

Study methods – geometry laws, mathematical simulation, imitating modeling.

The results obtained in the paper have practical value and can be used by carriers while choosing variant of transport organization. Ease of use of these models has advantages over all previously proposed, primarily for its clarity. After the results of the research it can be said, that the effective use of piggyback transportation depends not only on the delivery distance from the terminal, but mainly on the angle between the direction of the route of automobile and piggyback carriage.

Forecast assumptions about the objects of study – the search for optimal decision support technology choice for variant of transportation when placement of all transport process participant are different.

**KEY WORDS:** PIGGYBACK TRANSPORTATION, COST OF TRANSPORTATION, ARTICULATED LORRY, PLACEMENT OF SHIPPER AND CONSIGNEE, TANTAMOUNT DISTANCE OF DELIVERY.

#### РЕФЕРАТ

Гужевська Л.А., Литвин О.В. Определение области эффективного использования контрейлерного сообщения по стоимостным показателям. / Любовь Анатольевна Гужевская, Елена Витальевна Литвин // Управление проектами, системный анализ и логистика. – К.: НТУ – 2012. – Вып. 10.

В статье рассмотрены перспективы развития контрейлерных перевозок, определены их недостатки использования в Украине, предложена методика для определения области эффективного использования контейнерных перевозок грузов в международном сообщении по стоимостному критерию. Созданная область эффективного применения контрейлерного сообщения дает возможность выбора рациональной схемы доставки на основе только тарифов на перевозки и дислокации грузополучателя.

Объект исследования – является технология контрейлерных перевозок грузов в международном сообщении.

Цель работы – определение области эффективного использования контрейлерного сообщения по стоимостным показателям.

Метод исследования – законы геометрии, математическое моделирование, имитационное моделирование.

Результаты, полученные в работе, имеют практическую ценность и могут использоваться перевозчиками при выборе варианта организации перевозки. Удобство использования подобных моделей имеет преимущества над всеми ранее предложенными, прежде всего, своей наглядностью. По результатам проведенных исследований можно сказать, что область эффективного использования контрейлерного сообщения зависит не только от расстояния доставки от терминала, но главным образом от угла между направлениями контрейлерного маршрута и направлением автомобильной перевозки.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования – поиск оптимальной технологии поддержки принятия решений при выборе варианта организации перевозок для различных условий размещения участников транспортного процесса.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** КОНТРЕЙЛЕРНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ, СТОИМОСТЬ ПЕРЕВОЗКИ, АВТОПОЕЗДА, РАЗМЕЩЕНИЕ ГРУЗООТПРАВИТЕЛЕЙ И ГРУЗОПОЛУЧАТЕЛЕЙ, РАВНОЦЕННОЕ РАССТОЯНИЕ ДОСТАВКИ.

UDC 681.3:629.122

#### THE TRAJECTORY OF THE VESSEL ANALYTICAL EXPRESSION CONSTRUCTION BY THE EXPERIMENTAL DATA

Nosovskii A.M., Ph.D.

Analytical approximation describes the trajectory of the vessel. These data are taken from the recording devices that are arranged on the vessel. Fragments of calculations were performed in the software environment of Mathematica.

Аналітична апроксимація описує траєкторію руху теплоходу. Ці дані зняті з реєструючих приладів, які розташовані на теплоході. Фрагменти обчислень виконані у програмному середовищі системи Mathematica.

Introduction. It is important to have real data on the fairway for accident-free vessel traffic on the waterway. Modern GPS navigation devices allow you to record accurately the location coordinates of the ship at a specific time [1].

Purpose of the work. The aim of this work is to develop analytical forms that enable to build a trajectory with minimal errors on the basis of experimental data [2].

The main text.

Experimental data were taken June 3, 2011 on the Dnieper River. Vessel "Shturman" moved from Kyiv downstream and up against the current. Length all the way (downstream and against) was about 4 hours. At the vessel along length were located some devices (Fig. 1). Data are recorded in computer files. Automatic recorders, fixed location coordinates (latitude, longitude), altitude, and time for the solving standard problems [1-4].

