

Посилання на статтю

Тесленко П.А. Составляющие и ограничения управления проектом по аналогии движения парусника галсами / П.А. Тесленко // Управление проектами и развитие: Зб.наук.пр. - М.: изд-во ВНУ им. Даля, 2009. - № 4 (32). - С. 16-21. - Режим доступа: <http://www.pmdp.org.ua/images/Journal/32/09tpadpg.pdf>

УДК 979.14:005.8

П.А. Тесленко

СОСТАВЛЯЮЩИЕ И ОГРАНИЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОМ ПО АНАЛОГИИ ДВИЖЕНИЯ ПАРУСНИКА ГАЛСАМИ

Рассмотрены составляющие функции управления движения парусника галсами как прототипа системы управления проектами. Выявлены внешние и внутренние ограничения, влияющие на управляющую функцию. Получены аналитические выражения. Рис. 1, ист. 6.

Ключевые слова: парусник, движение галсами, траектория движения, вектор-функции управляющего воздействия.

П.А. Тесленко

СКЛАДОВІ ТА ОБМЕЖЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТОМ ПО АНАЛОГІЇ РУХУ ВІТРИЛЬНИКІВ ГАЛС

Розглянуто складові функції управління руху вітрильника галсами як прототипу системи управління проектами. Виявлено зовнішні та внутрішні обмеження, що впливають на керуючу функцію. Отримано аналітичні вирази.

P.A. Teslenko

COMPONENTS AND LIMITS OF THE PROJECT MANAGEMENT USING SAILING-SHIP MOVING BY TACKS ANALOGY

The function components of the sailing-ship moving by tacks operating as a prototype of the project management system are considered. External and internal limits which influence the operating function are revealed. Analytical expressions are gotten.

Постановка проблемы и анализ последних исследований. Результаты, приведенные в данной статье, являются продолжением исследования подобия систем управления проектами и парусника [1-4], с целью трансферта полученных знаний в предметную область управления проектами. Идея принадлежит Р.Тернеру и представлена в [5].

При движении парусника против направления ветра, оптимальная траектория должна быть «галсоподобной».

Галс (от голландского hals) — это курс судна относительно ветра [6, ст.211, с.75]. С другой стороны галс — это отрезок пути судна от поворота до поворота при лавировании под парусами [6, ст.211, с.75]. Ключевым здесь является не столько перемещение судна под парусом, сколько взаимонаправленность движения судна и движения воздушных масс, т.е. ветра. Обычно при движении галсами подразумевается, что направление ветра не совпадает с необходимым

направлением движением судна (генеральным курсом). На рис. 1 представлена такая траектория.

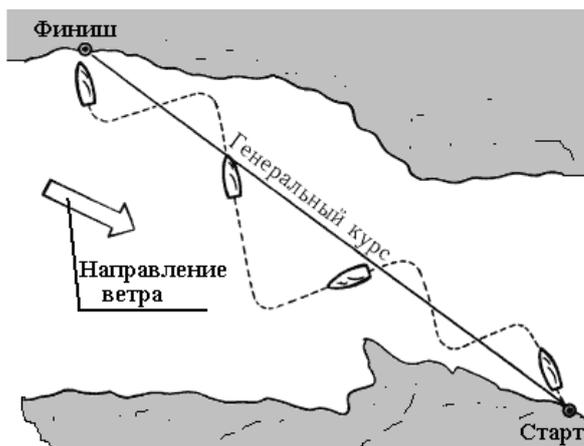


Рис. 1. Траектория движения парусника галсами

Необходимо отметить, что «галсоподобных» траекторий существует множество. Понятно, что среди них необходимо выбрать единственную оптимальную траекторию движения для конкретной ситуации — внешних и внутренних условий. Вместе с тем ясно, что до начала движения судна остаются неизвестными сила и направление движения ветра, действующего на парусник.

