

**Ворох Д.М., Чиж П.Р., Євдокименко А.В., Марченко В.А., Федько І.М., магістри;
наукові керівники: Манойленко О.П., Плешко С.А.**

Київський національний університет технологій та дизайну
**ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕМІЩЕННЯ
МАТЕРІАЛІВ ШВЕЙНОЇ МАШИНИ**

Анотація. Робота присвячена розробці конструкції нового механізму переміщення матеріалів швейної машини та динамічного його аналізу. Запропонована конструкція механізму може бути застосована для модернізації швейної машини типу 1022 М кл., забезпечує якісне переміщення матеріалів (без його руйнування, посадки, стабільність довжини стібка) та має траєкторію всіх зубців зубчастої рейки під час транспортування наближеної до прямої. В роботі виконане моделювання механізму переміщення матеріалів з застосуванням системи автоматизованого проектування Solid Works. Отримані 3D результати у вигляді діаграм реакцій в усіх кінематичних парах, 3D епюр: напружень, мінімального коефіцієнту міцності, переміщень та деформацій, для груп ланок механізму показали, що запропонована конструкція нового механізму переміщення матеріалів є доцільною з урахуванням її міцності.

Ключові слова: механізм переміщення матеріалів; комп'ютерне моделювання; динамічний аналіз механізму переміщення матеріалів; важільний багатоланковик.

Vorokh D.M., Chizh P.R., Evdokimenko A.V., Marchenko V.A., Fedko I.M.;
scientific supervisors: Manoilenko O.P., Pleshko S.A.

Kyiv National University of Technologies and Design
**DYNAMIC ANALYSIS OF THE MECHANISM OF MOVEMENT
OF MATERIALS OF THE SEWING MACHINE**

Abstract. The work is devoted to the development of the design of a new mechanism for moving the materials of the sewing machine and its dynamic analysis. The proposed design of the mechanism can be used to upgrade a sewing machine type 1022 M class, provides high-quality movement of materials (without its destruction, landing, stability of stitch length) and has a trajectory of all teeth of the rack, during transportation close to straight. The modeling of the mechanism of material movement with the use of the automated design system Solid Works is performed in the work. The obtained 3D results in the form of reaction diagrams in all kinematic pairs, 3D diagrams: stresses, minimum coefficient of strength, displacements and deformations, for groups of mechanisms showed that the proposed design of a new mechanism for moving materials is appropriate given its strength.

Keywords: material movement mechanism; computer modeling; dynamic analysis of material movement mechanism; lever multi-link.

Вступ. Поліпшення роботи галузі базується на впровадженні передових технологій, модернізації обладнання, реконструкції підприємств. В цей же час якість та вартість готової продукції залежить від нових технологій та нового обладнання, що спрямовані на збільшення продуктивності, надійності, покращення якості обробки та виготовлення виробу.

В процесі утворення стібка беруть участь усі механізми швейної машини, в тому числі і механізми переміщення матеріалів. Від умов переміщення деталей виробу в процесі виготовлення залежить його кінцева якість і товарний вигляд (відсутність прорубання, посадки, зморшкуватість та ін.). Особливо це стало актуально з появою високошвидкісних швейних машин з частотою обертання головного валу більше 100 с⁻¹. Для усунення дефектів які виникають при переміщенні матеріалів застосовуються спеціальні пристосування (додаткова нижня рейка, верхня рейка, розташована над матеріалом, відхиляюча голка, ролик). Однак, застосування додаткових робочих

органів призводить до ускладнення механізмів та зменшення частоти обертання головного валу машини. Попит на машини з комбінованим рушієм задовольняється за рахунок поставок зарубіжних фірм «Juki» (Японія), «PFAFF», «Durkopp» (Німеччина), «Rimoldi» (Італія) [1-4].

