

# АВТОМАТИЧЕСКАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ КУРСА ЗЕМСНАРЯДА

## AUTOMATIC STABILISATION DREDGER

S. Saburov

*Summary.* The article considers the task of stabilization of the dredge. The algorithm of action of the dredger operator for the stabilization of the dredge, proving the complexity and vysokotarifitsirovannyh this work. Shows a functional diagram of a simple device for automatic stabilization of the location of the dredge, with the aim of increasing performance and security management.

Key words: a dredger, dredger operator, deadlift hoist.

**Сабуров Сергей Валерьевич**

Аспирант, Государственный университет морского  
и речного флота имени адмирала С. О. Макарова  
ssssaaaaabbbbbb@mail.ru

*Аннотация.* В статье рассмотрено решение задачи по стабилизации курса земснаряда. Представлен алгоритм действий багермейстера по стабилизации курса земснаряда, доказывающий сложность и высококвалифицированность данной работы. Показана функциональная схема простейшего устройства автоматической стабилизации местоположения земснаряда, с целью повышения производительности и безопасности управления.

*Ключевые слова:* земснаряд, багермейстер, станковая лебедка.

Эффективность решения проблем, связанных с охраной окружающей среды, например, очисткой заболоченных мест и каналов [1], развитием транспортной системы и инфраструктуры водных территорий, необходимость развития которых закреплены законодательно [2], напрямую связаны с совершенствованием специализированной техники, к числу которой относятся земснаряды.

Одной из ключевых задач функционирования земснаряда является задача его ориентации на водных территориях. Точность позиционирования, которая для земснарядов наивысшая и составляет (0,1...0,2) м для свободных рек и каналов [3], предопределяет временные издержки, энергетические показатели, качество выполненных работ.

Однако одновременно с задачей обеспечения точности позиционирования возникает и задача стабилизации курса земснаряда.

Схема, поясняющая задачу стабилизации курса и её решение, представлена на рисунке 1.

Главное движение земснаряда осуществляется за счёт становой лебёдки, закрепляемой по заданному курсу движения земснаряда в точке, определяемой по навигационной системе. В качестве навигационной системы используется получившая в последние годы бурное развитие система GPS [4].

Однако курс движения земснаряда может быть изменен за счет внешних факторов, например, течения реки или ветра.

Для стабилизации движения земснаряд закрепляется в четырёх точках тросами левой, правой носовой и левой, правой кормовой попеленажных лебёдок.

При смещении земснаряда в сторону от заданного курса багермейстер, пользуясь показаниями навигационной системы GPS, включает соответствующую попеленажную лебёдку, тем самым стабилизируя заданный курс.

Алгоритм действий багермейстера по стабилизации курса земснаряда представлен на рисунке 2 в координатах  $X — Y$ .

Пусть заданный курс движения земснаряда определён направлением движения по точкам и координатам  $O(x_0, y_0)$ ,  $A(x_0, y_1)$ ,  $B(x_0, y_3)$ ,  $C(x_0, y_6)$ .

Пусть в результате действия внешних факторов курс земснаряда изменится, и он пройдет путь по прямой с координатами  $O(x_0, y_0)$ ,  $A'(x_2, y_1)$ .

После установления по навигационной системе GPS факта отклонения от курса багермейстер включает левую носовую попеленажную лебёдку с одновременным ослаблением тросов всех остальных попеленажных лебёдок. Однако земснаряд продолжает движение по инерции по прямой с координатами  $A'(x_2, y_1)$ ,  $A''(x_3, y_2)$  и только после натяжения троса левой носовой попеленажной лебёдки изменяет свой курс в направлении прямой с координатами  $A''(x_3, y_2)$ ,  $B(x_0, y_3)$ .

После пересечения точки с координатами  $B(x_0, y_3)$  земснаряд вследствие инерции должен продолжить движение по направлению прямой с координатами  $B(x_0, y_3)$ ,  $B'(-x_2, y_4)$ , однако вследствие действия внешних факторов и инерции земснаряд продолжит своё движение по курсу по прямой с координатами  $B(x_0, y_3)$ ,  $B''(-x_3, y_5)$ .

