

the internal points of the matrix of raster data is made a correlation analysis to estimate the relationship of the thematic maps (layers) of GWL and SGA on the basis of a "sliding window". The algorithm of these calculations is presented in Fig. 2.

Mapping results are obtained on the basis of a "sliding window" with correlations within the values of the three intervals (1) — (0.3) (0.3) — 0.3 and 0.3–1 indicates the presence of feedback and direct correlation between the considered thematic layers. On the basis of the electronic card of izokorrelates is possible can be visualiation in the form of cartographic arisen situations, which will allow to considerably simplify decision-making processes¹.

References:

1. Berlyand A. M. Electronic mapping in Russia//Soros Educational Journal. – 2000. – № 1. 64–70 p.
2. Berlyant A. M. GIS kartografirovaniye. – M.: 1997. – 64 p.
3. Konovalova N. V., Kapralov E. G. Introduction to GIS. Tutorial. Ed th 2nd revised and enlarged. – M.: OOO "Biblion", 1997. 160 p.
4. Shaytura S. V. Geographic information systems and methods of their creation. – Kaluga: Publishing house A. N. Botchkareva, 1997. 253 p.
5. Tsvetkov V. J. Geographic information systems and technologies. A series of "Dialogue with the computer." – Moscow: Finance and Statistics, 1998. – 286 p.
6. Usmanov R. N. Fuzzy modeling processes of water intake systems of artificial groundwater recharge//Chemical technology. Control and management. – Tashkent, 2007. – № 1. 63–69 p.
7. Usmanov R. N., Seitnazarov K. K. Justification of technological schemes of groundwater intakes for single beds under the fuzzy initial information//Chemical technology. Control and management. № 3/2013. 58–63 p.

*Semkiv Oleg Mikhaylovich,
National university civil protection
of Ukraine, vice rector
E-mail: legooleg1@rambler.ru*

*Семків Олег Михайлович,
Національний університет
цивільного захисту України, проректор*

Computer graphics of the oscillation trajectories of 2d-spring pendulum weight

Usmanov R. N., Seitnazarov K. K. Justification of technological schemes of groundwater intakes for single beds under the fuzzy initial information//Chemical technology. Control and management. № 3/2013. 58–63 p.

¹ Berlyand A. M. Electronic mapping in Russia//Soros Educational Journal. – 2000. – № 1. 64–70 p; Berlyant A. M. GIS kartografirovaniye. – M.: 1997. – 64 p.

Комп'ютерна графіка траєкторій коливань вантажу 2d-пружинного маятника

Постановка проблеми. Актуальність дослідження 2d-пружинних маятників виникла у зв'язку з виявленими можливостями їх «нестандартного» використання як у теоретичному плані, так і на практиці. Дійсно, відомі¹ зв'язки маятників з фазовими траєкторіями динамічних систем на поверхні тора, а також із теорією математичних більярдів. Крім того, диференціальні рівняння коливань 2d-пружинних маятників подібні рівнянням задачі «хижак-жертва».

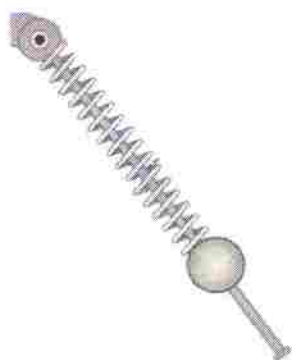


Рис. 1. 2d-пружинний маятник

Пружинним (або еластичним) маятником називають коливальну систему з механічною пружиною (або її замінником — деяким еластиком), що закріплена одним кінцем стаціонарно, а на іншому кінці знаходиться вантаж певної маси, який коливається завдяки пружним зусиллям пружини. При цьому прийнято вважати, що конструктивно забезпечується поперекове «не згинання» пружини, і що вона розташовується горизонтально або вертикально. Тобто коливання здійснюються переважно завдяки пружним властивостям пружини.

