі повороту кривошипа момент всіх діючих зовнішніх сил.

У результаті розв'язку рівняння (1) чисельним методом, запропонованим професором Барановим [6], отримано функції зміни кутової швидкості та кутового прискорення кривошипа в залежності від кута його повороту.

Нерівномірність руху для вказаної установки оцінювалась на усталеному режимі руху коефіцієнтом нерівномірності руху, коефіцієнтом динамічності руху та узагальненим коефіцієнтом оцінки руху [3, 6].

Для встановлення впливу кута зміщення кривошипів на рівномірність руху установки у складові диференціального рівняння руху (1) підставлено різні значення кута $\Delta\varphi$ в межах від $\Delta\varphi = 0^\circ$ до $\Delta\varphi = 90^\circ$ з кроком 10° . При цих значеннях моменту сил опору та зведеного моменту інерції отримано функції зміни кутової швидкості та кутового прискорення кривошипа від кута його повороту. Після цього визначено значення коефіцієнтів нерівномірності руху,

динамічності руху та узагальненого коефіцієнта оцінки руху. На основі отриманих даних побудовано графіки зміни коефіцієнта нерівномірності руху (рис. 2, а), коефіцієнта динамічності руху (рис. 2, б) та узагальненого коефіцієнта оцінки руху (рис. 2, в) в залежності від зміни кута зміщення кривошипів.

Аналіз графіків на рис. 2 показує, що коефіцієнт нерівномірності руху, коефіцієнт динамічності руху та узагальнений коефіцієнт оцінки руху свої мінімальні значення мають при куті зміщення кривошипів $\Delta\varphi = 90^\circ$.

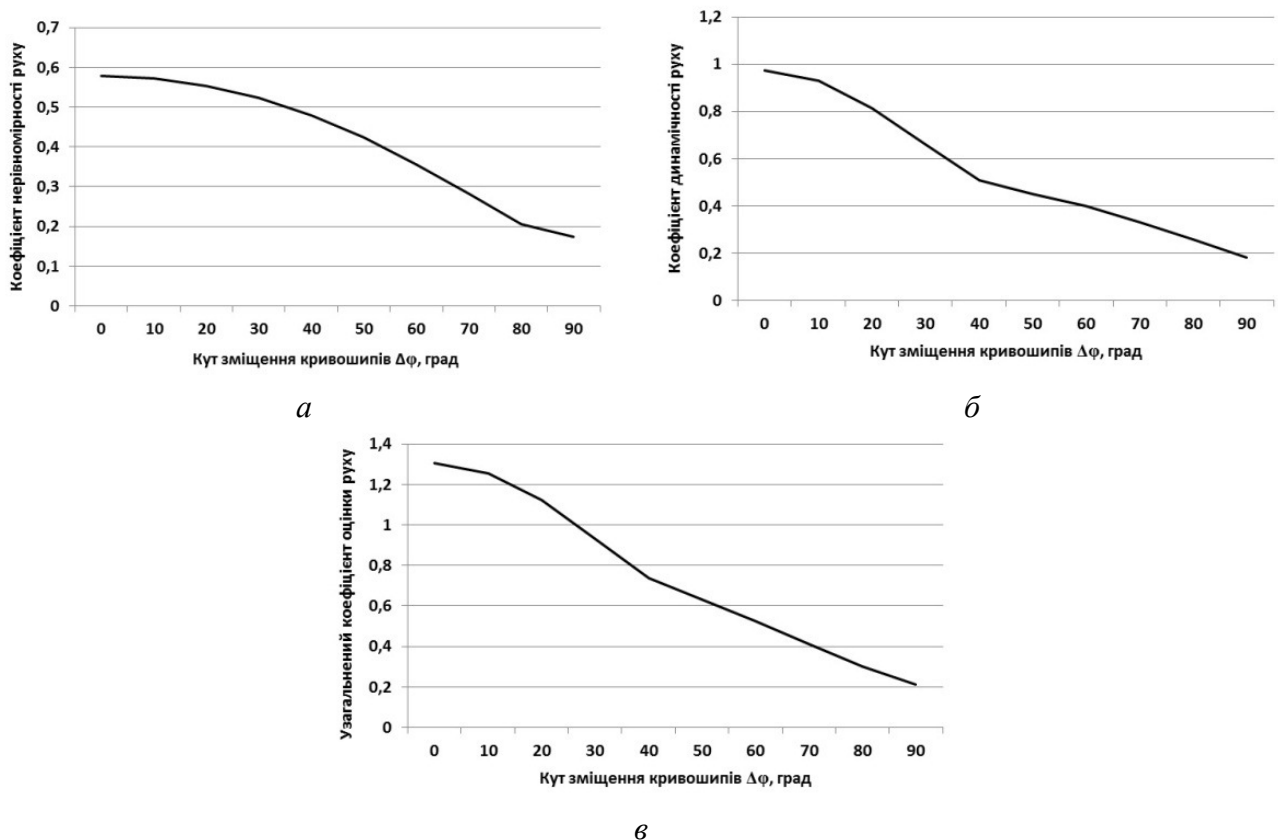


Рис. 2. Графіки зміни коефіцієнта нерівномірності руху (а), коефіцієнта динамічності руху (б) та узагальненого коефіцієнта оцінки руху (в) в залежності від кута зміщення кривошипів

1. Гарнець В.М., Зайченко С.В., Човнюк Ю.В., Шаленко В.О., Приходько Я.С. Бетоноформувальні агрегати. Конструктивно-функціональні схеми, принцип дії, основи теорії. Київ: Інтерсервіс, 2015. 238 с.