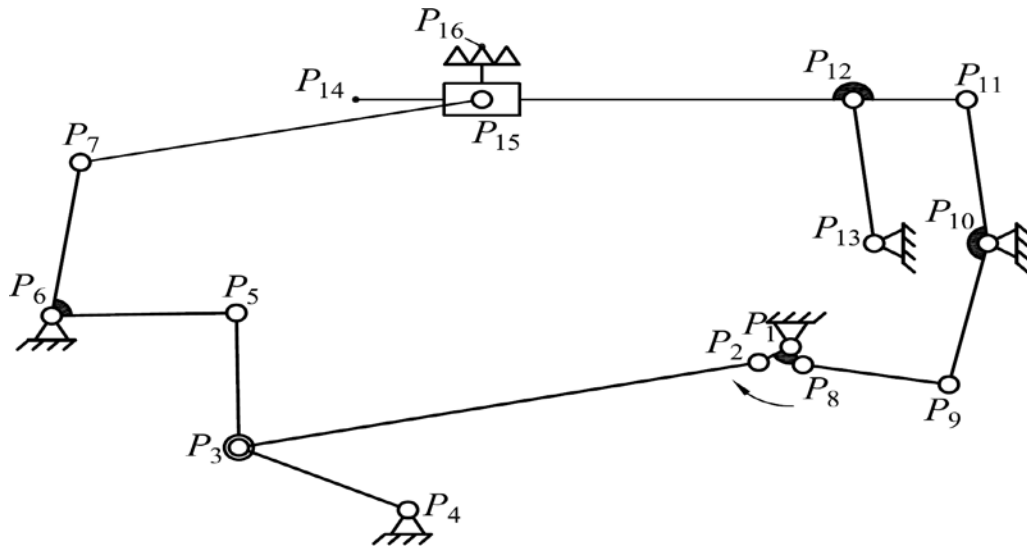
Більшість побутових і промислових швейних машин мають транспортуючі органи з зубчастим профілем (рейки, ролики, диски та ін.) [5]. У процесі роботи вони інтенсивно зношуються внаслідок тертя об матеріали і зіткнення одна об одну, що призводить до негативних явищ: нестабільності довжини стібка, виникнення взаємного зміщення шарів матеріалу, стягування тканини [6, 7]. У більшості швейних машин переміщення напівфабрикату виробу здійснюється за рахунок сил тертя, що створюються між тканиною і транспортуючим органом. Відомо [8], що текстильні матеріали мають значну чіпкість за рахунок наявності на поверхні різних витків, лусочок і ін. Але ця властивість тканини на сьогодні при транспортуванні практично не використовується. Для усунення дефектів переміщення застосовуються нові структури однорейкових механізмів [9, 10], або комбіновані з механізмом голки [11]. Отримані параметри механізму переміщення [9], в роботі [12], дозволяють реалізувати прямолінійну траєкторію всіх зубців зубчастої рейки, однак виконаний кінематичний синтез не дозволяє визначення силових параметрів в кінематичних парах цього механізму та як наслідок виконати перевірку його на міцність. Тому для запропонованої конструкції механізму переміщення матеріалів [9] човникової швейної машини доцільно розробити конструкцію механізму, провести моделювання та визначити значення реакцій в кінематичних парах з наступною перевіркою на міцність деталей.

Постановка задачі. Метою роботи є розробка 3D моделі нового механізму за структурою запропонованої автором в роботі [9] та за отриманими параметрами механізму кінематичного синтезу наведених в роботі [12]. Моделювання механізму в системі автоматизованого проектування SolidWorks, при максимально можливій частоті обертання головного валу машини, навантаження зі сторони притискної лапки на зубчасту рейку з наступним визначення динамічних характеристик, реакцій в кінематичних парах, напружень, деформацій, переміщень, мінімальних значень коефіцієнта запасу міцності в ланках механізму.

Результати досліджень. Механізми транспорту належать до найбільш складних механізмів швейного обладнання, вони містять два і більше кінематичні ланцюги (вертикального та горизонтального переміщення транспортуючого органу, а також кінематичний ланцюг реверса та регулювання довжини стібка, а в ланцюгових – диференціальний механізм додаткової рейки) [9] (рис. 1).