У літературі 2d-пружинним маятником називають² аналогічну коливальну систему, яка від наведеної відрізняється способом коливання. А саме: у 2d-пружинному маятнику (рис. 1) коливання тіла пружини здійснюється навколо стаціонарно закріпленого кінця у площині, подібно звичайному маятнику (всіма тертями і опором повітря знехтуємо).

При таких коливаннях цікавістю викликає геометрична форма траєкторії переміщення по площині (центра) вантажу. Адже вона ілюструє розв'язок відповідних диференціальних рівнянь, що описують коливання 2d-пружинного маятника. Але ці диференціальні рівняння можна використовувати і в інших задачах (деякі з них перелічені вище). Тому одержані геометричні форми траєкторій переміщення по площині вантажу ілюструють розв'язки цих задач, і їх розгляд дозволяє аналізувати (подібно відомим фігурам Ліссажу) характер одержаних розв'язків в суміжних задачах.

¹ ODE ARCHITECT Companion (Consortium for ODE Experiments). New York: John Wiley & Sons, Inc., 286 p.

² Broucke R, Baxa P.A. Periodic solutions of a spring-pendulum system. Celestial mechanics September 1973, Volume 8, Issue 2, P. 261–267.

Зрозуміло, що на характер коливань 2d-пружинного маятника впливатимуть такі параметри: маса вантажу m , початкова довжина пружини у ненавантаженому стані L_0 , коефіцієнт жорсткості k пружини, а також початкові умови ініціювання коливань — такі як початковий кут відхилення $\theta(t)$, початкова швидкість $D\theta$ 2d-пружинного маятника, та швидкість початкового подовження тіла пружини DL_0 .

Постановка завдання. Розробити метод визначення засобами комп'ютерної графіки геометричної форми траєкторії переміщення по площині вантажу 2d-пружинного маятника залежно від його параметрів.

Основна частина. Описувати коливання 2d-пружинного маятника будемо¹ за допомогою системи диференціальних рівнянь

$$\begin{aligned} \frac{d^2}{dt^2} \theta(t) &= - \frac{2 \frac{d}{dt} L(t) \frac{d}{dt} \theta(t) + 9,81 \sin(\theta(t))}{L(t) + L_0}; \\ \frac{d^2}{dt^2} L(t) &= (L(t) + L_0) \left(\frac{d}{dt} \theta(t) \right)^2 - \frac{kL(t)}{m} + 9,81 \cos(\theta(t)). \end{aligned} \quad (1)$$

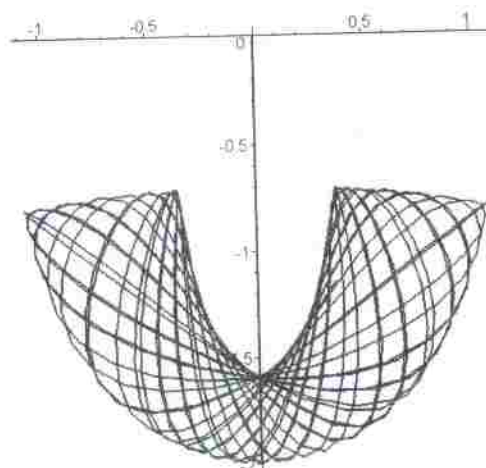


Рис. 2. Слід від коливання вантажу

Тут $\theta(t)$ кут відхилення маятника, k — коефіцієнт жорсткості пружини; m — маса маятника; L_0 — початкова довжина маятника.

Розв'язувати систему рівнянь будемо одним із чисельних методів, наприклад, Рунге-Кутти, для тесту (та порівняння з²) з такими параметрами $k = 25,6$; $m = 1$; $L_0 = 1$ і початковими умовами: кут початкового відхилення $\theta_0 = 0$; швидкість початкового відхилення тіла пружини $D\theta = 0,5$; швидкість початкового подовження тіла пружини $DL_0 = 0$.

¹ Broncke R, Vaxa P.A. Periodic solutions of a spring-pendulum system. *Celestial mechanics* September 1973, Volume 8, Issue 2, P. 261–267.