В процессе реализации рулевым задающего воздействия возможны два варианта развития событий. Первый вариант соответствует случаю, когда расчет оптимальной траектории движения точно соответствует силе и направлению ветра, которые фактически действуют на парусник. Во втором случае точного соответствия нет и поэтому допустимы некоторые отклонения от движения судна по выбранной траектории. Перед началом движения будущие сила ветра и его направление не являются точно известными, а берутся из прогноза синоптиков. В случае значительного изменения внешних условий необходимо произвести перепроектирование траектории и управления по ходу движения судна.

При этом **целью статьи** является поиск зависимости управляющей вектор-функции $\vec{u}(t)$ от времени, которая также зависит от величины α угла A поворота руля парусника по отношению к его исходному положению и величины β угла B между парусом и осью парусника [2, с. 114, рис. 1].

Изложение основного материала исследования. С практической точки зрения выполнение условий наибольшей скорости движения судна не может гарантировать прибытие парусника к цели за наименьшее время. Причиной этому служит постепенное удаление парусника от цели. При этом объект может находиться в разных состояниях, идти правым галсом, идти левым галсом и т.п. Т.е. мы имеем множество состояний системы "парусник", которые присущи и проектной деятельности.

Исходными данными для определения управляющего воздействия являются данные о связях параметрических и динамических характеристиках парусника, данные о расстояниях между буйками, данные о воздействиях на парусник. Тогда математическая модель движения галсами, которая на основе (6 [2, с. 103]) примет следующий вид:

$$m_{\bar{n}o} \ddot{\vec{r}} = -k_1 \dot{\vec{r}} + k_2 \vec{F}_p + \vec{\xi}, \quad (1)$$

где m_{cy} – масса полностью оснащенного парусника вместе с экипажем; \vec{r} – радиус-вектор центра масс парусника, с помощью которого задается место расположения парусника в системе координат; k_1 – коэффициент сопротивления воды движению парусника со скоростью $\dot{\vec{r}}$; \vec{F}_p – проекция на продольную ось парусника интегральной составляющей силы давления ветра, которая действует на паруса перпендикулярно плоскости их расположения в трехмерном пространстве; k_2 – коэффициент сопротивления парусника силе воздушных масс; $\vec{\xi}$ – вектор случайных возмущений, действующих на парусник.

В связи с тем, что математическая модель (1) отражает динамику парусника, по отношению к ней предполагается наличие зависимости всех параметрических характеристик от текущего момента t времени. Т.е, речь идет о функциональных зависимостях $\vec{r} = \vec{r}(t)$, $k_1 = k_1(t)$, $\vec{F}_p = \vec{F}_p(t)$, $k_2 = k_2(t)$, $\vec{\xi} = \vec{\xi}(t)$. При этом предполагается известным следующее.

Величина α угла A поворота рулевого устройства, является составной частью управляющей функции, находится в зависимости от решения рулевого повернуть руль на эту величину или не повернуть. При этом само решение зависит от состояния парусника и месторасположения парусника на траектории.

Поворот штурвала на угол A , передается с помощью передаточного механизма на руль. Это отражается зависимостью $\alpha_k = k_n \cdot \alpha$. Коэффициент пропорциональности k_n определяется параметрическими характеристиками конкретного парусника, его конструкции и поэтому далее считается известным.

Величина β угла B расположения паруса относительно оси парусника, как составляющей вектор-функции $\vec{u}(t) = (\alpha(t); \beta(t))$, зависит от действий членов команды парусника, которые по требованию рулевого поворачивают парус и/или уменьшают (увеличивают) площадь развернутых парусов. Предполагается теоретически возможным выполнение команды изменения угла B на величину β проводить системой автоматического управления.

Изменение пространственного расположения парусов по отношению к оси парусника на угол B , приводит к изменению пространственного расположения оси парусника, и следовательно направляет парусник к достижению поставленной цели. Кроме того, выбор величины β угла B зависит от направления движения, величины силы \vec{F}_{co} давления воздушных масс на паруса и парусник в целом.