Особливість структури нового механізму [9] полягає в оснащенні додаткового коромисла, яке утворює з переднім коромислом ланцюга вертикальних переміщень зубчастої рейки так званий «шарнірний паралелограм», а також шатуна, який своїми головками поєднаний з переднім коромислом кінематичного ланцюга горизонтальних переміщень рейки та шатуном, на якому закріплена рейка, та шатуна, який поступальною кінематичною парою з'єднаний з шатуном рейки, а обертальними кінематичними парами – з коромислами (рис. 1) [12]. Така конструкція забезпечує однакову траєкторію всіх зубців зубчастої рейки. Параметри механізму переміщення матеріалів наведений у табл. 1 [12].

Для визначення силових параметрів механізму була розроблена конструкція механізму (рис. 2) на базі конструкції механізму швейної машини 1022 М кл., що дозволяє застосувати його для модернізації цього типу обладнання без особливих переробок корпусу її головки.



Джерело: [12].

Рис. 1. Кінематична схема нового механізму переміщення матеріалів

Таблиця 1

Параметри механізму переміщення матеріалів

Метричні параметри	L_{1_2}	L_{2_3}	L_{3_4}	L_{3_5}	L_{5_6}, L_{6_7}	L_{1_8}	L_{8_9}	$L_{9_{10}}$	$L_{10_{11}}, L_{12_{13}}$	$L_{11_{12}}$	$L_{15_{16}}$
Значення, мм	3	70	28	22,6	24	2	26	24	18	10	7
Кутові параметри	$U_{2_{1,8}}$		$U_{5_{6,7}}$		$U_{9_{10,11}}$		$U_{11_{12,14}}$		-		
Значення, градуси	68		100		-170		0		-		
Координати стійок	P_1		P_4		P_6		P_{10}		P_{13}		
Значення, мм	(0;0;0)		(-45;-30;0)		(-95;4,3;0)		(24;12,8;0)		(14;12,8;0)		

Джерело: [12].

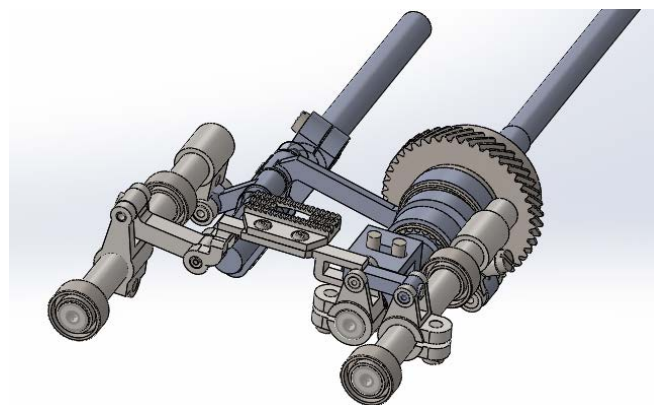


Рис. 2. 3D-модель механізму зубчастій рейки для проведення кінематичного та динамічного аналізу в системі SolidWorks

Для розробленої конструкції механізму переміщення матеріалів були визначені масо-інерційні параметри моделей ланок (ексцентрик, шатун в зборі, коромисло) механізму за допомогою системи Solid Works командою Mass Properties. При цьому вісь Z співвісна з віссю обертання головного вала, система координат є правою. Результати розрахунків представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Масо-інерційні параметри ланок

Параметр	m, г	X _S ,	Y _S	Z _S ,	I _y , кг·м ²
		мм			
1 Коромисло 2-х плече гориз рух.	165,6	36,2	61,24	379,3	$7,4 \cdot 10^{-6}$
2 Шатун	20,6	62,2	51,6	359,1	$0,28 \cdot 10^{-6}$
3 Шатун-куліса, рейка	35,7	60,4	7,3	335,8	$3,74 \cdot 10^{-5}$
4 Коромисло	60,2	5,11	-22,4	340,2	$1,1 \cdot 10^{-3}$
5 Шатун	6,9	61	26,2	341,4	$1,13 \cdot 10^{-5}$
6 Коромисло 2-х верт. рух.	154,2	31,56	-43,7	334,47	$1,61 \cdot 10^{-3}$