² Gavin Henri P. *Generalized Coordinates, Lagrange's Equations, and Constraints*, CEE 541. Structural Dynamics – Duke University – 2014. 23 p.

Одержаний розв'язок системи рівнянь (1) дозволяє за знайденими значеннями в дискретні моменти часу t визначати значення кутів відхилення $\theta(t)$, а також миттєве значення довжин тіла пружини $L(t)$. Це дозволяє побудувати (рис. 2) на площині Oxy дискретну послідовність точок, після сполучення яких одержимо наближений слід від коливання вантажу. При цьому

$$x = (L(t) + L_0) \sin(\theta(t)); \quad y = -(L(t) + L_0) \cos(\theta(t)). \quad (2)$$

На рис. 2 зображено слід від типової траєкторії коливання вантажу 2d-пружинного маятника з «тестовими» параметрами. Але часто виникає необхідність пошуку особливих траєкторій, які б відрізнялися від типових певною особливістю. Адаже саме особливі траєкторії частіше представляють інтерес для практики. Для виявлення особливих траєкторій коливання вантажу 2d-пружинного маятника необхідно вміти визначати значення параметрів, які б забезпечили особливу форму траєкторії.

Визначати особливі траєкторії коливання вантажу 2d-пружинного маятника будемо за допомогою фазових траєкторій в площинах значень параметрів $\{\theta(t), \dot{\theta}(t)\}$ і $\{L(t), \dot{L}(t)\}$, де крапкою позначено похідну по t . При цьому на фазовій площині буде здійснюватися пошук критичних фазових траєкторій.

Зазначимо, що фазова траєкторія на фазовій площині є ортогональною проекцією інтегральної кривої розв'язку рівнянь (1), спрямованої на фазову площину з фазового простору $\{\theta(t), \dot{\theta}(t), t\}$ чи $\{L(t), \dot{L}(t), t\}$, яка змінює свою форму залежно від зміни значень одного з параметрів. Для визначеності оберемо фіксованими параметри k, m та L_0 , а змінним буде швидкість початкового відхилення тіла пружини $D\theta$. Критичне значення параметра $D\theta$ відповідатиме випадку, коли інтегральна крива прийме форму, за якою її точки будуть взаємопроекціючими. Тобто на фазовій площині вони матимуть однакові (або близькі) координати. Під критичним тут розуміємо значення параметра, при якому результат коливань 2d-пружинного маятника стабілізується на якісному рівні, що наочно можна спостерігати за зміною характеру сліду від коливання вантажу.

Визначати взаємопроекціючі точки інтегральної кривої пропонується за допомогою побудови послідовності анімаційних зображень фазових траєкторій на фазовій площині, побудованих засобами комп'ютерної графіки. Якщо на фазовій площині розглянути послідовність фазових траєкторій як результату зміни параметра $D\theta$, то наочно процес вибору його критичного значення виглядає «як наведення на різкість» зображення з «паутини» фазової траєкторії. При цьому критичних значень може бути декілька.

Отже, маємо такий алгоритм пошуку особливих траєкторій коливання вантажу 2d-пружинного маятника за допомогою визначення критичних значень керуючого параметра.

Крок 1. Фіксуємо значення всіх параметрів, що впливають на характер коливань, крім одного, який назовемо *керуючим*.

Крок 2. Складаємо програму побудови послідовності анімаційних зображень фазових траєкторій залежно від значення керуючого параметра.

Крок 3. Визначаємо моменти, коли фазова траєкторія утвориться взаємопроекціючими точками інтегральної кривої, що дозволяє визначити критичне значення керуючого параметра.

Крок 4. За визначеним критичним значенням параметра перевіряємо коливання 2d-маятника шляхом унаочнення сліду від коливання вантажу.

Крок 5. За необхідності за кроком 3 визначаємо наступне значення керуючого параметра або закінчуємо обчислення.

У результаті виконання алгоритму буде визначено послідовність критичних значень керуючого параметра, які відповідатимуть особливим траєкторіям коливання вантажу 2d-пружинного маятника.