Processing of experimental data. The entire length of the waterway is divided into sections (from one bridge to another):

1. Berth - River Station;
2. River Station - Pedestrian bridge;
3. Pedestrian bridge - Bridge Metro;
4. Metro Bridge - Paton's Bridge;
5. Paton's Bridge - Railway Bridge;
6. Railway Bridge - Southern Bridge.

The program to build analytical expression programmed in Mathematica system for one area is demonstrated below. For example, there are data taken from GPS-receiver at the second section (River Station - Pedestrian bridge), with number of points  $N = 140$ .

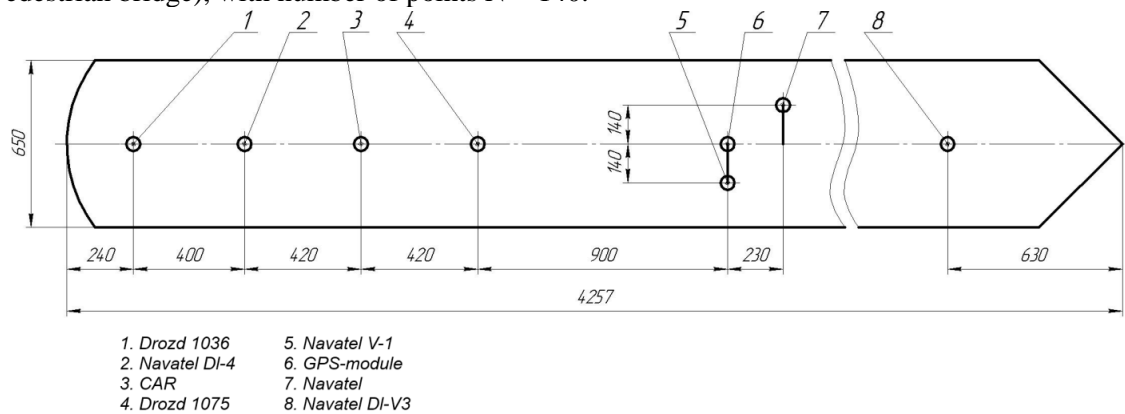


Figure 1. - Location of registering devices on vessel's board

Fore the beginning data are normalized: time is transferred to a seconds and convert to the interval  $[0, 1]$ , latitude and longitude converts to the interval  $[-1, 1]$ . The data given in a table, processing by the method of least squares [3]. Latitude, longitude and time data are converted to the unit interval. Specify the number of points and, using the computer, plot graphs of the latitude and longitude by the time (Fig. 2):

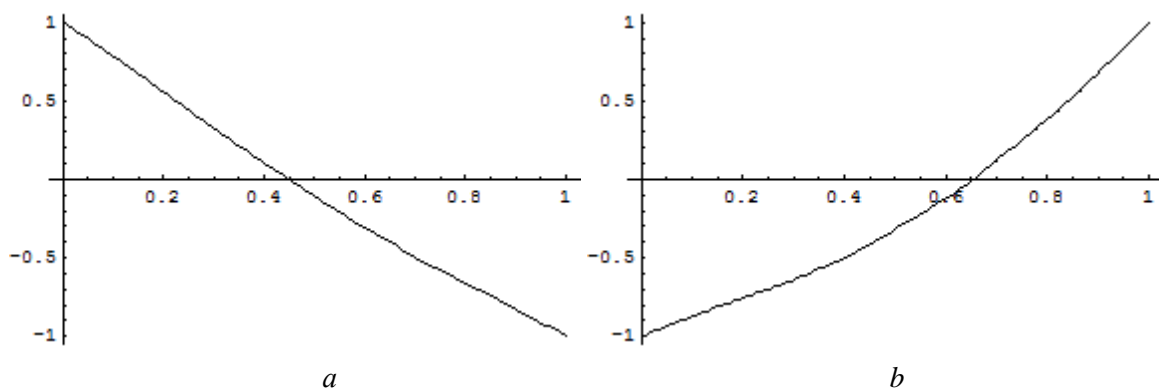


Figure 2. - Coordinate dependence on time: a - latitude b - longitude

Plot the 2D trajectory of the section on the [-1; 1] interval (Fig. 3):

