

Министерство транспорта Российской Федерации  
Морской государственный университет имени адмирала Г.И.Невельского

## **АВТОРУЛЕВОЙ "АИСТ"**

Методические указания для индивидуальных занятий по курсу “Технические средства судовождения”  
Специальность 24.02.01

Владивосток  
2002

УДК 629. 123. 014. 6

Авторулевой “АИСТ”. В.Ф. Полковников. – Владивосток: МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2002.- 26 с.

Методические указания содержат основные сведения по устройству, принципу работы, эксплуатации авторулевого “АИСТ” и могут быть использованы при самостоятельном изучении этого прибора.

Содержание указаний разбито на отдельные разделы, в которых дается последовательное описание изучаемых вопросов.

Методические указания предназначены для курсантов и студентов заочного факультета судоводительской специальности.

Рецензент, к.т.н., ст.преподаватель кафедры судовождения  
Комаровский Ю.А.

© В.Ф. Полковников  
© МГУ им.адм. Г.И. Невельского

## СОДЕРЖАНИЕ

ВЕДЕНИЕ	4
1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
2. ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОРУЛЕВОГО, КОМПЛЕКТАЦИЯ, УСТРОЙСТВО ОТДЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	9
2.1 Техничко-эксплуатационные характеристики	9
2.2 Состав комплекта авторулевого	10
2.3 Устройство приборов комплекта авторулевого	12
2.3.1 Пульт управления	12
2.3.2 Пульт следящего управления	14
2.3.3. Исполнительный механизм	14
2.3.4. Рулевой датчик	16
3. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОРУЛЕВОГО	18
4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОРУЛЕВОГО	22
Подготовка авторулевого к работе	22
Обслуживание авторулевого во время эксплуатации	24

## **ВВЕДЕНИЕ**

Методические указания предназначены для курсантов и студентов заочного факультета судоводительской специальности, изучающих электронavigационные приборы, и имеет цель – помочь им в изучении одного из важных навигационных приборов – авторулевого.

Методические указания включают основные вопросы по устройству и эксплуатации авторулевого "Аист" и могут быть использованы при самостоятельном изучении этого прибора.

Содержание указаний разбито на отдельные разделы, в которых дается последовательное описание изучаемых вопросов. В конце каждого раздела приведен перечень контрольных вопросов для проверки степени усвоения изучаемого раздела.

При изучении авторулевого кроме данных методических указаний необходимо использовать действующие приборы, атлас электронavigационных приборов.

Форма отчетности после изучения раздела – письменный отчет и собеседование с преподавателем.

Срок сдачи каждого раздела определяется графиком учебного процесса.

# 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Одним из основных приборов, получающих информацию от гирокомпаса, является авторулевой. Авторулевым называется устройство, позволяющее управлять судовым рулевым приводом и представляющее собой систему автоматического регулирования, состоящую из элементов преобразования и управления.

Современные авторулевые позволяют:

- автоматически удерживать судно на заданном курсе;
- автоматически учитывать снос судна;
- автоматически изменять курс судна на определенную величину, заданную судоводителем;
- управлять судовым рулевым приводом вручную;

В настоящее время на современных судах морского флота в основном используется авторулевой "Аист".

Поэтому для изучения работы авторулевого целесообразно рассмотреть систему регулирования в целом. Для этого составим упрощенное уравнение системы стабилизации судна на курсе. При решении поставленной задачи обратимся к рис.1.1.

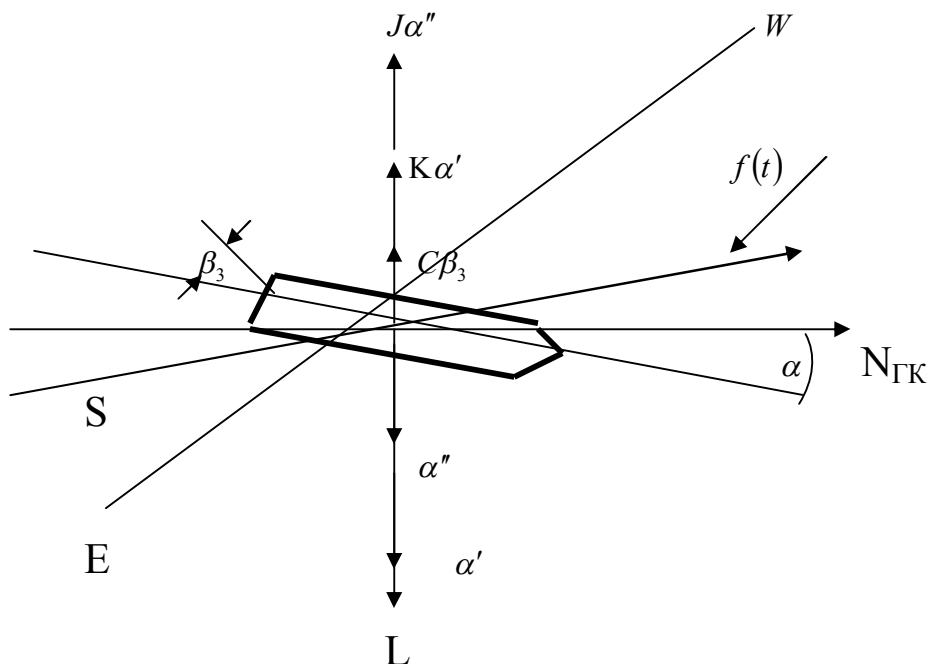


Рис. 1.1. К составлению упрощенного уравнения системы стабилизации судна на курсе

Предположим, что судно двигалось каким-то определенным гирокомпасным курсом (ГКК). В какое-то время ( $t$ ) под воздействием внешних факторов  $f(t)$  (волнение, ветер, реакция винта и т.д.) судно начало уходить с курса. Уг-

ловое отклонение судна от линии курса обозначим углом  $\alpha$ . Боковое смещение судна с линии курса для простоты не учитываем. Уход судна с курса вызовет появление угловой скорости ( $\alpha'$ ) и углового ускорения ( $\alpha''$ ). Относительно вертикальной оси судна, проходящей через его центр тяжести, будут действовать следующие моменты.

$C\beta_3$  – момент, создаваемый пером руля ;

$K\alpha'$  – момент сопротивления вращению судна ;

$J\alpha''$  – инерционный момент.

Приравняв сумму этих моментов к моменту, вызываемому внешними воздействиями ( $L$ ), получим следующее уравнение моментов :

$$J\alpha'' + K\alpha' + C\beta_3 = L,$$

где  $J$  – момент инерции судна ;

$K$  - коэффициент пропорциональности.

В авторулевых могут использоваться три основных закона регулирования:

– пропорциональный (П)

$$\beta_3 = K_1\alpha,$$

где  $K_1$  – коэффициент обратной связи по курсу.

– пропорционально-дифференциальный (ПД)

$$\beta_3 = K_1\alpha + K_2\alpha',$$

где  $K_2$  – коэффициент обратной связи по угловой скорости поворота судна.

– пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД)

$$\beta_3 = K_1\alpha + K_2\alpha' + K_3 \int \alpha \cdot dt.$$

Рассмотрим работу авторулевого при этих законах регулирования, используя следующую функциональную схему (рис. 1.2).