Визначення значень реакцій в кінематичних парах P1-P15 (рис. 1) проводимо за допомогою програми SolidWorks Motion, яка дозволяє визначити абсолютне значення реакції, а також за допомогою додатку SolidWorks Simulation, який дозволяє виконати аналіз фізичних процесів, що характеризують напружений-деформований стан твердих тіл та дозволяє визначити напруження, величини деформації, переміщень та коефіцієнт запасу міцності. При розрахунку значення зусилля притискання зубцями зубчастої рейки поверхні матеріалу прийнято $P=20$ Н, частота обертання головного валу 4500 хв⁻¹ (що відповідає максимальним значенням частоти обертання головного валу машини та середньому значенні зусилля притисної лапки). Значення реакцій в кінематичних парах переставлені діаграмами (рис. 3, 4), а значення максимальних їх величин наведені в табл. 3. 3D епюри: напружень, переміщень, деформацій та значення коефіцієнта запасу міцності деталей механізму наведені на рис. 5–7, максимальні значення параметрів: напруження, переміщень, деформацій та мінімальне значення коефіцієнту запасу міцності наведені в табл. 4.

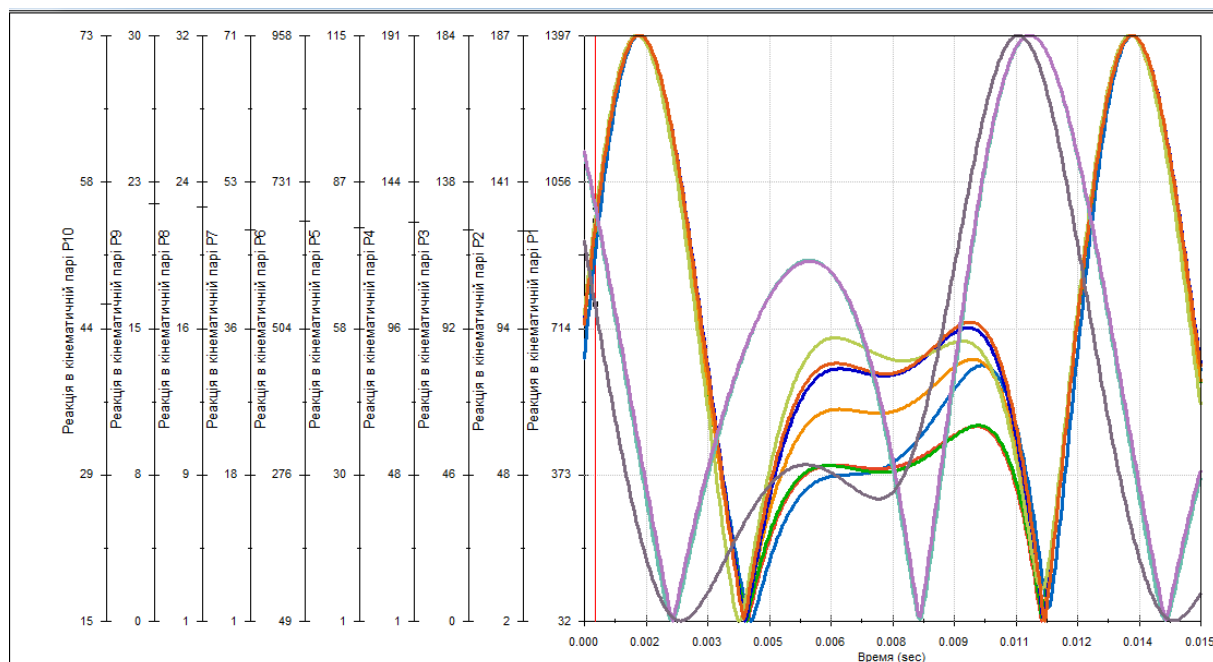


Рис. 3. Діаграми реакцій в кінематичних парах P1-P10

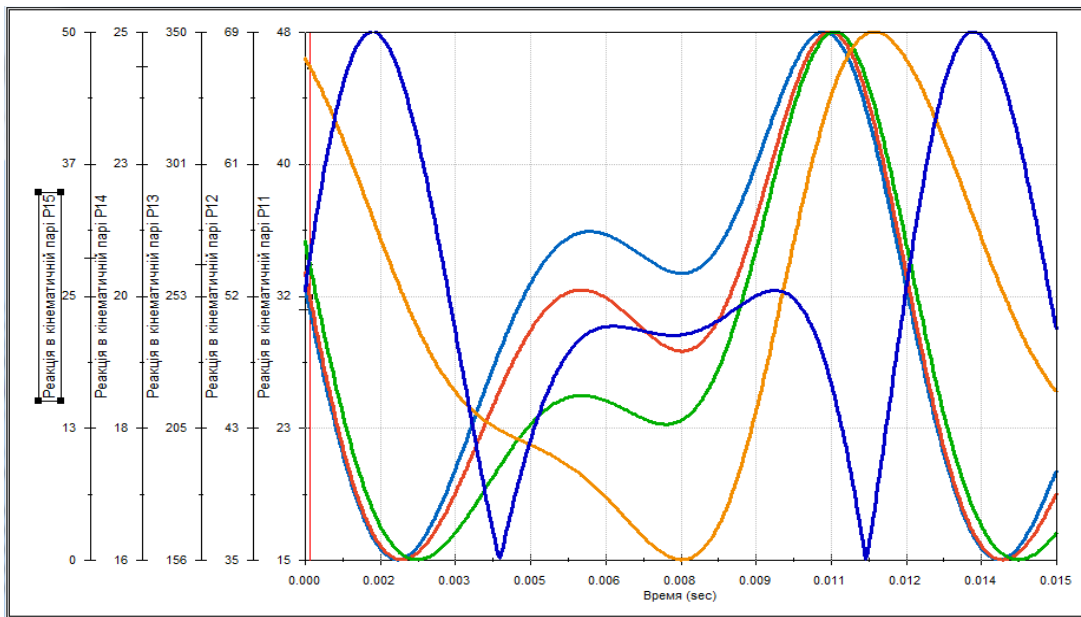


Рис. 4. Діаграми реакцій в кінематичних парах P11-P15

Таблиця 3

Максимальне значення реакцій в кінематичних парах механізму переміщення

P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Н														
1397	187	184	191	115	958	71	32	30	73	48	69	350	25	50