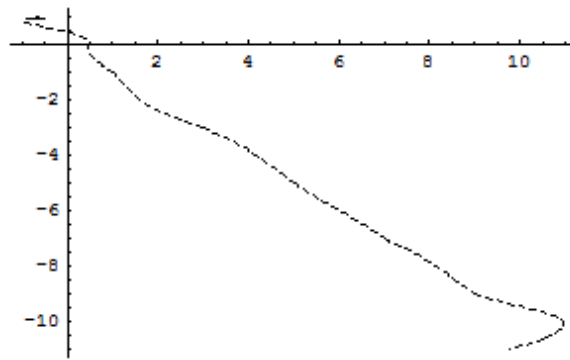


Figure. 3. - Visualization of the section trajectory.

An algorithm of obtaining the algebraic form contains the following parts [4]. Let's form a system of basic functions. In this paper we used a power system of basic functions.

```
In[10]:= m = 7; a = 0; b = 1; T = b - a;
```

```
In[11]:= s[t_, n_, T_] := (t - a)^(n-1);
```

```
In[12]:= S = Table[s[t, n, T], {n, 1, m + 1}]
```

```
Out[12]= {1, t, t^2, t^3, t^4, t^5, t^6, t^7}
```

Let's form a operating of matrix approximating the range:

```
In[13]:= w := Table[S[[p]] /. t -> tt[[r]], {p, m + 1}, {r, d}]
```

At the next step we determine the operating range of the vector:

```
In[14]:= q1 := x;
```

```
In[15]:= q2 := y;
```

Then we determine the vector of coefficients approximating polynomial and build approximating polynomial:

```
In[16]:= X = PseudoInverse[Transpose[w]].q1;
```

```
In[17]:= Y = PseudoInverse[Transpose[w]].q2;
```

```
In[18]:= xa = X.S
```

```
Out[18]= 0.996517 - 1.9792 t - 2.49613 t^2 + 9.67561 t^3 - 20.8142 t^4 + 26.9583 t^5 - 18.034 t^6 + 4.69155 t^7
```

```
In[19]:= ya = Y.S
```

```
Out[19]= -1.00277 + 1.38087 t - 0.563612 t^2 - 4.96984 t^3 + 27.8721 t^4 - 46.708 t^5 + 35.0038 t^6 - 10.0137 t^7
```

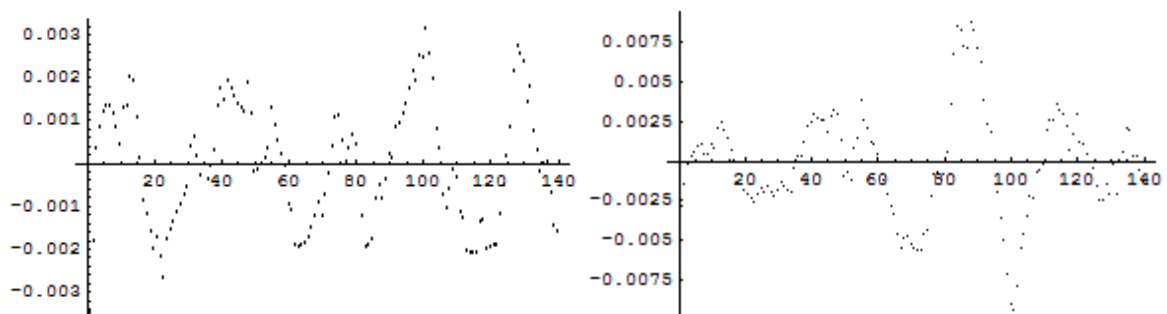
Determining the error of approximation (Fig. 4)

```
In[20]:= xat = Table[xa /. t -> tt[[i]], {i, 1, d}];
```

```
In[21]:= yat = Table[ya /. t -> tt[[i]], {i, 1, d}];
```

```
In[22]:= xe = xat - x;
```

```
In[23]:= ye = yat - y;
```



a

b

Figure. 4. - Error of approximation: a - latitude b – longitude

At Fig. 5 the curves of approximating trajectory (Fig. 5, a) and approximation, combined with the trajectory, based on experimental data (Fig. 5, b) were presented.

