

УДК:621.226

А.В. Силинг (6 курс, каф. ГМ), В.П. Коренев, к.т.н., доц.

## ПНЕВМОПРИВОД МЕХАНИЗМА ГАШЕНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ КОРПУСА СКОРОСТНОГО КАТАМАРАНА

При движении судна на носовую часть его корпуса воздействуют силы веса, подъёмная и архимедова сила, причём последние две зависят (при прочих равных условиях) от степени погружения носа судна в воду. При большой скорости движения носовая часть судна периодически поднимается над водной поверхностью, а затем под действием силы тяжести возвращается в первоначальное положение. Такие продольные колебания корпуса судна снижают скорость его движения и могут привести к нежелательному перемещению груза. Если же частота таких колебаний окажется равной или близкой частоте набегания волн при волнении водной поверхности, то колебания оказываются опасными для прочности корпуса судна и могут привести к непоправимым последствиям.

Для борьбы с такими явлениями предложен механизм, который заключается в выдвигении из кормовой части корпуса судна поперечного ребра (интерцептора) на расстояние, пропорциональное положительному углу отклонения оси корпуса от горизонта, имеющему место при задирании носа (рис.1). Вследствие набегания потока при движении судна такое ребро передаёт на корпус крутящий момент, противоположный действующему за счёт усилий на нос судна, благодаря чему амплитуда колебаний корпуса существенно уменьшается. С точки зрения безопасной эксплуатации катамарана максимальный угол наклона корпуса составляет  $\Psi_{\text{МАКС}} = +15^\circ$ , при этом интерцептор выдвигается на максимальную величину  $\lambda_{\text{МАКС}}$ ; при принятии корпусом горизонтального положения интерцептор должен быть полностью задвинут в корпус.

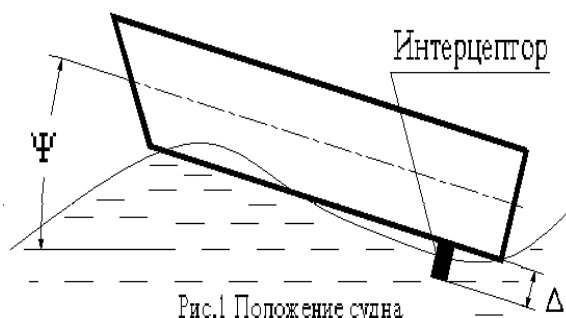


Рис.1 Положение судна

Для привода интерцептора был выбран пневмопривод исходя из следующих соображений. Во-первых, главная силовая установка судна представляет собой газотурбинную установку, снабжённую компрессором высокой производительности, поэтому отпадает необходимость иметь для привода интерцептора самостоятельный источник энергии. Во-вторых, из-за работы газотурбинной установки температура в месте расположения привода интерцептора может превышать  $100^\circ\text{C}$ , что исключает размещение там других альтернативных видов привода – электрического и гидравлического. И в третьих, пневмопривод является абсолютно чистым, с точки зрения экологии, видом привода, что исключает загрязнение окружающей среды даже при возникновении аварийной ситуации.

Выдвижение интерцептора  $\lambda$  должно происходить пропорционально углу отклонения судна от горизонтали  $+\Psi$ , то есть привод по сути должен быть следящим. Однако использование пневмопривода в качестве следящего сопряжено с определёнными трудностями. Из-за сжимаемости газовой среды и инерционности движущихся частей привода отработка управляющего сигнала в пневмоприводе происходит всегда с некоторым запаздыванием. В результате при некоторой частоте колебаний возможен такой сдвиг фаз, при котором задира-

ние носа судна будет сопровождаться задвижением интерцептора в корпус и наоборот. В таком случае работа механизма гашения продольных колебаний корпуса катамарана будет полностью нарушена, а амплитуда колебаний корпуса ещё больше возрастет.

Задачей данной работы является создание математической модели работы такого привода, с помощью которой можно будет подбирать конструктивные параметры пневмопривода (диаметр поршня, жесткость пружины и др.) так, чтобы привод надежно работал в самых неблагоприятных условиях (сильное волнение в сочетании с высокой скоростью движения судна).