Для решения поставленной задачи преобразуем уравнение (1) к виду (2):

$$\ddot{\vec{r}} = -k_1^n \cdot \dot{\vec{r}} + k_2^n \cdot \vec{F}_p + \vec{\xi}^n. \quad (2)$$

Это уравнение получено делением уравнения (1) на величину массы парусника m_{cy} и изменением обозначений величин. При этом радиус-вектор \vec{r} ,

скорость движения парусника $\dot{\vec{r}}$ и сила давления ветра не могут быть произвольными и их величины являются ограниченными. Существующие на практике ограничения запишем в виде

$$\vec{r} \in M_r; \dot{\vec{r}} \in M_{I_r}; \vec{F}_p \in M_F; \vec{\xi}^n \in M_\xi. \quad (3)$$

Множества M_r, M_{I_r}, M_F, M_ξ определяют допустимые значения векторов и определяются практикой. Например, радиус-вектор \vec{r} не должен иметь длину, превосходящую, десятикратного расстояния до ближайшего буйка, а его направление должно быть таким, чтобы угол между осью парусника и осью Oх не был больше 90° . Скорость движения парусника жестко задается его конструкцией и ограничивается для конкретной модели либо типа судов. Проекция силы давления воздушных масс на парусник не может превосходить величину силы давления ветра на парусник.

Уравнение (2) определяет семейство траекторий движения парусника. При этом с математической точки зрения каждая траектория определяется зависимостью радиус-вектора $\vec{r}(t)$ от времени, начальных условий и указанных в уравнении других параметров, функционально зависящих от времени, одна из которых является случайной.

Для дальнейших рассуждений воспользуемся результатом, полученным в [3]. Зависимость управляющего воздействия от силы ветра ((7), [3, с.117]), преобразуем к виду (4):

$$\vec{F}_p = S_i F_{\dot{a}\dot{a}} \sin(\alpha - \beta) \sin(\varphi - \alpha) (\cos \varphi \cdot \vec{i} + \sin \varphi \cdot \vec{j}), \quad (4)$$

где S_n – площадь парусов; $F_{\dot{a}\dot{a}}$ – величина силы давления воздушных масс на парусник, приходящаяся на единицу площади парусов; α – угол, который образует парус с осью Oх системы координат; β – угол, который образует вектор скорости движения ветра с осью Oх; φ – угол между осью OХ и осью парусника.

Отметим, что формулу (4) при рассмотрении плоского случая можно записать в виде (5)

$$\vec{F}_p = u_x \cdot \vec{i} + u_y \cdot \vec{j}. \quad (5)$$

В этом легко убедиться, применяя равенства

$$\begin{aligned} u_x &= S_i F_{\dot{a}\dot{a}} \sin(\alpha - \beta) \cdot \sin(\varphi - \alpha) \cdot \cos \varphi, \\ u_y &= S_i F_{\dot{a}\dot{a}} \sin(\alpha - \beta) \cdot \sin(\varphi - \alpha) \cdot \sin \varphi. \end{aligned} \quad (6)$$

Учитывая взаимозависимость углов системы α, β, φ представленные на рис.1 [3, с.114], преобразуем уравнения (6) к виду:

$$\begin{aligned} u_x &= S_n F_{\dot{a}\dot{a}} \cdot \sin^2(0,5(\beta + \varphi)) \cos \varphi, \\ u_y &= S_i F_{\dot{a}\dot{a}} \cdot \sin^2(0,5(\beta + \varphi)) \sin \varphi. \end{aligned} \quad (7)$$

Для решения поставленной задачи необходимо выявить характеристики параметров, которые определяют данную систему в виде составляющих формулы (4).

Если же до начала движения найти или задать координаты вектора \vec{F}_p , тогда последние равенства позволяют найти наиболее подходящее значение угла φ . Усредняя уравнение движения по случайным воздействиям на парусник, получаем обычное векторное дифференциальное уравнение вида (2). С учетом равенства (7) это уравнение можно записать в виде

$$\ddot{\vec{r}} + k_1^n \cdot \dot{\vec{r}} = k_2^n \cdot \vec{u} + \vec{\xi}_{cp}^n. \quad (8)$$

Функция \vec{u} управляющего воздействия на парусник считается неизвестной. Она находится из условия оптимальности управления. После чего необходимо найти те углы, за счет изменения которых осуществляется управление движением парусника членами команды.