В случае пропорционального закона регулирования ( $\beta_3 = K_1\alpha$ ), при отклонении судна от заданного курса в блоке формирования закона регулирования (ФЗР) вырабатывается электрический сигнал, соответствующий заданному значению угла перекладки пера руля. Этот сигнал поступает на вход следящей системы, где складывается с сигналом внутренней обратной связи, имеющим обратный знак.

Сигнал с выхода усилителя подается на исполнительный механизм, который приводит в действие рулевую машину. Начинается перекладка руля, которая продолжается до тех пор, пока сигнал с выхода формирователя сравнивается с сигналом внутренней обратной связи. При этом условии сигнал на входе следящей системы станет равным нулю.

Под действием переложеного пера руля судно начнет возвращаться на заданный курс. В этом случае происходит уменьшение управляющего сигнала  $\beta_3$  по отношению к сигналу внутренней обратной связи. Поэтому сигнал на входе следящей системы поменяет знак, что заставит перо руля возвращаться в исходное положение. При этом уменьшается сигнал внутренней обратной связи. Перекладка пера руля прекратится, когда оба сигнала вновь уравняются.

При пропорциональном законе регулирования не происходит одержание судна, т.е. перо руля работает без упреждения.

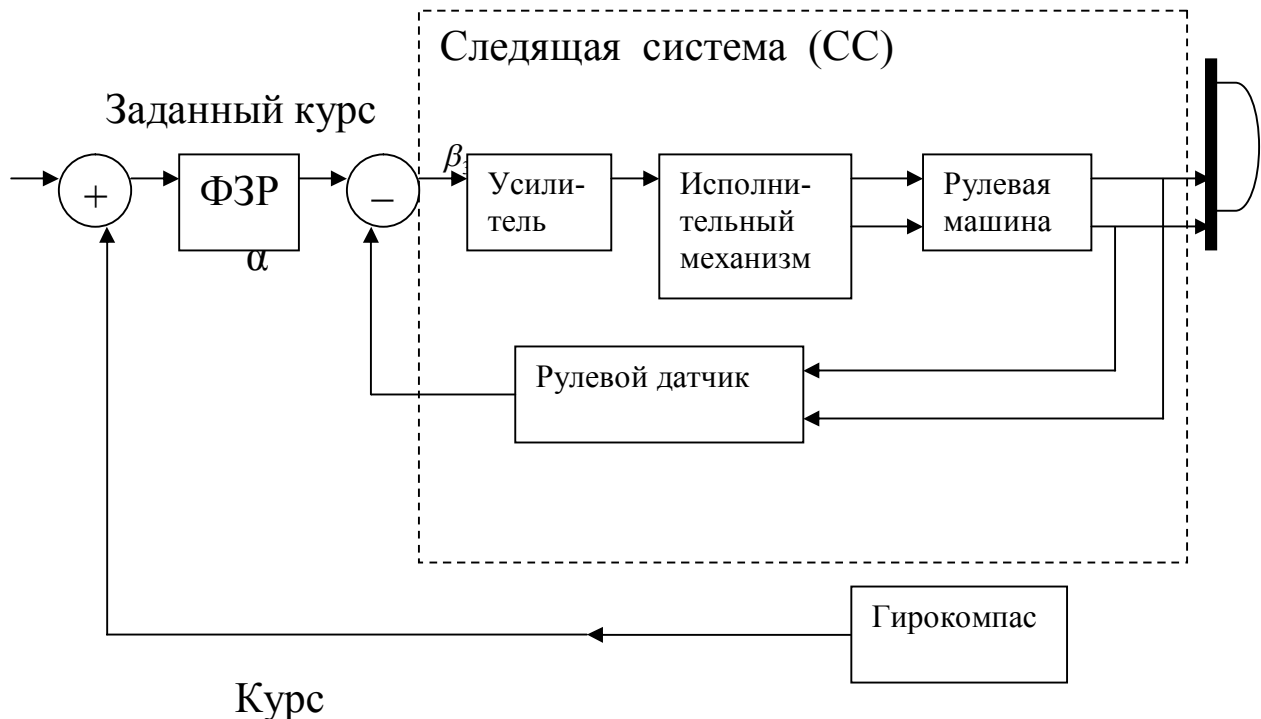


Рис. 1.2 Функциональная схема авторулевого

При пропорционально-дифференциальном законе регулирования ( $\beta_3 = K_1\alpha + K_2\alpha'$ ) повышается устойчивость судна на курсе и улучшается качество управления. Дополнительный сигнал, в данном случае сигнал, пропорциональный угловой скорости отклонения судна ( $K_2\alpha'$ ), определяют либо путем дифференцирования курсового сигнала, снимаемого с гирокомпаса, либо путем подключения к схеме управления измерителя угловой скорости поворота судна (гиротахометра). При наличии в схеме авторулевого дифференцирующего устройства, им формируется соответствующий сигнал, вид которого показан на рис. 1.3.

Этот сигнал позволяет осуществлять "одерживание" (демпфирование) судна при выходе его на заданный курс.

Допустим, что угол  $\alpha$  и угловая скорость  $\alpha'$  изменяются так, как показано на рис.1.3. В промежутке времени  $0 - t_1$ , угол отклонения и угловая скорость имеют одинаковые знаки. Следовательно, сигнал управления в этом промежутке за счет введения производной увеличивается и руль переключается на большую величину, чем при управлении только по углу отклонения. Благодаря форсированному действию руля судно отклоняется от линии курса на значи-

тельно меньший угол, и с момента времени  $t_1$  судно начинает возвращаться к линии заданного курса.