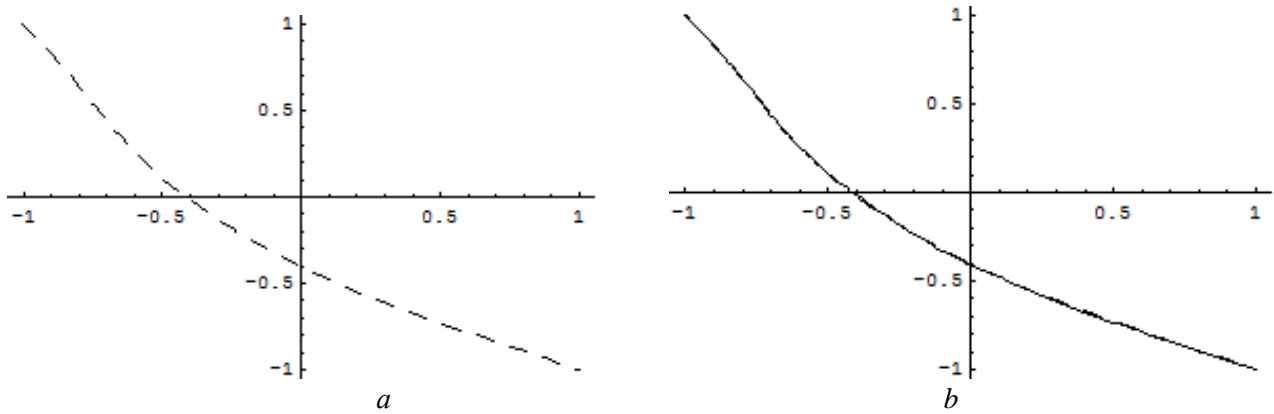


Figure 5. - Visualization of the section. whole way trajectory:  
a-approximation b-approximation combined with the experimental data.

At Fig. 6 the all the way trajectory (from first to sixth sections), plot with analytic expressions is shows.

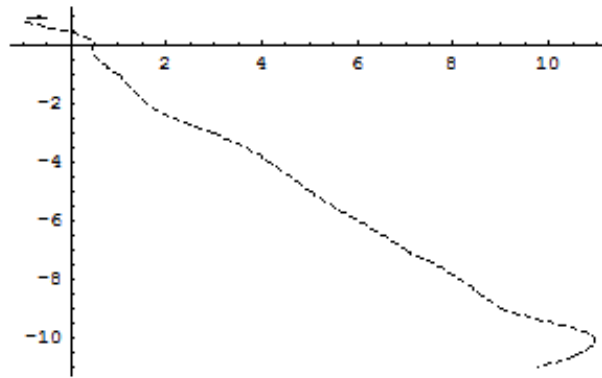


Figure 6. - Visualization of the whole way trajectory.

For sections where the vessel was moving and performing zigzags and circulation. The following analytical expressions were obtained:

Zigzags:

$$x_a = -0,915183 - 12,1524t + 1165,23t^2 - 288908t^3 + 370325t^4 - 2,85717 \cdot 10^6 t^5 + 1,43753 \cdot 10^7 t^6 - 4,94463 \cdot 10^7 t^7 + 1,19262 \cdot 10^8 t^8 - 2,03508 \cdot 10^8 t^9 + 2,44235 \cdot 10^8 t^{10} - 2,01424 \cdot 10^8 t^{11} + 1,08552 \cdot 10^8 t^{12} - 3,44279 \cdot 10^7 t^{13} + 4,86609 \cdot 10^6 t^{14} = \sum_{i=0}^{14} C_{xi} t^i$$

$$y_a = 0,679242 + 13,2279t - 1023,64t^2 + 285049t^3 - 394616t^4 + 3,21899 \cdot 10^6 t^5 - 1,68112 \cdot 10^7 t^6 + 5,88921 \cdot 10^7 t^7 - 1,42255 \cdot 10^8 t^8 + 2,40041 \cdot 10^8 t^9 - 2,82536 \cdot 10^8 t^{10} + 2,27507 \cdot 10^8 t^{11} - 1,19549 \cdot 10^8 t^{12} + 3,69597 \cdot 10^7 t^{13} - 5,10144 \cdot 10^6 t^{14} = \sum_{i=0}^{14} C_{yi} t^i$$