После установления по навигационной системе GPS нового факта отклонения от курса багермейстер

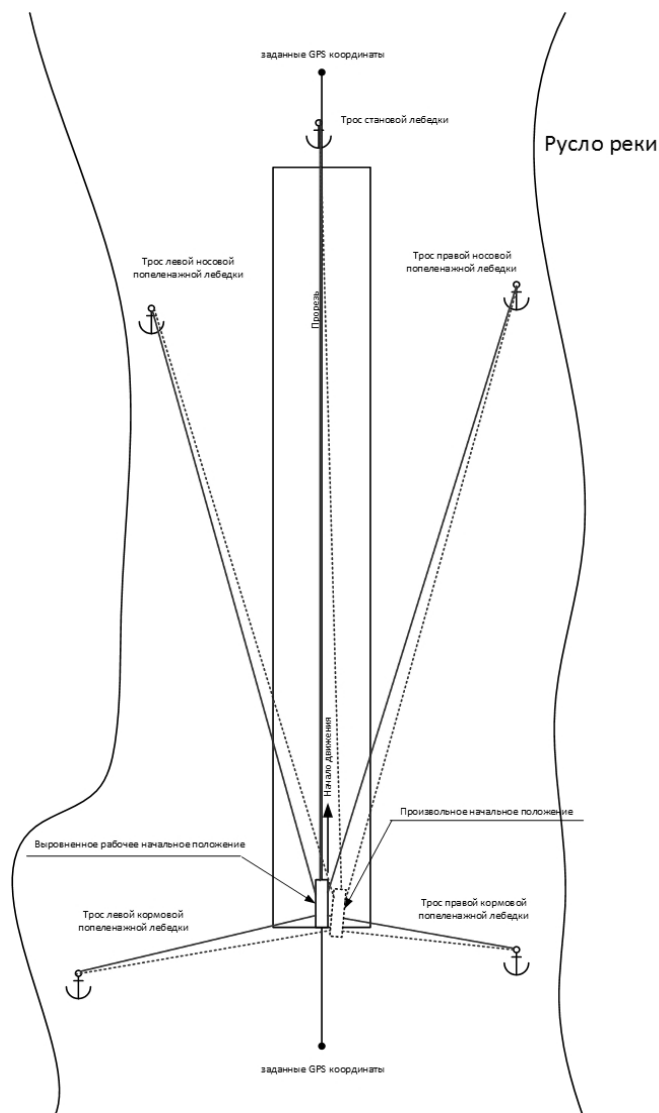


Рис. 1. Схема стабилизации курса земснаряда

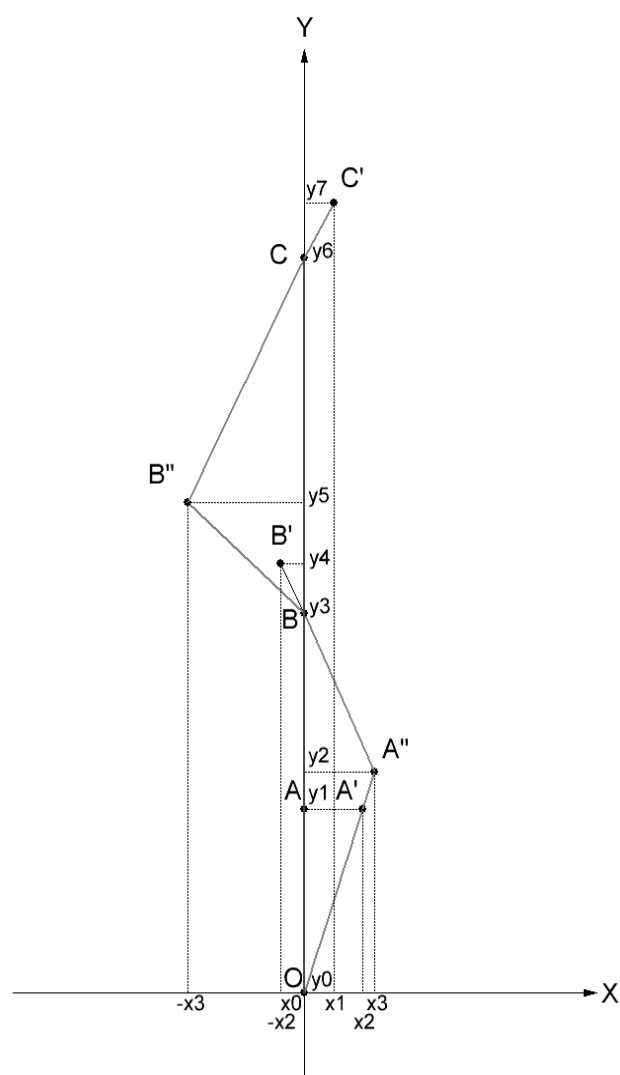


Рис. 2. Алгоритм стабилизации курса земснаряда

включает правую носовую попеленажную лебёдку с одновременным ослаблением тросов всех остальных попеленажных лебёдок, и земснаряд начинает движение по курсу по прямой с координатами  $B'' (-x3, y5)$ ,  $C (x0, y6)$ .