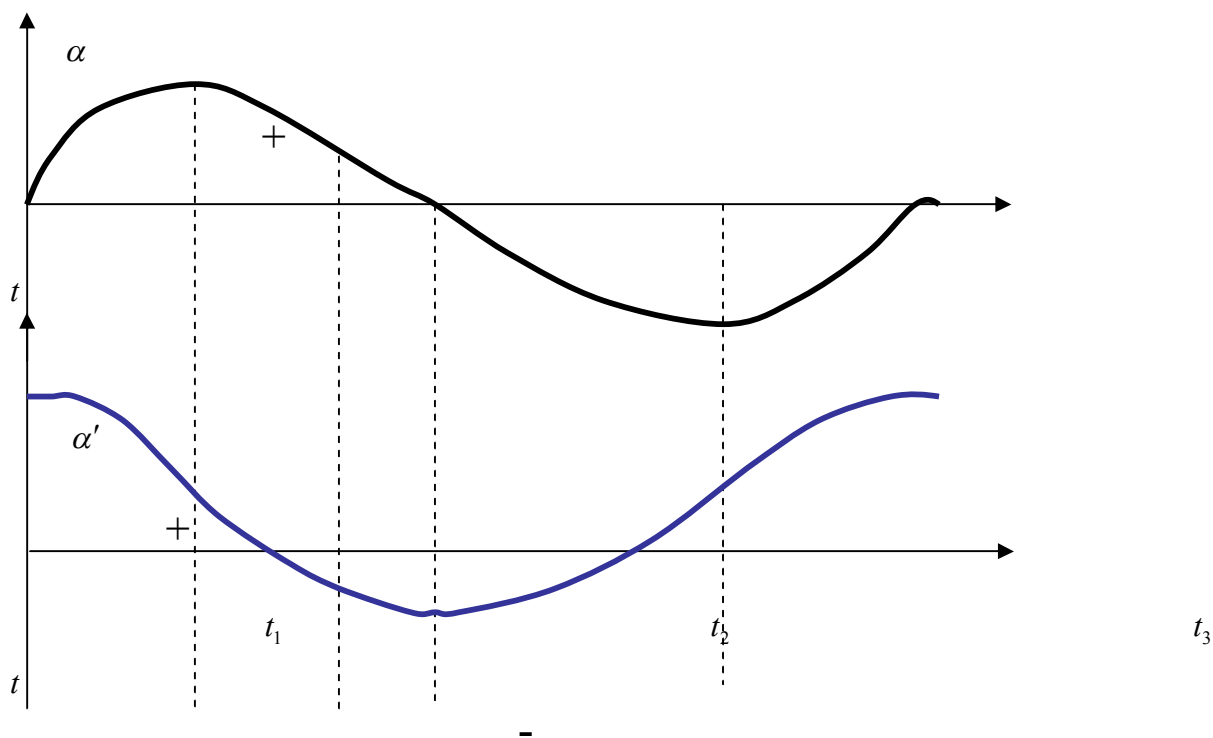


Рис. 1.3 Графики изменения сигналов

В этот момент ( $t_1$ ) знак производной ( $\alpha'$ ) меняется на противоположный, а знак угла отклонения остается тем же. Поэтому в промежутке времени  $t_1 - t_2$  управляющий сигнал уменьшается быстрее по сравнению с тем случаем, когда управление производилось только по величине угла отклонения судна от заданного курса. Следовательно руль, в данном случае будет быстрее возвращаться в исходное положение. В момент времени  $t_2$  значение отрицательного сигнала угловой скорости отклонения равно значению положительного сигнала угла отклонения и руль оказывается в нейтральном положении, хотя в этот момент времени судно еще не вышло на заданный курс. В момент времени  $t_3$  судно выйдет на линию заданного курса, но руль уже будет заложен на некоторый угол противоположного борта. Следовательно, при законе ПД регулирования осуществляется автоматическое "одрержание" судна при выходе его на заданный курс.

Параметр  $K_2$  настраивается в зависимости от изменений условий плавания судна. В обычных авторулевых эту настройку производят вручную.

При пропорционально-дифференциальном законе регулирования система имеет статическую ошибку, которая обусловлена несимметричным рысканием судна на курсе вследствие асимметрии обводов корпуса, одностороннего вра-



щения винта, ветрового и др. воздействий. Для устранения статической ошибки в закон управления вводят дополнительный сигнал, пропорциональный интегралу от значения курса по времени.

$$\beta_3 = K_1\alpha + K_2\alpha' + K_3\int_0^t \alpha \cdot dt ,$$

где  $K_3$  – коэффициент передачи по интегралу от рыскания судна.

В этом случае реализуется третий закон регулирования – пропорционально-интегрально-дифференциальный, при котором производится постоянное для данных условий смещение положения руля относительно диаметральной плоскости судна. Значение и знак этого смещения позволяет устранить несимметричное воздействие на судно. Сигнал  $K_3\int_0^t \alpha \cdot dt$  формируется интегрирующим устройством.

## **2. ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОРУЛЕВОГО, КОМПЛЕКТАЦИЯ, УСТРОЙСТВО ОТДЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ**

Цель работы: Изучить основные технико-эксплуатационные характеристики авторулевого, состав комплекта, устройство приборов комплекта.

Необходимые пособия и лабораторное оборудование:

1. Стенд с комплектом авторулевого.
2. Атлас электронavigационных приборов.

### **2.1. Техничко-эксплуатационные характеристики авторулевого**

Авторулевой "Аист" предназначен для стабилизации судна на заданном курсе и устанавливается на судах неограниченного района плавания, имеющих электрогидравлическую рулевую машину.

Средняя величина рыскания в автоматическом режиме (при оптимальных положениях регуляторов) равна примерно  $\pm 1^\circ$  при волнении моря до 3 баллов и не превышает  $\pm 3^\circ$  при волнении в 5 баллов. Когда волнение выше 5 баллов, авторулевой обеспечивает надежное удержание судна на курсе, но величина рыскания при этом будет более  $\pm 3^\circ$ .

При любом виде управления максимальный угол перекладки руля не превышает  $35^\circ$ . Данная система является самосинхронизирующейся, т.е. все оперативные переключения (переход с пульта на пульт, с одного вида управления на другой, с одного канала управления на другой) осуществляется при любом по-

ложении руля и не требуют дополнительных операций по согласованию системы.

Схемой авторулевого "Аист" предусмотрены следующие виды управления: автоматический, следящий, простой и ручной.

Величина разовой поправки к курсу при автоматическом виде управления  $\pm 35^\circ$ , изменение коэффициента обратной связи (КОС) обеспечивается в пределах 0,2 – 2.

Авторулевой имеет определенное количество модификаций, имеющих свой индекс и отличающихся входящими в состав системы приборами.

Индекс авторулевого "Аист" состоит из трех знаков, которые означают следующее:

- первая цифра указывает тип насосного агрегата, например 1 – насос переменной производительности, 2 – насос постоянной производительности ;

- вторая цифра соответствует количеству пультов автоматического управления;

- третья цифра указывает на количество пультов следящего управления.

Авторулевой "Аист 1-11" работает с насосом переменной производительности, содержит один пульт автоматического управления и один пульт следящего управления.

Если пульт управления авторулевого выполнен в виде секции общесудового пульта, то в конце индекса ставится буква "П", если авторулевой предназначен для управления двумя рулевыми машинами, то в конце индекса ставится буква "Д". Например: "Аист 1-10 П", "Аист 1-10 Д". Если авторулевой работает на электрогидравлическую рулевую машину с электрогидропреобразователем, то в конце индекса ставится буква "К", например "Аист 2-10 К"

## **2.2. Состав комплекта авторулевого**

В комплект авторулевого входят следующие приборы (рис. 2.1):

1. Пульт управления (ПУ). Является основным прибором. Обеспечивает автоматическое удержание судна на заданном курсе (автоматический режим), а так же осуществляет следящий и простой вид управления рулевой машиной. ПУ устанавливается в рулевой рубке.

2. Пульт следящего управления (ПСУ). В ПСУ в отличие от ПУ отсутствует вид управления "Автомат" и элементы, блоки и узлы, относящиеся к этому режиму работы. Устанавливается на верхнем мостике (если в комплекте имеется ПУ).

3. Исполнительный (ИМ) служит для управления насосом. Располагается в румпельном отделении. В комплект авторулевого входят, как правило, два ИМ.

4. Рулевой датчик (РД) служит для выработки сигнала обратной связи и сигнала о положении пера руля. Устанавливается в румпельном отделении и механически связан с баллером руля.