Уравнению (8) удовлетворяют два типа зависимостей переменных от времени. Первый тип соответствует плановой траектории движения парусника, а вторая – фактической.

Обозначим переменные, отвечающие плану символами, с индексом «п», а переменные, соответствующие факту обозначим теми же символами без дополнительного индекса. Тогда уравнение движения в отклонениях примет вид: $\vec{r}_\delta = \vec{r} - \vec{r}_n; \vec{u}_\delta = \vec{u} - \vec{u}_n$. Очевидно, для переменных в отклонениях уравнение (7) должно удовлетворяться практически тождественно. Точнее выражаясь, речь идет о том, что функции $\vec{r}_\delta(t)$ и $\vec{u}_\delta(t)$ должны удовлетворять уравнению (9)

$$\ddot{\vec{r}}_\delta + k_1^n \cdot \dot{\vec{r}}_\delta = k_2^n \cdot \vec{u}_\delta + \vec{\xi}_\delta^1, \quad (9)$$

где $\vec{\xi}_\delta^1$ – отклонение средних фактических и учтенных в проектных расчетах значений вектора случайных возмущений.

Для того чтобы воспользоваться уравнением (9) при определении оптимальной величины отклонения \vec{u}_δ заменим векторное дифференциальное уравнение системой четырех скалярных уравнений вида:

$$\begin{cases} \dot{z}_1 = z_2 \\ \dot{z}_2 = -k_1^i z_2 + k_2^i v_x + \xi_x^I \\ \dot{z}_3 = z_4 \\ \dot{z}_4 = -k_1^i z_4 + k_2^i v_y + \xi_y^I, \end{cases} \quad (10)$$

где $z_1 = x_\delta; z_2 = \dot{x}_\delta; z_3 = y_\delta; z_4 = \dot{y}_\delta; v_x = u_{\delta x}; v_y = u_{\delta y}$.

Полученные уравнения реализуют методику определения управляющих воздействий при движении парусника галсами. Ввиду аналогии с проектным управлением (10) позволит найти управляющие воздействия в проекте в условиях стохастического изменения сопротивления внешней среды.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Представлены расчетные формулы и функциональные зависимости управляющего воздействия на парусник от внешних и внутренних параметров системы. В рассматриваемом варианте решена двумерная задача управления. В том случае, когда необходимо учесть третью координату, методическая часть остается без изменений, а в систему (10) должны быть введены еще два дифференциальных уравнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тесленко П.А. Траектория развития проекта как организационно-технической системы в многомерном пространстве переменных / П.А. Тесленко, В.Д. Гогунский // Тези доповідей VI міжнародної конференції "Управління проектами у розвитку суспільства" // Відповідальний за випуск С.Д.Бушуєв. – К.: КНУБА, 2009. – С. 188-189.
2. Тесленко П.А. Стратегия и тактика развития проектов на основе закона Тернера-Руденко/ П.А.Тесленко // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2009. – №1(29). – С. 98-105.
3. Тесленко П.А. Модель управления движения галсами на основе закона Тернера-Руденко/ П.А.Тесленко // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2009. – №2(30). – С. 113-118.
4. Тесленко П.А. Модель движения парусника галсами как обоснование закона Тернера-Руденко о развитии проектов / П.А. Тесленко, В.Д. Гогунский // Управління проектами: Стан та перспективи: Матеріали V міжнародної науково-практичної конференції / Відповідальний за випуск К.В.Кошкін. – Миколаїв: НУК, 2009. – С. 52-53.
5. Тернер Дж. Родни. Руководство по проектно-ориентированному управлению / Родни Тернер / Пер. с англ. под. общ. ред. Воропаева В.И. – М.: Изд. дом Гребенщикова, 2007. – 552 с.
6. Большая советская энциклопедия. (в 30 томах). Гл. ред. А.М.Прохоров. Изд. 3-е. – М.: "Советская энциклопедия", 1971. т.6. Газлифт – Гоголево. 1971. – 624 с.

Стаття надійшла до редакції 12.11.2009 р.