Circulation:

$$x_a = -0,997667 + 7,63047t - 47,4887t^2 + 881,179t^3 - 601873t^4 + 187568t^5 - 31345t^6 + 292907t^7 - 144823t^8 + 2959,94t^9 = \sum_{j=0}^9 C_{xj} t^j$$

$$y_a = 1,01684 - 6,99591t + 42,1882t^2 - 335,977t^3 + 853,367t^4 + 180,01t^5 - 3648,53t^6 + 5667,99t^7 - 3613,14t^8 + 859,072t^9 = \sum_{j=0}^9 C_{yj} t^j$$

Table 1 shows the analytical expressions approximating the latitude and longitude for each section with different numbers  $N$  points of experimental way vessel measurements.

At Fig. 7 an approximation graphs are presented. Comparison with experimental data when vessel moving zigzagging and by circulation trajectory were made.

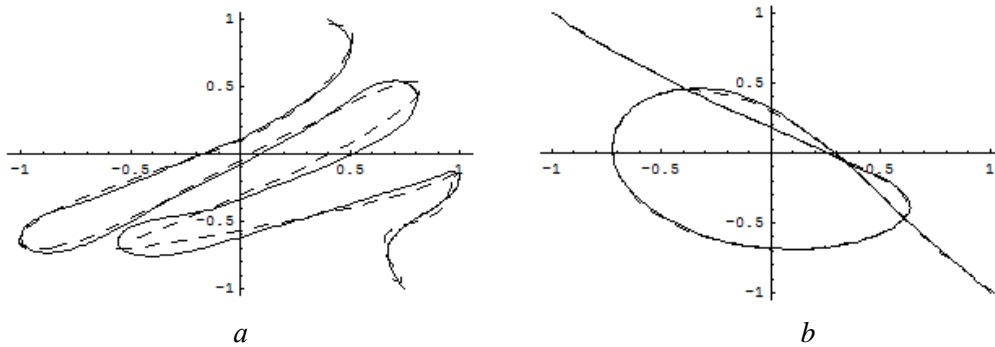


Fig.7. - An approximation visualization, combined with experimental data:  
a - zigzag motion; b - circulation.

Table 1. - Analytical of expressions approximating the latitude and longitude of each section of trajectory.

№ sections	Analytical expression	An approximation error values
1	2	3
1 N=538	$x_a = 0,970778 + 2,38433t - 57,7644t^2 + 437,37t^3 - 1564,3t^4 + 2927,48t^5 + 2905,2t^6 + 1318,9t^7 - 62,7248t^8 - 98,1342t^9$	$\varepsilon_x \approx -0,03 \div 0,02$
	$y_a = -0,659131 + 3,29918t - 135,399t^2 + 1958,03t^3 - 12459t^4 + 40742,3t^5 - 73999,5t^6 + 75700,5t^7 - 40899,8t^8 + 909,1t^9$	$\varepsilon_y \approx -0,06 \div 0,06$
2 N=140	$x_a = 0,996517 - 1,9792t - 2,49613t^2 + 9,6756t^3 - 20,8142t^4 + 26,9583t^5 - 18,034t^6 + 4,69155t^7$	$\varepsilon_x \approx -0,003 \div 0,003$
	$y_a = -1,00277 + 1,38087t - 0,563612t^2 - 4,96984t^3 + 27,872t^4 - 46,708t^5 + 35,0038t^6 - 10,0137t^7$	$\varepsilon_y \approx -0,0075 \div 0,0075$
3 N=562	$x_a = 0,998148 - 2,18097t + 4,9882t^2 - 15,8644t^3 + 16,8073t^4 + 0,161713t^5 - 11,092t^6 + 5,18203t^7$	$\varepsilon_x \approx -0,003 \div 0,003$
	$y_a = -0,997564 + 1,79135t + 5,05192t^2 - 22,2342t^3 + 47,1575t^4 - 54,988t^5 + 33,7187t^6 - 8,49918t^7$	$\varepsilon_y \approx -0,0025 \div 0,0035$
4 N=469	$x_a = 0,9969 - 1,91079t - 1,73615t^2 + 8,23547t^3 - 17,434t^4 + 18,7913t^5 - 9,90976t^6 + 1,96588t^7$	$\varepsilon_x \approx -0,003 \div 0,003$
	$y_a = -0,997386 + 1,88996t + 1,40889t^2 - 8,75024t^3 + 28,8749t^4 - 47,114t^5 + 36,764t^6 - 11,078t^7$	$\varepsilon_y \approx -0,005 \div 0,005$
5 N=328	$x_a = 1,0043 - 2,68117t + 7,78347t^2 - 46,150t^3 + 128,998t^4 - 180,906t^5 + 124,487t^6 - 33,538t^7$	$\varepsilon_x \approx -0,003 \div 0,003$
	$y_a = -0,978641 + 1,0831t + 21,3434t^2 - 100,209t^3 + 220,851t^4 - 262,505t^5 + 162,689t^6 - 41,273t^7$	$\varepsilon_y \approx -0,015 \div 0,015$
6 N=770	$x_a = 0,999639 - 2,20443t + 0,980672t^2 + 0,20282t^3 - 7,62432t^4 + 14,3788t^5 - 10,6782t^6 + 2,8894t^7$	$\varepsilon_x \approx -0,004 \div 0,005$
	$y_a = -1,04789 + 7,37585t - 47,4654t^2 + 298,03t^3 - 852,834t^4 + 1193,81t^5 - 819,444t^6 + 221,367t^7$	$\varepsilon_y \approx -0,04 \div 0,04$