В зависимости от типа насоса в авторулевых могут применяться ИМ-1 или ИМ-2. ИМ-1 предназначен для управления работой насоса регулируемой

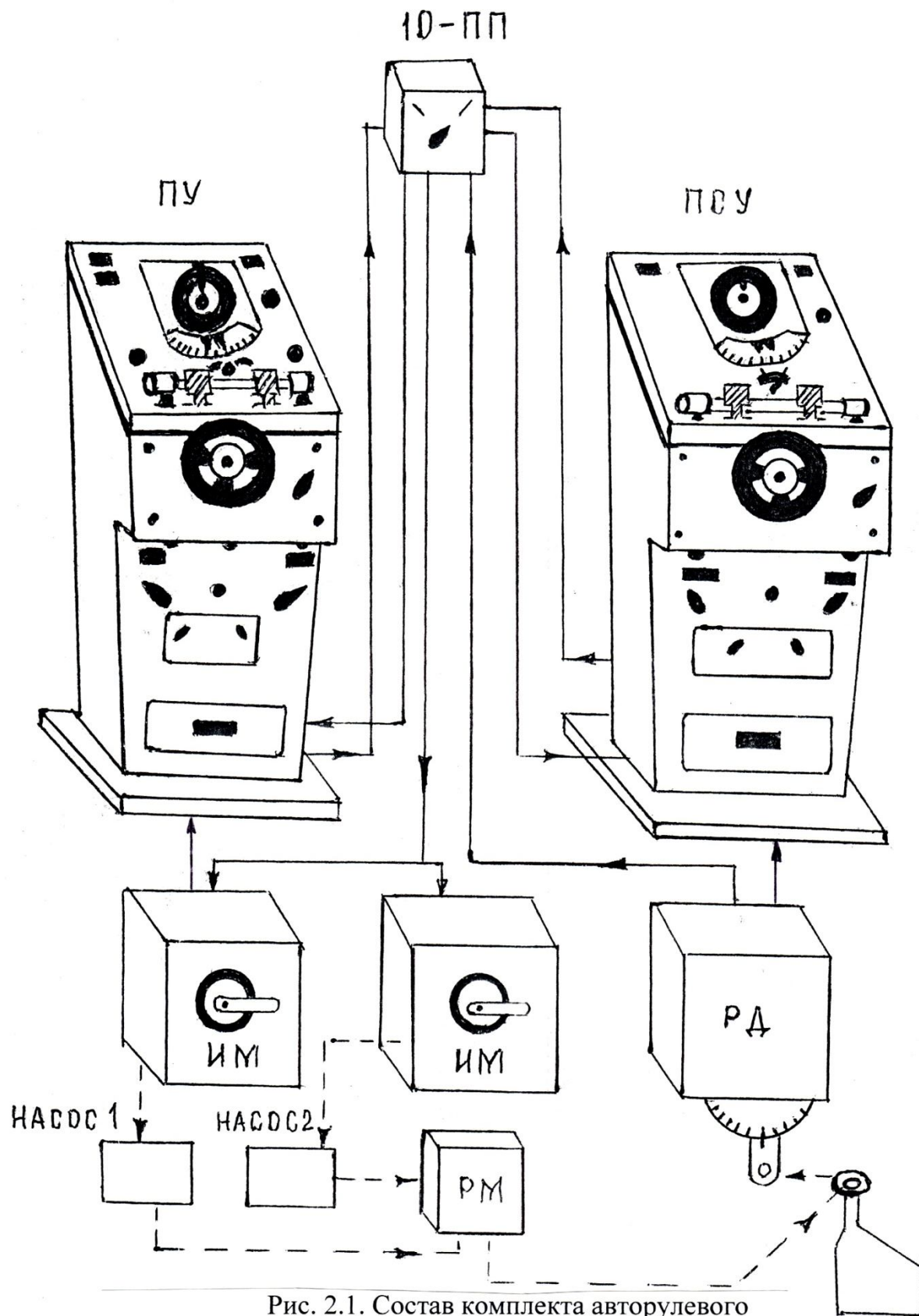


Рис. 2.1. Состав комплекта авторулевого

производительности. ИМ-2 предназначен для управления золотниковым устройством насоса постоянной производительности.

Помимо рассмотренных приборов, в комплект авторулевого "Аист" могут дополнительно входить:

а) соединительный ящик (СЯ), предназначенный для разветвления электрических цепей;

б) станция электроэлементов (СЭ), которая содержит ряд устройств, обеспечивающих работу схемы;

в) при наличии в комплекте ПУ и ПСУ в состав входит переключатель пультов (10-ПП), обеспечивающий переключение этих приборов.

Насос 1, насос 2 и рулевая машина (РМ) в комплект авторулевого не входят.

## **2.3. Устройство приборов комплекта авторулевого**

### **2.3.1. Пульт управления**

Пульт управления (рис.2.2) является основным прибором системы, с которого осуществляются все виды дистанционного управления рулем.

Корпус прибора литой, водозащищенного исполнения. К палубе прибор крепится четырьмя болтами без амортизаторов. В приборе ПУ имеются три основные крышки : верхняя, средняя и нижняя. Верхняя и средняя крышки поворачиваются на петлях, причем верхняя крышка может фиксироваться в открытом положении, нижняя – съемная. В средней крышке имеется небольшая дополнительная крышка (1) для доступа к предохранителям.

На верхней крышке расположены:

окно для шкал репитера гирокомпаса и положения руля (2 ;  
гнездо для согласования шкал курса, закрытое специальной крышкой (3);

рукоятка переключателя видов управления (4);

рукоятка переключателя КОС (коэффициент обратной связи) (5);

рукоятка потенциометра регулировки сигнала производной (6);

окна сигнализации ламп с надписями "Автомат", "Следящий", "Простой" (7);

поручень и педали простого вида управления (8).

На передней панели пульта расположены штурвал (9) и рукоятка механического стопора штурвала (10). Под передней панелью имеются рукоятки потенциометров регулировки освещения шкал и сигнальных ламп видов управления (11), переключатель чувствительности (12).

На средней крышке находятся рукоятки переключателей запуска электродвигателей насосов (13), окна сигнальных ламп запуска электродвигателей насосов (14), кнопка отключения сигнала перегрузки электродвигателей насосов (15), рукоятка переключателя сигнала ухода судна с курса (16).