Однако земснаряд продолжает движение по инерции по прямой с координатами  $C (x0, y6)$ ,  $C'' (x1, y7)$ .

И так далее.

Как видно, работа багермейстера — это напряжённый и высококвалифицированный труд, в котором не исключены ошибки действий.

Для облегчения труда багермейстера, а также повышения производительности и безопасности управления

земснарядом целесообразно ввести систему автоматической стабилизации курса.

Очевидно, алгоритм работы автоматической системы стабилизации курса земснаряда определён тем же алгоритмом, представленным на рисунке 2.

На рисунке 3 показана функциональная схема простейшего устройства автоматической стабилизации координат  $X, Y$  местоположения земснаряда.

Устройство содержит:

- ◆ усилители  $U_x, U_y$ ;
- ◆ вычитающие устройства;
- ◆ вычислительное устройство  $BУ$ ;
- ◆ ключи  $K_1, K_2, K_3, K_4$ ;
- ◆ источник питания ИП;

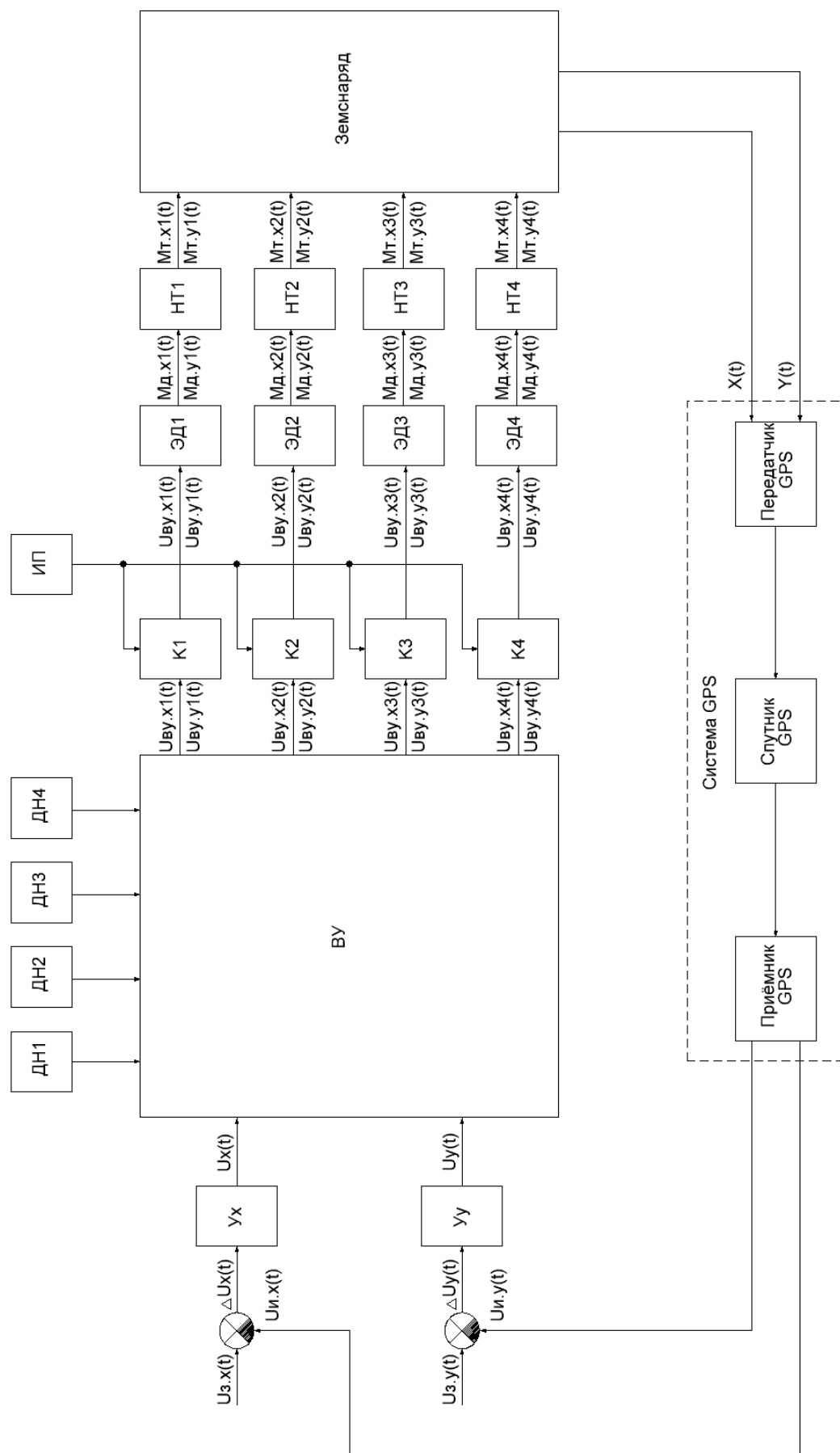


Рис. 3. Функциональная схема устройства автоматической стабилизации координат X, Y местоположения земснаряда

- ◆ электродвигатели ЭД1, ЭД2, ЭД3, ЭД4 левой, правой носовой и левой, правой кормовой попеленажных лебёдок, соответственно;
- ◆ натяжные тросы НТ1, НТ2, НТ3, НТ4 левой, правой носовой и левой, правой кормовой попеленажных лебёдок, соответственно;
- ◆ датчики натяжения ДН1, ДН2, ДН3, ДН4 натяжных тросов левой, правой носовой и левой, правой кормовой попеленажных лебёдок, соответственно;
- ◆ GPS навигатор, содержащий передатчик GPS, спутник GPS и приёмник GPS.

Датчики натяжения ДН1, ДН2, ДН3, ДН4 натяжных тросов предназначены для измерения натяжения тросов (прямым или косвенным способом).

Задающие сигналы по координатам  $X(t)$  и  $Y(t)$  местоположения земснаряда,  $U_{7X}(t)$  и  $U_{7Y}(t)$ , поступают на входы «+» вычитающих устройств на входы «-» которых поступают сигналы, пропорциональные фактическим, т.е. измеренным, координатам  $X(t)$  и  $Y(t)$  земснаряда — сигналы  $U_{8X}(t)$  и  $U_{8Y}(t)$ , соответственно.