## Conclusions.

An analytical expressions according experimental data, namely, the location coordinates of the vessel (latitude, longitude and time) were constructed. Using the method of least squares as a degrees system basic functions, of an approximating polynomial optimal degree was received based on the error between the experimental values and the obtained approximation. In sections that have a smoother character, approximating polynomial has order equal to the 7 degrees. In sections where the vessel was moving and performing zigzags and circulation, degree of approximating polynomial ranges from 9 to 14.

## REFERENCES

1. Мальцев А.С. Способ оценки опасности столкновения в системах управления движением судов / А.С. Мальцев, А.П. Бень Нгун Тхань Шон// Судовождение: Сб. на учн. Трудов / ОНМА. Вып. 16. – Одесса: «Издатинформ», 2009. – С. 97-107.
2. Цыбмал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов. / Н.Н. Цыбмал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков // - Одесса. КПОГТ. 2007. – 424 с.
3. Васильев В.В. Математичне і комп'ютерне моделювання процесів і систем: Апроксимація сигналів із застосуванням системи Mathematica: Навчальний посібник / В.В. Васильев, Л.О. Сімак.; НАН України, Ін-т проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова, М-во освіти і науки України, Національний авіаційний університет. – К.: НАН України, 2007. – 127 с.
4. Nosovskii A.M. Methods of applying symbolic transformations for objectives of navigation and vessels traffic control in severe conditions. – Manuscript. The thesis submitted for the candidate of technical sciences degree, on a specialty 05.22.12 – navigation and control. – Central Research Institute of Navigation and control, Kyiv, 2012.

## РЕФЕРАТ

Носовський А.М. Побудова аналітичного опису траєкторії руху судна по експериментальним даним / Андрій Миколайович Носовський // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ – 2012. – Вип. 10.

Об'єкт дослідження – траєкторія руху судна у реальних умовах судноводіння.

Мета роботи – планування та проведення натурального експерименту, отримання записів навігаційних сигналів глобальних навігаційних супутникових систем, побудова аналітичного опису траєкторії руху судна за експериментальними даними.

Методи дослідження – натурне фізичне моделювання; багатоканальне вимірювання, накопичення даних часових рядів стосовно стандарту GPS та ГЛОНАСС; математична обробка у системі Mathematica за методом найменших квадратів; оцінки похибок апроксимації та точності аналітичних описів. Новизна у стандартних аналітичних описах різних режимів руху (за кривизною траєкторії по течії, проти течії, під час циркуляції, під час руху зигзагами чи галсами).