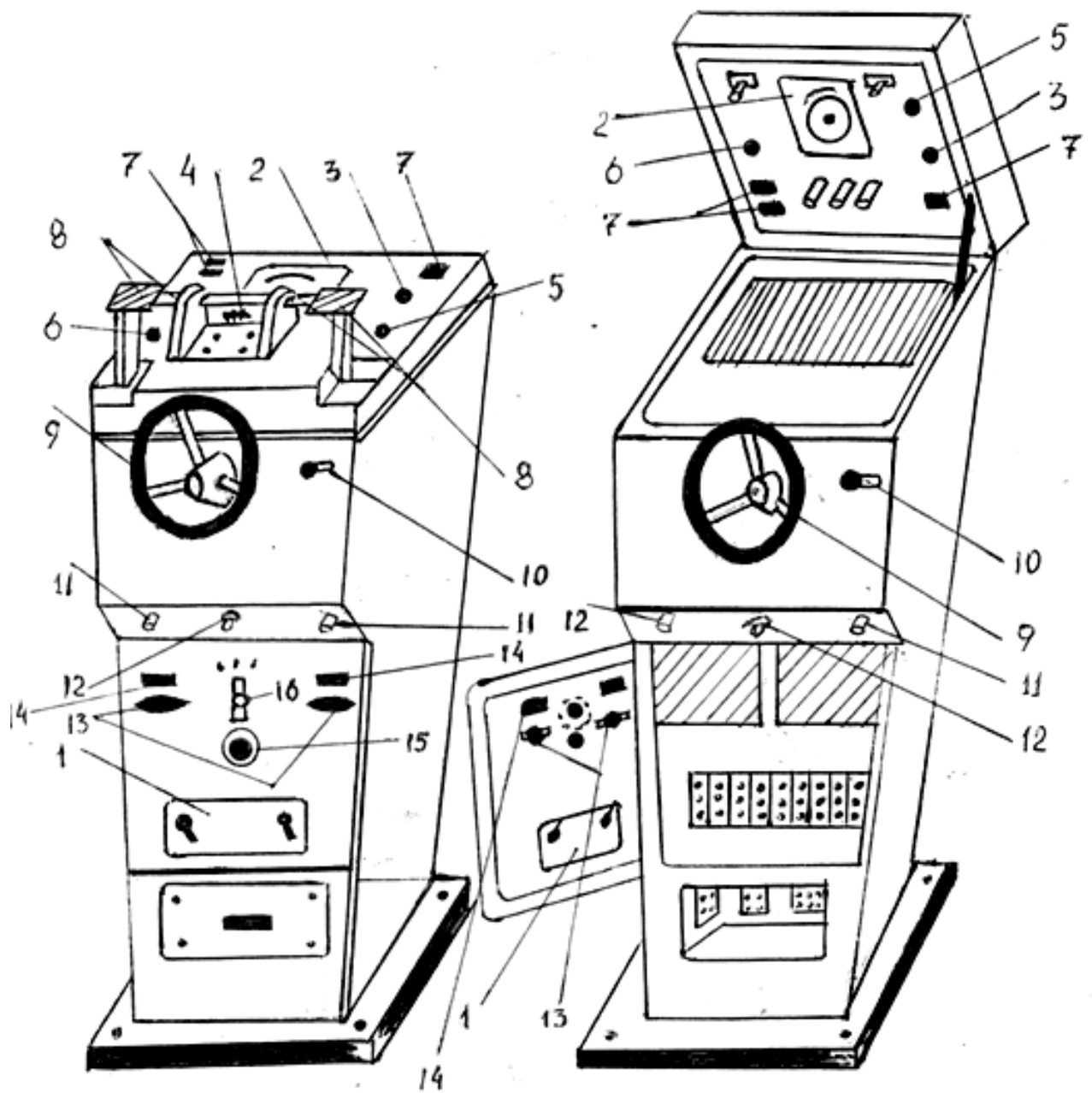


Рис. 2.2. Пульт управления

Внутри корпус прибора ПУ разделен на три самостоятельных отсека.

В верхнем отсеке расположены: механизм ПУ, объединяющий в себе электромеханические элементы, силовые трансформаторы для питания схемы, усилитель для возврата штурвала в исходное положение, два потенциометра регулировки освещения шкал и сигнальных ламп видов управления, переключатель чувствительности системы.

В среднем отсеке расположены два усилителя и два блока коррекции решающих схем обоих каналов управления.

Нижний отсек предназначен для ввода внешнего кабеля.

### 2.3.2. Пульт следящего управления

В пульте следящего управления (ПСУ) (рис.2.3), в отличие от пульта управления (ПУ) отсутствует вид управления "Автомат" и все элементы, блоки и узлы, относящиеся к этому режиму работы.

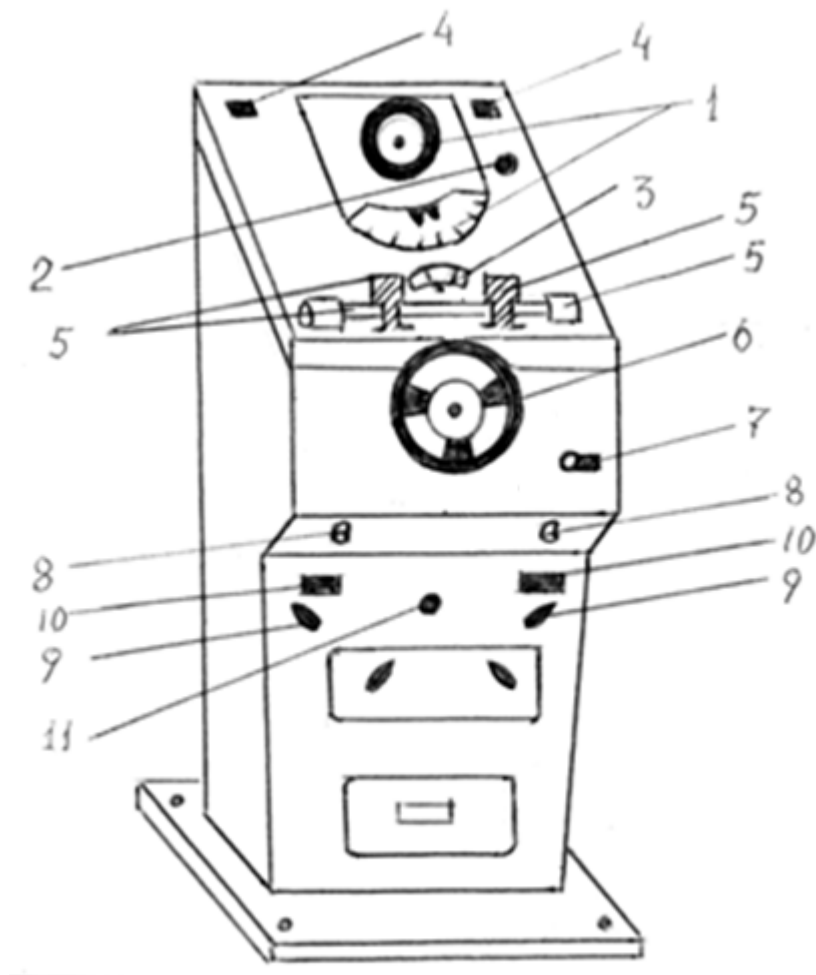


Рис.2.3. Пульт следящего управления

Конструкция, внешний вид и корпус ПСУ аналогичны ПУ. На верхней крышке расположены:

- окно для шкал репитера гирокомпаса и положения руля (1);
- гнездо для согласования шкал курса (2), закрытое крышкой;
- рукоятка переключателя видов управления (3);
- окна сигнальных ламп с надписями "Простой", "Следящий" (4);
- деревянный поручень и педали вида управления "Простой" (5).

На внутренней стороне крышки смонтированы:

- переключатель видов управления;
- микровыключатели вида управления "Простой";
- сигнальные лампы видов управления.

На передней панели пульта находятся штурвал управления (6) и рукоятка механического стопора (7). Под передней панелью расположены рукоятки потенциометров регулировки освещения шкал и сигнальных ламп видов управления (8).

На средней крышке находятся:

- рукоятки переключателей запуска электродвигателей насосов (9);
- окна сигнальных ламп запуска электродвигателей насосов (10);
- кнопка для снятия звукового сигнала (11).

Внутри корпуса прибор разделен на три отсека. В верхнем отсеке расположены: механизм ПСУ, объединяющий в себе все электромеханические элементы, силовые трансформаторы для питания схемы, усилитель для возврата штурвала в исходное положение, два резистора регулировки освещения шкал и сигнальных ламп видов управления.

В среднем отсеке расположены два усилителя обоих каналов управления.

В нижнем отсеке расположены сальники и клеммные платы для ввода и подключения внешнего кабеля.

Конструкция ПСУ для управления рулевой машиной, имеющей один насосный агрегат, незначительно отличается от конструкции ПСУ для управления рулевой машиной, имеющей два насосных агрегата.

### 2.3.3. Исполнительный механизм

Исполнительный механизм (ИМ) обеспечивает управление работой насоса рулевой машины (в комплекте насос отсутствует) (Рис. 2.4).