На выходе вычитающих устройств образуются разностные сигналы:

$$\Delta U_X(t) = U_{7X}(t) - U_{8X}(t) \quad (1)$$

$$\Delta U_Y(t) = U_{7Y}(t) - U_{8Y}(t) \quad (2)$$

которые следуют на усилители  $U1$  и  $U2$ , где усиливаются с коэффициентами усиления  $K_X$  и  $K_Y$  до значений, достаточных для обеспечения дальнейшей обработки в ВУ.

На выходе усилителей  $U1$  и  $U2$  образуются сигналы:

$$U_X(t) = \Delta U_X(t) \cdot K_X \quad (3)$$

$$U_Y(t) = \Delta U_Y(t) \cdot K_Y \quad (4)$$

которые следуют на входы ВУ.

На выходах ВУ вырабатываются сигналы управления электродвигателями ЭД1, ЭД2, ЭД3, ЭД4 левой носовой, правой носовой, левой кормовой и правой кормовой попеленажных лебёдок, соответственно. Эти сигналы могут принимать три логических состояния: «реверс», «ноль», «прямой ход».

Сигнал «реверс» включает электродвигатели попеленажных лебёдок в работу в направлении выборки тросов при срабатывании датчиков натяжения ДН1, ДН2, ДН3, ДН4 при ослабевании натяжных тросов, т.е. непосредственно не участвуют в работе системы автоматиче-

ского управления натяжения тросов с целью изменения координат  $X(t)$  и  $Y(t)$  местоположения земснаряда.

В работе автоматического управления натяжения тросов с целью изменения координат  $X(t)$  и  $Y(t)$  местоположения земснаряда участвуют только сигналы «ноль» и «прямой ход», которые можно представить как «логический 0» (или «0») и «логическая 1» (или «1»), соответственно.

Таким образом, на выходах ВУ для системы автоматического управления вырабатываются сигналы:

$$U_{ВУ.X(i)}(t) = U_X(t) \cdot K_{ВУ.X(i)} \quad (5)$$

$$U_{ВУ.Y(i)}(t) = U_Y(t) \cdot K_{ВУ.Y(i)} \quad (6)$$

где  $K_{ВУ.X(i)}$ ,  $K_{ВУ.Y(i)}$  — коэффициенты преобразования ВУ, которые вычисляются по измеренным данным  $X(t)$  и  $Y(t)$  местоположения земснаряда и могут принимать состояния «логический 0» или «логическая 1»;  $i = 1, 2, 3, 4$ .