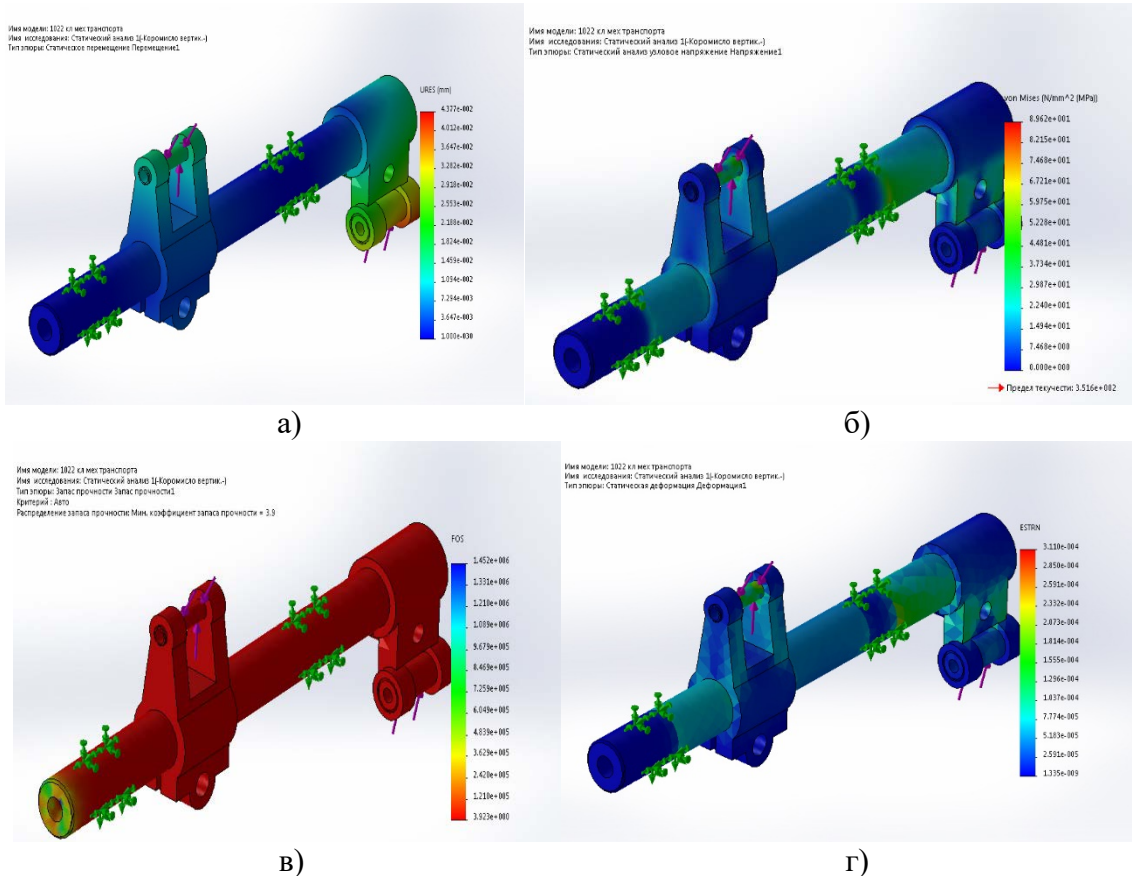


Рис. 5. 3D еюра двохплечого коромисла: а) переміщень; б) напружень; в) коефіцієнтів запасу міцності; г) деформацій