2. Ловейкін В.С., Почка К.І. Результати експериментальних досліджень режимів руху роликової формувальної установки з рекупераційним приводом. *Вісник Харківського національного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2007. Т. 1. № 59. С. 465–474.

3. Ловейкин В.С., Почка К.И. Анализ неравномерности движения роликовой формовочной установки с уравновешенным приводом. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. Vol. 17. No. 3. P. 17–27.

4. Ловейкін В.С., Ярошенко В.Ф., Почка К.І. Установка для формування виробів з бетонних сумішей. Патент України на корисну модель № 32838. № у 20041108955 заявл. 02.11.2004; опубл. 10.06.2008, Бюл. № 11.

5. Ловейкін В.С., Ярошенко В.Ф., Почка К.І., Бичевський В.М. Установка для формування виробів з бетонних сумішей. Патент України на корисну модель № 7884. № у 20041209993 заявл. 06.12.2004; опубл. 15.07.2005, Бюл. № 7.

6. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. Москва: Наука, 1975. 640 с.

Королевич В.В. Расчёт термоупругих напряжений в турбинном ортотропном диске с теплоизолированными основаниями методом последовательных приближений	74
Котульская О.В., Парамонова Т.Н. Определение теплоемкости пара C_p при давлениях, близких к давлению в конденсаторе	77
Ларионов И.Ф., Клименко Д.В., Акимов Д.В. Анализ параметров напряженно-деформированного состояния отсеков ракеты-носителя, полученных в ходе проведения наземной экспериментальной отработки	79
Ловейкін В.С., Почка К.І. Дослідження впливу кута зміщення кривошипів на нерівномірність руху роликової формувальної установки з врівноваженим приводом	81
Марчук М.В., Дробенко Б.Д., Сіренко В.М., Клименко Д.В., Харченко В.М. Методологія визначення фактичних руйнівних навантажень тонкостінних конструкцій за результатами комп'ютерного моделювання з урахуванням результатів неруйнівних експериментальних випробувань	84
Мир-Салим-заде М.В. Напряженно-деформированное состояние стрингерной пластины с круговым отверстием, охваченным зоной пластических деформаций	86
Мирсалимов В.М., Ахундова П.Э. Обратная задача механики разрушения для втулки фрикционной пары	88
Морачковский О.К., Лавінський Д.В., Конкін С.В. Розрахункові дослідження термодетормування електропровідних тіл при дії електромагнітного поля	92
Новогрудський Л.С., Оправхата М.Я., Скакун С.А. Електричний опір рейкової сталі при циклічному навантаженні	96
Ольховський А.С., Шульженко М.Г. Коливання лопаток останнього ступеня парової турбіни після їх відновлювального ремонту	100
Пальков И.А. Напряженно-деформированное состояние замкового соединения рабочих лопаток в условиях пластического деформирования .	103
Пальков С.А. Исследование контактной задачи на модели узла уплотнения трубопровода	106
Підгайчук С.Я., Дробот О.С., Яворська Н.М., Машовець Н.С. Відновлення деталей машин комбінованими методами обробки	109
Родічев Ю.М., Сорока О.Б., Бодунов В.Є., Сметанкіна Н.В., Угрімов С.В., Немерцева Н.В. Перспективні багатошарові прозорі структури підвищеної ударної стійкості	111
Сатокин В.В. Контроль и анализ состояния оболочек методом галогена при сварных работах	114

Наукове видання

ДИНАМІКА, МІЦНІСТЬ ТА МОДЕЛЮВАННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ

Тези доповідей II Міжнародної науково-технічної конференції
Харків, Україна (05–08 жовтня 2020 р.)

Відповідальні за випуск: Гармаш Н.Г., Мележик І.І., Протасова Т.В.

Підписано до друку 21.10.2020

Формат 60 x 84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.

Друк офсетний. Ум. друк. арк. 23,25. Тираж 100 прим. Зам. № 659.

Надруковано в КП «Міська друкарня» м. Харків, 61002, вул. Алчевських, 44.
Свідоцтво про державну реєстрацію серія ДК, № 5495, від 22.08.2017 р.

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України,
вул. Пожарського, 2/10, м. Харків, Україна, 61046