Значения в состоянии «0» или «1» есть величины постоянные.

Сигналы  $U_{ВУ.X(i)}(t)$  и  $U_{ВУ.Y(i)}(t)$  могут принимать состояния «0» или «1», которые воздействуют на ключи  $K1, K2, K3, K4$ , соответственно подключая источник питания ИП к электродвигателям ЭД1, ЭД2, ЭД3, ЭД4 левой, правой носовой и левой, правой кормовой попеленажных лебёдок.

Электродвигатели ЭД1, ЭД2, ЭД3, ЭД4 развивают моменты натяжения с переходной скоростью:

$$M_{Д.X(i)}(t) = U_{ВУ.X(i)}(t) \cdot K_D(t) \quad (7)$$

$$M_{Д.Y(i)}(t) = U_{ВУ.Y(i)}(t) \cdot K_D(t) \quad (8)$$

где  $K_D(t)$  — коэффициент передачи электродвигателя (принят одинаковым для всех электродвигателей ЭД1, ЭД2, ЭД3, ЭД4), который зависит от времени  $t$ , т.е. является инерционным элементом всей цепи системы автоматического управления.

Моменты натяжения  $M_{Д.X(i)}(t)$  и  $M_{Д.Y(i)}(t)$  электродвигателей воздействуют на натяжные тросы НТ1, НТ2, НТ3, НТ4, на выходе которых устанавливаются моменты:

$$M_{Т.X(i)}(t) = M_{Д.X(i)}(t) \cdot K_T(t) \quad (9)$$

$$M_{Т.Y(i)}(t) = M_{Д.Y(i)}(t) \cdot K_T(t) \quad (10)$$

где  $K_T(t)$  — коэффициент передачи троса (принят одинаковым для всех тросов), который зависит от вре-

мени  $t$ , т.е. также является инерционным элементом всей цепи системы автоматического управления.

Моменты  $M_{TX(t)}(t)$ ,  $M_{TY(t)}(t)$  воздействуют на координаты  $X(t)$  и  $Y(t)$  местоположения земснаряда, которые в виде сигналов электромагнитных волн излучаются передатчиком GPS земснаряда системы GPS навигатора, принимаются спутником GPS, обрабатываются, излучаются в виде электромагнитных волн и принимаются приёмником GPS земснаряда, на выходе которого образуются сигналы  $U_{u.X}(t)$  и  $U_{u.Y}(t)$  фактических координат  $X(t)$  и  $Y(t)$  местоположения земснаряда.

Таким образом, разностные сигналы  $\Delta U_X(t)$ ,  $\Delta U_Y(t)$ , формирующиеся на выходе вычитающих устройств, стремятся стабилизировать курс земснаряда, определяемый сигналами  $U_{z.X}(t)$ ,  $U_{z.Y}(t)$ , согласно схеме стабили-

зации, представленной на рисунке 1, и алгоритму, представленному на рисунке 2.

Представленная на рисунке 3 простейшая функциональная схема устройства автоматической стабилизации координат  $X(t)$ ,  $Y(t)$  местоположения земснаряда в совокупности с формулами (1) — (10) позволяет рассчитать переходные процессы, устойчивость к самовозбуждению системы автоматического регулирования, поскольку она охвачена отрицательной обратной связью, запас устойчивости, а также определить параметры ВУ, требуемые алгоритм управления и структуру регулятора.

В качестве ВУ и регулятора можно использовать аналоговые приборы, например, операционные усилители, или цифровую технику, например, цифровые автоматы или микроконтроллеры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Watermaster. Информационный бюллетень. 2014. — 7 с.
2. Государственная программы Российской Федерации «Развитие судостроения на 2013–2030 годы». — 189 с.
3. Соляков О. Спутниковая навигация и управление движением речных судов: концептуальные подходы. — Мир транспорта, 2015, т. 13, № 6, с. 172–179.
4. Карлашук В.И., Карлашук С. В. Спутниковая навигация. Методы и средства. — М.: СОЛОН-Пресс, 2006. — 176 с.

© Сабуров Сергей Валерьевич ( sssssaaaaabbbbbb@mail.ru )

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