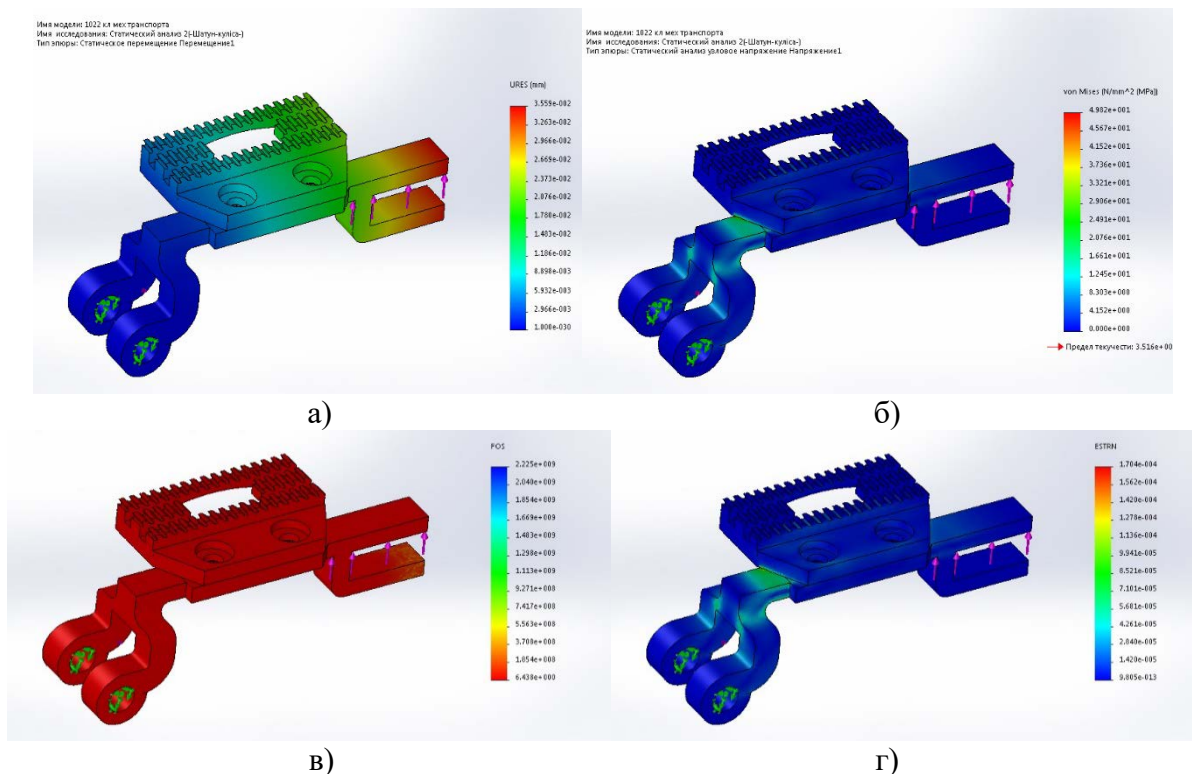


Рис. 6. 3D епюра шатуна-куліси: а) переміщень; б) напружень; в) коефіцієнтів запасу міцності; г) деформацій