Проілюструємо алгоритм на прикладі, розпочатою вище. Зафіксуємо значення параметрів $m = 1$ і $L_0 = 1$. Під час обчислень зручно використовувати зведений коефіцієнт жорсткості $k = 9,81 \text{ м/с}^2 / L_0$.

Було складено програму побудови особливих траєкторій коливання вантажу 2d-пружинного маятника залежно від критичного значення $D\theta$. Структурувати зображення вирішено за значенням зведеного коефіцієнта жорсткості — параметра w .

На кожному з рисунків 1–11 зображено:

- інтегральну криву і фазову траєкторію (ліворуч);
- фазову траєкторію в площині $\{\theta(t), \dot{\theta}(t)\}$, відповідну критичному значенню параметра (по центру);
- відповідну особливу траєкторію коливання вантажу 2d-пружинного маятника (праворуч, порівняти з результатами роботи¹).

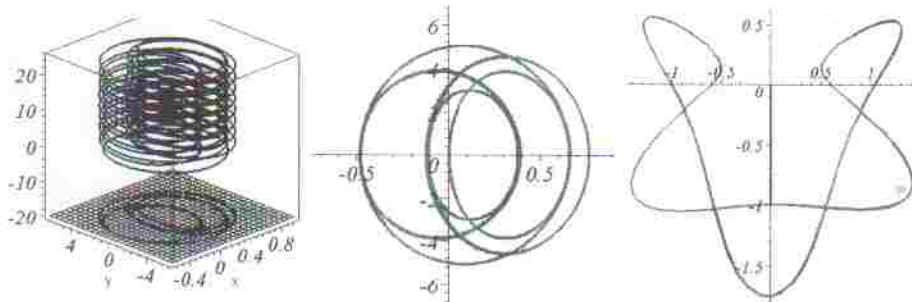


Рис. 1. Варіант $w = 8$, $D\theta = 6,6$

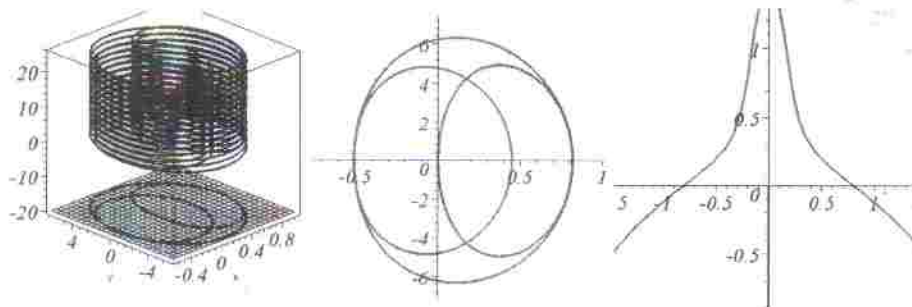
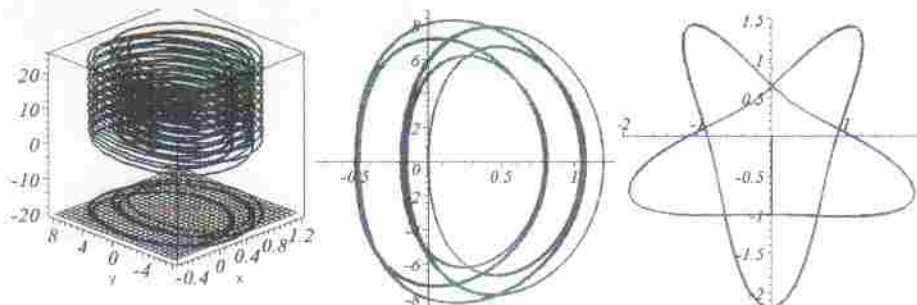
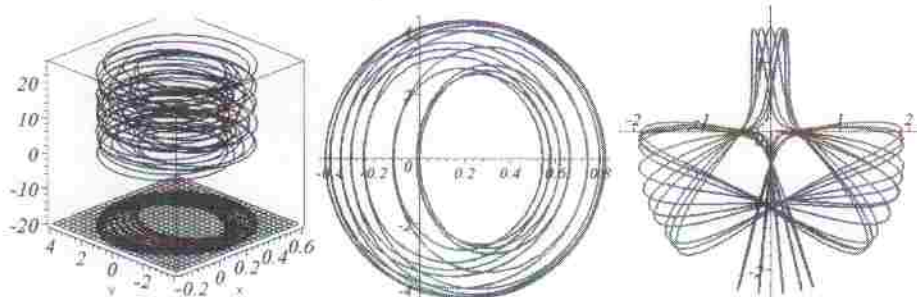
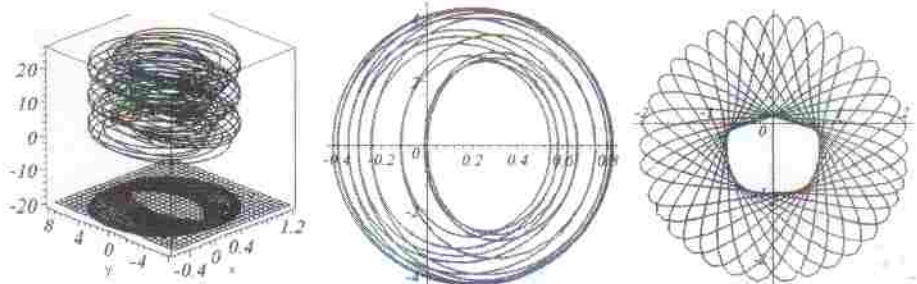
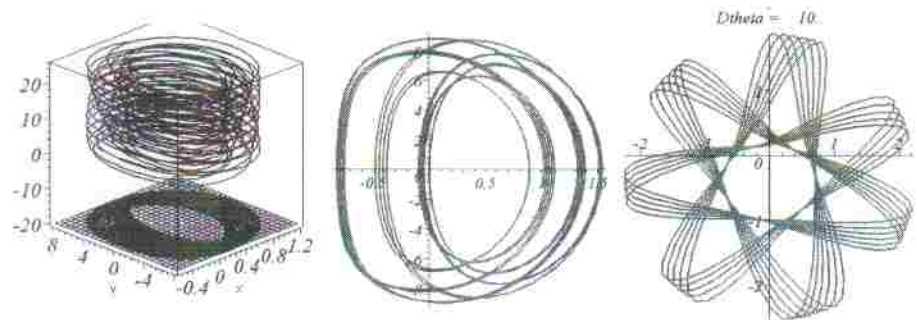


Рис. 2. Варіант $w = 8$, $D\theta = 8,08$

¹ Chen Y. F. Scientific computing and visualization. Spring pendulum system, top. 4 <http://ocw.nctu.edu.tw/upload/classbfs1209054703145981.pdf>.

Рис. 3. Варіант $w = 8$, $D\theta = 10,32$ Рис. 4. Варіант $w = 5$, $D\theta = 4,216$ Рис. 5. Варіант $w = 5$, $D\theta = 8,6$ Рис. 6. Варіант $w = 5$, $D\theta = 10$