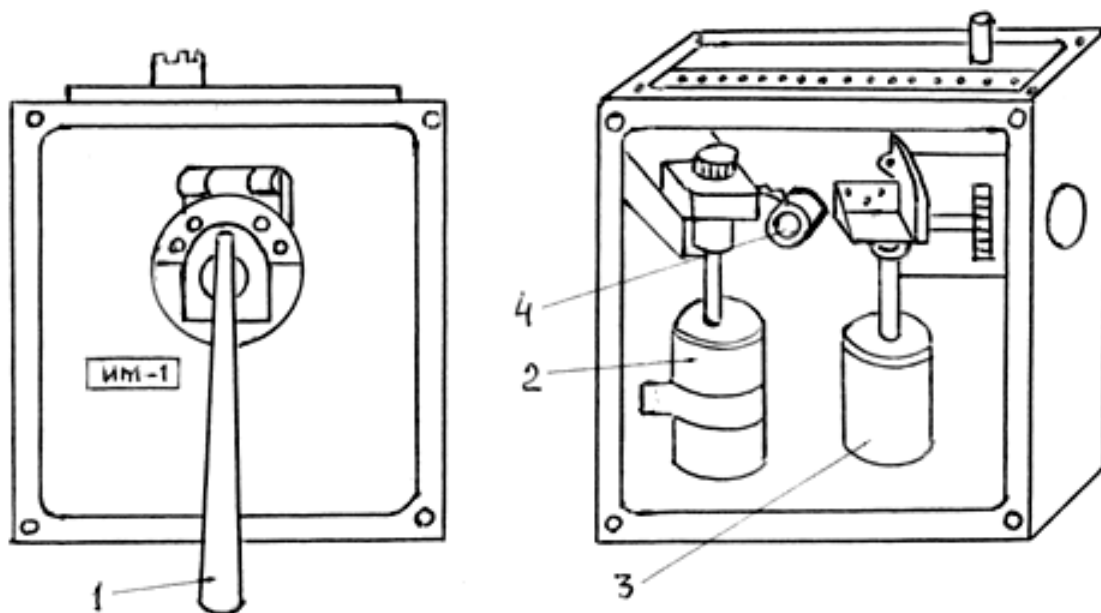


Рис. 2.4. Исполнительный механизм

В зависимости от типа насоса в авторулевом могут использоваться ИМ-1 (при управлении работой насоса регулируемой производительности) или ИМ-2 (при управлении золотниковым устройством насоса постоянной производительности).

Конструктивно приборы ИМ-1 и ИМ-2 выполнены одинаково. Отличие их только в том, что выходным элементом у прибора ИМ-1 является валик, а у ИМ-2 рейка.

Поворот выходного валика ИМ-1 может регулироваться в пределах  $\pm 15^\circ \div 30^\circ$  в зависимости от установки механического ограничителя. Прибор (рис.2.4) состоит из корпуса и двух съемных крышек. На передней крышке расположены рукоятка ручного (местного) управления (1). В приборе установлены : электродвигатель типа АДП-262 (2), датчик обратной связи (3), нулевой установитель (4), фрикционная муфта.

В отличие от ИМ-1 прибор ИМ-2 обеспечивает перемещение рейки в пределах  $\pm 3 \div 10$  мм.

Фрикционная муфта дает возможность управлять насосом с помощью рукоятки ручного управления.

В комплект авторулевого обычно входят два исполнительных механизма, т.к. он имеет два независимых канала управления.

### 2.3.4. Рулевой датчик

Рулевой датчик (РД) служит для выработки сигнала отрицательной обратной связи, пропорционального углу перекладки руля, и сигнала истинного положения руля для рулевых указателей.

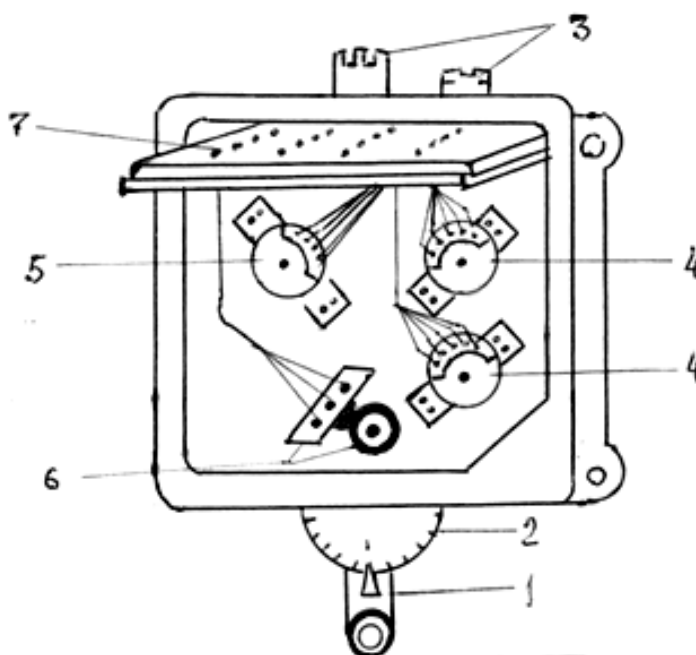


Рис.2.5. Рулевой датчик



Рулевой датчик (РД) (рис.2.5) состоит из корпуса и крышки. В нижней части корпуса выведен валик с рычагом (1), который кинематически связан с баллером руля. Над рычагом расположена шкала положения руля (2). На стенке корпуса РД расположены сальники для ввода кабелей (3). Прибор устанавливается в румпельном отделении.

В корпусе прибора установлены два сельсина Сс2 и Сс3 для выработки сигналов обратной связи (4), пропорциональных углу перекладки руля, сельсин Сс1, являющийся датчиком рулевых указателей (5), электрические ограничители предельного угла поворота руля (6), состоящие из микровыключателей и кулачков, клеммные платы (7). Механическая часть закрывается кожухом.

Контрольные вопросы:

1. Какие законы регулирования могут использоваться в авторулевых?
2. Сколько видов управления имеет авторулевой "Аист"?
3. Какую функцию выполняет рулевой датчик, входящий в комплект авторулевого?
4. Какие электрические машины расположены в рулевом датчике?
5. Для чего служит сельсин Сс3 в ПУ?
6. Назовите основные органы управления, расположенные на ПУ.

### **3. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОРУЛЕВОГО**

Цель работы: Изучить функциональную схему авторулевого.

Необходимые пособия и лабораторное оборудование:

1. Стенд с комплектом авторулевого.
2. Функциональная схема авторулевого.

Авторулевой "Аист" имеет три основных вида управления : автоматический, следящий, простой.

А в т о м а т и ч е с к и й вид управления позволяет обеспечить автоматическое удержание судна на заданном курсе и осуществляется следующим образом.