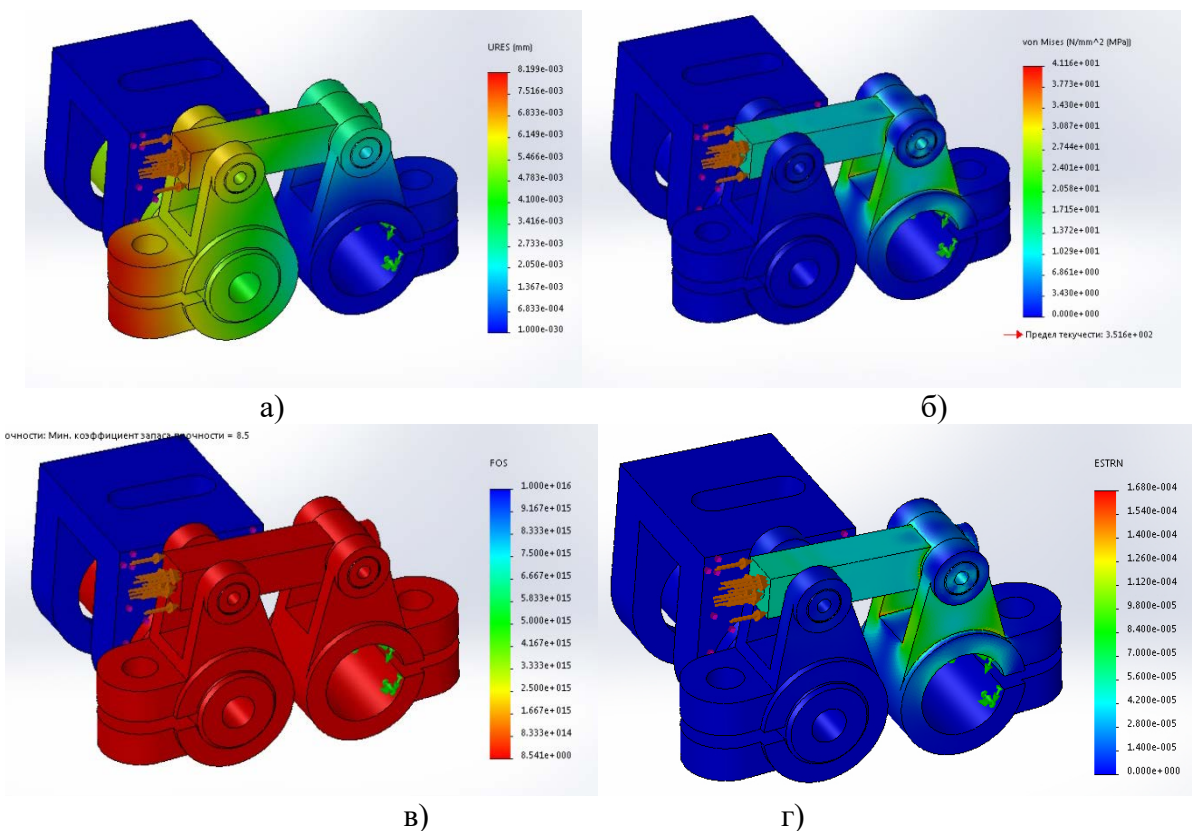


Рис. 7. 3D епюра вузла «Паралелограм»: а) переміщень; б) напружень; в) коефіцієнтів запасу міцності; г) деформацій

Таблиці 4

Максимальні значення динамічних параметрів та мінімальне значення коефіцієнту запасу міцності

Ланки	Δ , мм	σ , МПа	k_{\min}	ϵ
Коромисло двох плече гороз. перем.	$4,4 \cdot 10^{-2}$	89,6	3,9	$3,11 \cdot 10^{-4}$
Шатун – куліса рейки	$3,6 \cdot 10^{-2}$	49,5	6,4	$1,7 \cdot 10^{-4}$
Коромисло	$3,6 \cdot 10^{-2}$	49,5	6,4	$1,7 \cdot 10^{-4}$
Вузол: «Паралелограм» (коромисло, шатун, коромисло)	$8,1 \cdot 10^{-3}$	41,1	8,5	$2,6 \cdot 10^{-4}$

Висновок. Проведений аналіз механізму переміщень матеріалів нової конструкції показав, що мінімальне значення коефіцієнту запасу міцності в ланках механізму складає 3,9, що допустимо для цього типу обладнання, тому запропонована конструкція механізму може бути застосована для модернізації діючого обладнання та розробки нового.

Список використаної літератури

1. Каталог-проспект фірм "Адлер" (ФРГ), "ПФАФФ" (ФРГ), "Джуки" (Японія) на виставке "Швейавтомаш – 87" в Києві 1987.
2. Інтернет сайт фірми "PFAFF" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.pfaff.com/ru>.
3. Інтернет сайт фірми Juki [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.juki.com>.
4. Інтернет сайт фірми "PFAFF-INDUSTRIAL" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.pfaff-industrial.de/de>.