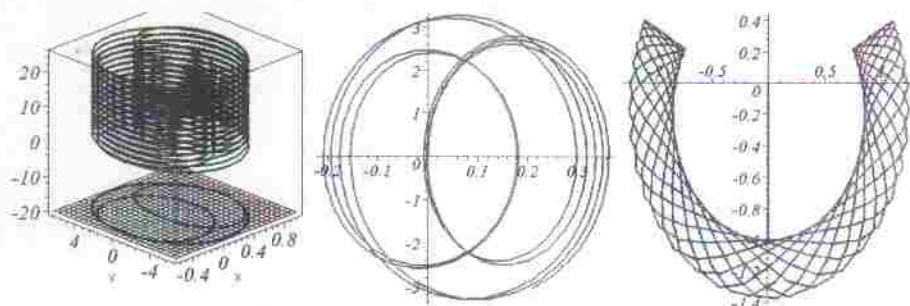


Рис. 7. Варіант $w = 17$, $D\theta = 5,74$

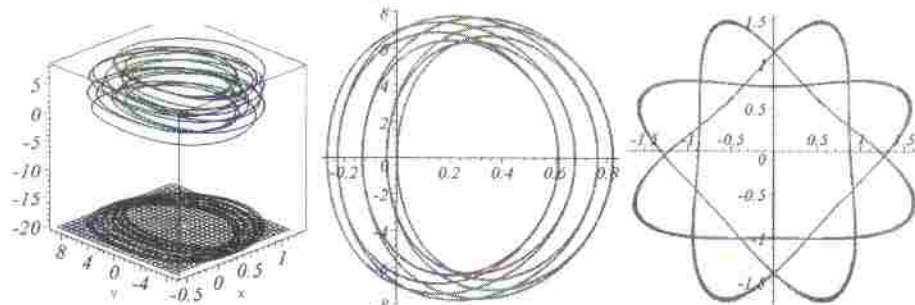


Рис. 8. Варіант $w = 17$, $D\theta = 11,6$

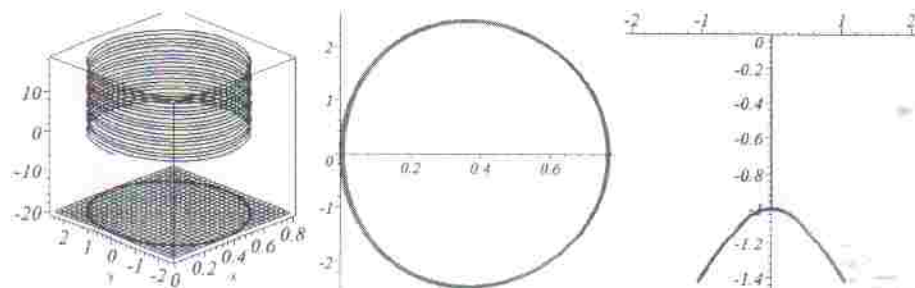


Рис. 9. Варіант $w = 3$, $D\theta = 3$

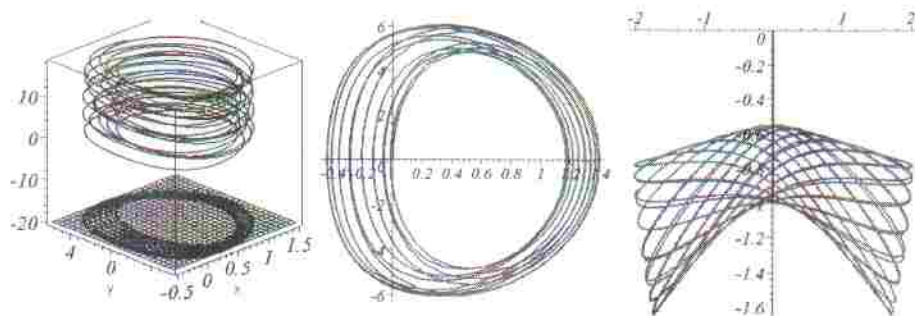
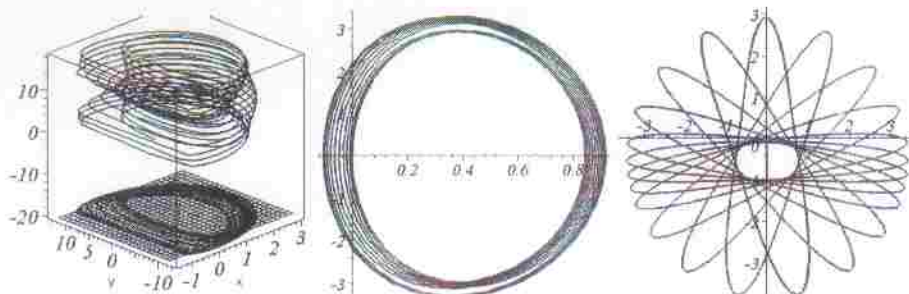