Отклонение судна от заданного курса фиксируется гирокомпасом, который через сельсин – датчик разворачивает роторы сельсинов Сс1 и Сс5 в ПУ (рис.3.1). Сельсин Сс1 при этом развернет шкалу грубого и точного отсчета курса. Сельсин Сс5 через механический дифференциал развернет ротор сельсина Сс3 и связанный с ним подвижный индекс. Переменное напряжение  $I_1$  с выходной обмотки сельсина Сс3 пропорциональное углу отклонения судна от курса, поступает на вход блока коррекции и затем в суммирующую схему. Блок коррекции вырабатывает сигналы  $I_2$  и  $I_3$  , пропорциональные первой произ



водной от угла изменения курса и интегралу от угла изменения курса. На входе усилителя появится напряжение, равное сумме вышеуказанных сигналов. Усиленный по напряжению и мощности сигнал с выхода усилителя поступает на управляющую обмотку двигателя в исполнительном механизме (ИМ), который начинает смещать управляющий орган насоса из нулевого положения, и руль будет переключаться в таком направлении, чтобы судно возвращалось на заданный курс. При переключке руля с выходных обмоток сельсинов Сс1 в ИМ и Сс3 в рулевом датчике (РД) будут сниматься напряжения  $I_4$  и  $I_5$ , пропорциональные углу отклонения валика насоса и углу отклонения пера руля. Эти напряжения с обратным знаком будут подаваться на сумматор, т.е. суммарное напряжение на входе усилителя будет:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5.$$

Через некоторый момент времени, когда напряжение на входе усилителя станет равным нулю, т.е. когда будет выполнено равенство  $I_1 + I_2 + I_3 = I_4$ , а  $I_5 = 0$ , переключка руля прекратится и под действием момента, создаваемого переложением рулем, судно прекратит отклонение от курса и начнет возвращаться на курс. Гироскоп через сельсин-датчик будет разворачивать роторы сельсинов Сс1 и Сс5 в обратном направлении. Сельсин Сс5 через механическую передачу начнет также разворачивать ротор Сс3 в обратном направлении. При этом напряжение сигнала производной  $I_2$  в блоке коррекции (БК) изменит свою фазу и это приведет к тому, что руль придет в диаметрально противоположную плоскость раньше, чем оно возвратится на заданный курс и будет переключаться на другой борт, чтобы воспрепятствовать переключке судна через линию заданного курса, т.е. произойдет "одерживание" судна.

Для различных условий плавания и в зависимости от гидродинамических свойств судна, при одном и том же угле отклонения судна от курса, требуется различная величина угла переключки руля для возвращения судна на заданный курс. Эта регулировка осуществляется с помощью регулятора коэффициента обратной связи (КОС) и производится путем изменения напряжения возбуждения сельсина Сс3 в рулевом датчике. Различное напряжение возбуждения снимается с трансформатора Тр5 через регулятор КОС.

Автоматический вид управления используется в открытом море, при хорошей видимости и при отсутствии близкорасположенных навигационных опасностей.

С л е д я щ и й вид управления используется при швартовках судна, проходе узкостей и т.д.. При этом виде управления у штурвала находится матрос, а переключатель видов управления устанавливается в положение "Следящий". Управление рулем в этом случае происходит следующим образом.

При повороте штурвала на некоторый угол через кинематическую связь будет развернут ротор сельсина Сс3 и стрелка заданного положения руля. Блок коррекции в этом виде управления будет отключен. С выходной обмотки сельсина Сс3 на вход усилителя будет подано переменное напряжение  $I_1$ . Усиленный сигнал с выхода усилителя поступает на управляющую обмотку

исполнительного двигателя прибора ИМ, который начнет поворачивать управляющий орган насоса и одновременно ротор сельсина Сс1. Смещение управляющего органа насоса относительно нулевого положения приведет к переключке руля, что в свою очередь заставит развернуться ротор сельсина Сс3 в приборе РД, механически связанного с баллером руля. Выходные обмотки сельсинов Сс3 в ПУ, Сс1 в ИМ и Сс3 РД соединены последовательно между собой и подключены на выход усилителя, т.е. образуют суммирующую схему. При переключке руля на выходе усилителя будет сигнал, который определяется следующим выражением :

$$И = И_1 - И_4 - И_5 .$$

Сигналы, снимаемые с сельсинов в РД и ИМ, являются сигналами отрицательной обратной связи, и поэтому фаза этих сигналов всегда противоположна фазе сигнала, снимаемого с сельсина Сс3 в пульте управления.

При переключке руля напряжение  $И_4$  и  $И_5$  увеличивается, в то время как напряжение  $И_1$  не изменяется. Когда сумма сигналов  $И_4$  и  $И_5$  станет равной напряжению  $И_1$  управляющий орган насоса будет повернут на некоторый угол. При дальнейшей переключке руля напряжение  $И_4$  будет увеличиваться, и напряжение на входе, а следовательно, и на выходе усилителя изменит фазу. При этом исполнительный двигатель в ИМ придет во вращение и начнет перемещать управляющий орган насоса и одновременно ротор сельсина Сс1 в нулевое положение, т.е.  $И_5$  будет уменьшаться, а  $И_4$  будет по-прежнему увеличиваться. Когда  $И_4$  станет равным  $И_1$ , а  $И_5 = 0$ , двигатель остановится, управляющий орган насоса будет находиться в нулевом положении и переключка руля прекратится. В этом случае угол переключки руля будет равен углу, заданному штурвалом в ПУ. Если необходимо оставить штурвал, а следовательно и руль заложенным на некоторый угол, то его можно застопорить с помощью механического стопора, рукоятка которого выведена на переднюю панель пульта. Для ограничения угла переключки руля в пределах  $35 \pm 1^\circ$  используется механический стопор в кинематической линии, связывающей штурвал и сельсин Сс3, и, кроме того, электрические ограничители в РД.

Простой вид управления используется в том случае, если следящий вид управления по каким-либо причинам не может быть использован.

В этом случае переключатель видов управления нужно установить в положение "Простой". Управление рулевой машиной осуществляется следующим образом : при нажатии на правую педаль на ПУ замыкаются нормально разомкнутые контакты микропереключателей  $В_4$ ,  $В_5$ , которые подключают обмотку управления двигателя в приборе ИМ к трансформатору Тр1. Двигатель начинает вращаться и, сжимая пружину нулевого установителя, перемещает выходной валик прибора, а вместе с ним и управляющий орган насоса рулевой машины в соответствующую от нулевого положения сторону, что приводит к переключке руля (вправо) от диаметральной плоскости судна. Переключка руля будет осуществляться до тех пор, пока нажата педаль. При отпускании педали контакты микровыключателя  $В_4(В_5)$  размыкаются, двигатель обесточивается и

нулевой установитель возвращает управляющий орган насоса в нулевое положение, при этом перекладка руля прекращается. Для возвращения руля в ДП или для перекладки его на другой борт необходимо нажать на левую педаль. Таким образом, при виде управления "Простой" величина угла перекладки руля зависит от времени удержания педали в нажатом положении.

В авторулевом "Аист" имеется и р у ч н о й вид управления, который осуществляется непосредственно с ИМ с помощью специальной ручки, перемещающей валик насоса.

Контрольные вопросы:

1. Какие сигналы вырабатывает блок коррекции и какую функцию они выполняют?
2. Что такое коэффициент обратной связи (КОС)?
3. Назовите сигналы, используемые в режиме работы "Автомат".
4. Объясните принцип работы авторулевого в режиме "Автомат".
5. В каких случаях используется следящий и простой вид управления?
6. Объясните принцип работы авторулевого в следящем виде управления?
7. Объясните принцип управления рулевым приводом в режиме «Простой».

### **3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОРУЛЕВОГО**

Цель работы: Изучить эксплуатацию авторулевого (подготовку к работе, включение, судовые проверки и регулировки, использование регуляторов в зависимости от условий эксплуатации авторулевого).