Значущість роботи – сприяння підвищенню безпеки руху суден під час рейсу за програмно заданим маршрутом у вигляді аналітичних високоточних описів. Галузь застосування – навігація та управління рухом будь-яких транспортних засобів з апаратурою типу GPS.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** НАВІГАЦІЯ, УПРАВЛІННЯ, РУХ, АНАЛІТИЧНА ТРАЄКТОРІЯ, ТРАНСПОРТ.

## ABSTRACT

Nosovskiy A.M. The trajectory of the vessel analytical expression construction by the experimental data / Andrei Nosovskiy // Management of projects, system analysis and logistics. - K.: NTU - 2012. – Vol. 10.

Object of study - the trajectory of the vessel in real conditions of navigation.

Purpose – to plan and to carry out the experiment, to record navigation signals of global navigation satellite systems, to construct an analytical expression of the trajectory of the vessel by the experimental data.

Methods - full scale physical modeling; multichannel measurement; the accumulation of time series data according to the GPS and GLONASS standards; mathematical processing in the software environment of Mathematica using the method of least squares; estimation of approximation errors and accuracy of analytical descriptions. The novelty of standard analytical descriptions of the various movement modes (trajectory curvature with the current, against the current, during circulation, movement zigzags or jibes).

Importance – to promote traffic safety during the programmed course in the form of high-precision analytical descriptions. Scope - navigation and traffic control of any vessel with equipment such as GPS.

KEY WORDS: NAVIGATION, MANAGEMENT, MOVEMENT, ANALYTICAL TRAJECTORY, TRANSPORT.

#### РЕФЕРАТ

Носовский А.Н. Построение аналитического описания траектории движения судна по экспериментальным данным / Андрей Николаевич Носовский // Управление проектами, системный анализ и логистика. - К.: НТУ - 2012.- Вып. 10.

Объект исследования - траектория движения судна в реальных условиях судовождения.

Цель работы - планирование и проведение натурного эксперимента, получение записей навигационных сигналов глобальных навигационных спутниковых систем, построение аналитического описания траектории движения судна по экспериментальным данным.

Методы исследования - натурное физическое моделирование; многоканальное измерение, накопление данных временных рядов по стандарту GPS и ГЛОНАСС; математическая обработка в системе Mathematica по методу наименьших квадратов; оценки погрешностей аппроксимации и точности аналитических описаний. Новизна в стандартных аналитических описаниях различных режимов движения (за кривизной траектории по течению, против течения, во время циркуляции, при движении зигзагами или галсами).

Значимость работы - содействие повышению безопасности движения судов во время рейса по программно заданному маршруту в виде аналитических высокоточных описаний. Область применения - навигация и управление движением любых транспортных средств с аппаратурой типа GPS.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: НАВИГАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ, ДВИЖЕНИЕ, АНАЛИТИЧЕСКАЯ ТРАЕКТОРИЯ, ТРАНСПОРТ.

UDC 656.13

#### DEFINING THE DIRECTIONS OF ENHANCING VEHICLE SAFETY IN UKRAINE

Gusev O.V., Ph.D.

Khmel'ov I.V., Ph.D.

Introduction. Year after year the road accident statistics and lack of consolidated and efficient measures to fight high number of deaths and injuries in Ukraine show the need for further research in that field. Also it confirms the need to develop concepts for securing road traffic safety, introduce up-to-date technologies in the relevant field and to promote the "safety" notion to the general public, local and state officials, heads of universities and other institutions [1].

The general formulation of the problem. One of the directions of research is the improvement of vehicle safety.

The following types of accident are being considered:

- Collisions.
- Vehicle turning-over.
- Collisions with stationary obstacles.
- Collisions with pedestrians.
- Collisions with cyclists.
- Collisions with stationary transport vehicle.
- Collisions with cartage.
- Collisions with animals.
- Accidents related to VDFRW [2,4].
- Other accidents (those not included above).

It's known that the problem of securing the road traffic safety (including the safety of the most vulnerable participant of the road traffic – the pedestrian) is multi-factor and very complex.

The process of accident occurrence is influenced by the following factors:

- human factor (driver psychophysiology, driver perception errors, in particular, errors of vehicle's velocity perception, the levels of driver proficiency and skills, methods of driver education and training [1 etc.], drunken driving, influence of drugs etc.);