Рис. 10. Варіант $w = 3$, $D\theta = 6,68$

Рис. 11. Варіант $w = 3$, $D\theta = 13.9$

Переконатися у достовірності побудованих особливих траєкторій коливання вантажу $2d$ -пружинного маятника за обраних значень m , L_0 та w можна за допомогою програми розв'язання системи рівнянь (1):

```
sol:= dsolve ({deq1, deq2, L(0)=L0, theta(0)=theta0,
(D(L))(0)=DL0, (D(theta))(0)=Dtheta}, {L(t),
theta(t)}, numeric, output=listprocedure);
```

Далі необхідно упорядкувати одержаний розв'язок:

```
solu:= subs(sol, L(t)); # розв'язок L(t)
solv:= subs(sol, theta(t)); # розв'язок theta(t)
```

Підготуємо масив з N точок для побудови сліду за умовний час T :

```
N:= 500; T:= 40; x0:= 0; y0:= 0;
```

```
for i from 0 to N do
```

```
uu:= solu(T*i/N); vv:= solv(T*i/N);
```

```
x1:= (L0+uu)*sin(vv);
```

```
y1:= -(L0+uu)*cos(vv);
```

```
Dr[i]:= line([x0, y0], [x1, y1], scaling=CONSTRAINED);
```

```
x0:= x1; y0:= y1;
```

```
end do;
```

В результаті будемо зображення особливої траєкторії коливання:

```
display(seq(Dr[i], i=0..N));
```

Висновок. Розроблено метод визначення геометричної форми особливої траєкторії при коливанні вантажу $2d$ -пружинного маятника, який можна використовувати для розв'язання задач, суміжних за його сутністю.

Turebekova Gaukhar Zaliyevna,
M. Auezov South Kazakhstan State University
Associate professor
E-mail: g.ture@mail.ru

Issayeva Razia Adilbekovna,
M. Auezov South Kazakhstan State University
Associate professor
E-mail: g.ture@mail.ru

- Sagitova Guzalia Faritovna,*
M. Auezov South Kazakhstan State University
Associate professor
E-mail: g.ture@mail.ru
- Dosbayeva Aidana Minbolatovna,*
M. Auezov South Kazakhstan State University
Postgraduate
E-mail: aidan2@mail.ru
- Sikhynbayeva Zhamilya Sarsenbaevna,*
Pedagogika South Kazakhstan State University
Associate professor
E-mail: sihimbaeva.j@mail.ru
- Zhorabayeva Nailya Kapparovna,*
M. Auezov South Kazakhstan State University
senior lecturer
E-mail: g.ture@mail.ru
- Dairabyeva Aigul Zhaksibekovna,*
M. Auezov South Kazakhstan State University
senior lecturer
E-mail: g.ture@mail.ru
- Ashitova Nurgul Zhamalidinovna,*
M. Auezov South Kazakhstan State University
senior lecturer
E-mail: g.ture@mail.ru
- Suleimbek Gulzhazira Abutalipkyzy,*
M. Auezov South Kazakhstan State University
senior lecturer
E-mail: g.ture@mail.ru

The opportunity to improve a bonding strength of a carcass rubber to a textile cord

Rubber-cord parts and their goods are widely used in the technics and different fields of industry. Therefore, strength properties of adhesive compounds are of considerable importance.

A formation of the adhesive compound begins from its elements contact, at that, there is a wetting and spreading of the adhesive on the substrate's surface, that helps to form the molecular contact. Dispersion forces with the formation of other molecular bonds act in the area of contact between molecules of the adhesive and substrate. Chemical bonds are formed due to the molecular contact under the action of heat in the presence of functional groups, capable to reactions with the substrate's functional groups, in the adhesive's elastomeric matrix. The formed adhesive compound is characterized by a certain strength (static and dynamic or endurance), depending on mechanical and fatigue properties of boundary (transition) lay-

ORT PUBLISHING INCOPREMIER

CERTIFICATE

This is to certify that

Semkiiv Oleg

has participated successfully in the 5th International scientific conference
European Applied Sciences: challenges and solutions

held in Stuttgart, Germany, December 10, 2015



Conference Co-Chairperson Ort