5. Вальщиков Н. М. Оборудование швейного производства / Н. М. Вальщиков. – М.: Легкая индустрия, 1977. – 520 с.
6. Гарбарук В. Н. Расчет и конструирование основных механизмов челночных швейных машин / В. Н. Гарбарук. – Л.: Машиностроение, 1977. – 232 с.
7. Комиссаров А. И. Проектирование и расчет машин обувных и швейных производств / А. И. Комиссаров и др. – М.: Машиностроение, 1978. – 432 с.
8. Кукин Г. Н. Учение о волокнистых материалах / Г. Н. Кукин и др. – М.: Гизлепром, 1949. – 388 с.
9. Пат. 132870 України, МПК D05B 1/08 (2006.01). Механізм переміщення матеріалів швейної машини / В. А. Горобець. – u201810565; заявл. 26.10.2018; опубл. 11.03.2019, Бюл. № 5.
10. Пат. 45116 України, МПК D05B 27/00 (2009.01). Механізм транспортування матеріалу швейної машини / В. О. Пищиков І. В. Поладич. – u200905353; заявл. 26.10.2009; опубл. 26.10.2009, Бюл. № 20.
11. Горобець В. А. Розробка та дослідження комбінованих транспортувальних механізмів швейних машин (повідомлення 1) / В. А. Горобець, О. П. Манойленко // Вісник КНУТД. Технічні науки. – 2010. – № 1. – С. 7–10.
12. Горобець В. А. Аналітичне дослідження динаміки типових двокривошипних механізмів технологічних машин легкої промисловості / В. А. Горобець, В. М. Дворжак // Вісник КНУТД. Технічні науки. – 2018. – № 5. – С. 33–39.