Необходимые пособия и лабораторное оборудование:

1. Стенд с комплектом авторулевого "Аист".
2. Методические указания по авторулевым.
3. Заводская инструкция по эксплуатации авторулевого.

#### **4.1. Подготовка авторулевого к работе**

Перед выходом судна в море необходимо выполнить следующие мероприятия:

1. Произвести внешний осмотр авторулевого и убедиться в отсутствии пыли, механических повреждений, целостности сигнальных ламп, надежности контактных соединений и т.д.

2. Подать питание в схему рулевых указателей (при этом должен сработать бленкер) и убедиться, что при включении схемы рулевых указателей разность между показаниями по шкале РМ и стрелки "Истинный" не превышает  $1^\circ$ .

3. Произвести запуск насоса от местного выключателя.

4. С помощью рукоятки ручного управления насосом переложить руль на  $30^\circ$  сначала вправо, потом влево, а затем вернуть в диаметрально плоскость судна.

5. Переключить управление запуском насоса на ПУ.

6. Выключателем запуска насоса на пульте запустить насос, при этом загорается лампа сигнализации запуска насоса.

7. Проверить синхронную связь сельсина-датчика гирокомпаса и сельсина -приемника в пульте управления, согласовав их положения по шкалам. Согласование осуществляется с помощью рукоятки согласования шкал курса на пульте.

8. Проверить работу электрических ограничителей перекладки руля. Для этого необходимо нажать клавишу "Право" или "Лево" и не отпускать ее до остановки руля в положении, соответствующем показанию стрелки истинного положения руля ( $35 \pm 1^\circ$ ) "Право" или "Лево".

9. Вернуть руль в диаметрально плоскость судна и убедиться, при отпуске клавиши руль останавливается у нулевого положения с выбегом, не превышающим  $1^\circ - 2^\circ$ .

10. Поставить переключатель видов управления в положение "Следящий", при этом должна загореться сигнальная лампа "Следящий".

11. Поворотом штурвала вправо (влево) задать угол перекладки руля  $30^\circ$  и убедиться по показанию стрелки истинного положения руля, что отработка происходит с точностью  $\pm 2^\circ$ . Отпустить штурвал и убедиться в возвращении его в нулевое положение.

12. Проверить работу электрических ограничителей перекладки руля. Поворотом штурвала необходимо задать угол перекладки  $36^\circ$  и убедиться в обеспечении пределов перекладки ( $\pm 35^\circ$ ) – ( $\pm 1,0^\circ$ ).

13. Поворотом штурвала вернуть руль в диаметрально плоскость судна и проверить работу фиксаторов штурвала.

14. Поставить переключатель видов управления в положение "Автомат", при этом должна загореться сигнальная лампа "Автомат".

15. Проверить работу электрических ограничителей перекладки руля. Для этого необходимо медленно вращать штурвал влево (вправо) до прекращения перекладки руля. Пределы перекладки должны быть ( $\pm 35^\circ$ ) – ( $\pm 1,0^\circ$ ).

16. Убедиться в наличии сигнала производной. Для этого необходимо поставить ручки регулировки производной и КОС на отсчет 1. Поднять верх-

ную крышку прибора ПУ, откинуть механизм и, вращая ось сельсина-приемника гирокомпаса до  $15^\circ$  по шкале заданного положения руля, убедиться, что руль и стрелка истинного положения руля перекладываются на борт. При остановке сельсина руль и стрелка истинного положения руля должны вернуться на отсчет  $15^\circ$ .

17. Проверить работу интегрирующего устройства. Для этого необходимо установить КОС равным единице, а рукоятку "Регулировка производной" – на отсчет 0 и сместить штурвалом подвижный индекс на  $2^\circ$  вправо (влево). Стрелка заданного положения руля должна переложиться в ту же сторону, на тот же угол. Интегрирующее устройство должно медленно смещать руль в ту же сторону, что можно заметить по стрелке истинного положения руля. Убедившись в работе интегрирующего устройства, необходимо перевести переключатель видов управления в положение "Простой" и "Следящий" и проверить сброс интегрирующего устройства по возвращению стрелки истинного положения руля к  $2^\circ$ .

При работе авторулевого с рулевой машиной, имеющей два насоса, необходимо все проверки производить при работе на каждом из насосов. При наличии в авторулевом нескольких ПУ проверки необходимо производить для каждого ПУ. Если авторулевой работает с двумя рулевыми машинами, то проверки необходимо производить для каждой рулевой машины (каждого усилителя) на правый и левый борт.

## **4.2. Обслуживание авторулевого во время эксплуатации**

Для включения авторулевого необходимо:

- переключатель пультов управления, если в авторулевом имеются несколько пультов, установить в положение, соответствующее выбранному пульту;
- переключатель видов управления необходимо установить в положение "Простой";
- запустить насос.

При следовании в узкостях, швартовке и выходе из порта рекомендуется использовать вид управления "Следящий" как наиболее удобный и экономичный. В случае неисправности в следящих системах перейти на вид управления "Простой", который является резервным и позволяет выполнять все необходимые команды по маневрированию судна.

При сложных маневрах судна для обеспечения надежности управления рекомендуется запускать оба насоса, что при видах управления "Следящий" и "Простой" увеличивает скорость перекладки руля.

Рекомендуется при работе на одном насосе через каждые 12 часов переходить на другой насос для более равномерной эксплуатации оборудования.

Если предполагается следовать длительное время прямым курсом, рекомендуется применять вид управления "Автомат", освобождающий рулевого от необходимости непрерывно переключать руль.

При переходе на вид управления "Автомат" рекомендуется предварительно вывести судно на заданный курс при видах управления "Следящий" и "Простой".

Если при использовании вида управления "Автомат" требуется изменить курс и поправка к старому курсу не превышает  $10^\circ$ , то необходимо поставить подвижный индекс на значение заданного курса, и авторулевой сам выведет судно на этот курс.

КОС и величина производной подбираются в зависимости от состояния моря, угла встречи судна с волной, скорости и водоизмещения так, чтобы величина рыскания судна была наименьшей при наименьшем числе переключки руля. В тихую погоду величина КОС устанавливается, как правило, меньше единицы. Оптимальное значение КОС определяется опытным путем для каждого вида судна. С усилением волнения моря КОС увеличивают. При этом ухудшается точность удержания судна на заданном курсе, но снижается число кладок руля и уменьшается нагрузка на рулевую машину. Сигнал производной при отсутствии волнения увеличивают, а с ухудшением погоды – уменьшают. При очень сильной качке сигнал производной уменьшают до нуля. Переключатель "Грубо–Точно" в хорошую погоду устанавливают в положение "Точно".

Контрольные вопросы:

1. Как выбирается КОС и сигнал производной?
2. Какие мероприятия входят в подготовку авторулевого к работе?
3. Какие проверки выполняются в простом виде управления?
4. Какие проверки выполняются при следящем виде управления?
5. Какие проверки выполняются при автоматическом виде управления?
6. При каком угле переключки руля должны срабатывать ограничительные контакты?
7. На какой угол отклонится руль при изменении курса на  $10^\circ$ , если КОС = 0,5?
8. Как изменить курс при автоматическом виде управления?

**Список литературы:**

1. Воронов В.В. и др. Технические средства судовождения. Конструкция и эксплуатация. – М. : Транспорт, 1988.
2. Блинов И.А. и др. Электронавигационные приборы. – 4-е изд. перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1980.