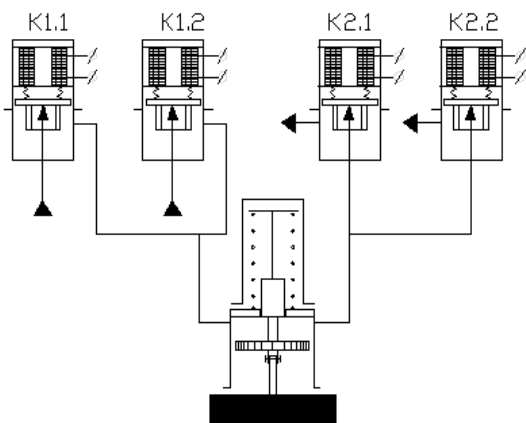


Рис. 2. Схема пневматическая принципиальная.

Интерцептор приводится в движение пневмоцилиндром одностороннего действия с возвратной пружиной. Выдвижение интерцептора осуществляется за счет создания повышенного давления в рабочей камере, втягивание — за счет энергии пружины при сообщении рабочей камеры с атмосферой. В качестве органа управления работой пневмоцилиндра используются быстродействующие пневмоклапаны, по два на впуск и выпуск газа из рабочей камеры (рис. 2). Клапаны работают в релейном (дискретном) режиме, то есть могут быть либо полностью открыты, либо закрыты. В каждой паре клапанов один (точный) имеет существенно меньшее проходное сечение сопел, чем второй клапан (грубый). Точные клапаны используются для более точного позиционирования рабочего органа пневмоцилиндра при

малых сигналах рассогласования. Управляющий электрический сигнал подается на соответствующие клапаны в зависимости от рассогласования фактического угла наклона оси судна к горизонту  $\Psi$  и требуемого для этого угла положения интерцептора  $\lambda$ . В результате имеем следующие режимы работы клапанов: при рассогласовании больше 7,5% открыты оба клапана — впуск или выпуск, в зависимости от знака рассогласования; при рассогласовании больше 3%, но меньше 7,5% точный клапан работает в частотном режиме, открываясь и закрываясь с частотой 10...12 Гц. При рассогласовании меньше 3% грубый клапан закрывается, а точный клапан остается работать в частотном режиме. При этом за 100% принимается максимально возможное для данной системы рассогласование, имеющее место при  $\Psi=0$ , а  $\lambda=\lambda_{\text{МАКС}}$  (знак рассогласования положительный) или когда  $\Psi=\Psi_{\text{МАКС}}$ , а  $\lambda=0$  (знак рассогласования отрицательный).

При составлении математической модели были сделаны следующие допущения:

- считается, что клапаны срабатывают мгновенно, т. е. открытие и закрытие сопел происходит мгновенно;
- пневмолинии короткие и их влияние не учитывается;
- датчик обратной связи идеальный и сигнал передается мгновенно;
- нагрузка на штоке постоянна;
- при совместной работе точного и грубого клапанов объемы их полостей, а также площади проходных сечений сопел, суммируются.

Изменение параметров газа (давление и температура) в газовой камере описывается двумя нелинейными дифференциальными уравнениями. В нашей схеме имеются три газовые камеры (внутренние объемы клапанов на впуске и выпуске и переменный объем рабочей ка-

меры). Для рабочей камеры добавляется уравнение движения рабочего органа. Поэтому математическая модель нашего привода описывается семью уравнениями. Но так как клапаны на впуск и выпуск никогда не работают одновременно, число уравнений в нашей системе сокращается до пяти. При этом каждый режим работы системы (впуск, выпуск воздуха) описывается своей системой уравнений.

Проведённые расчёты показали, что сдвиг фаз увеличивается по мере увеличения частоты колебаний судна, что и следовало ожидать исходя из физики происходящих процессов. Следовательно, созданная математическая модель соответствует течению реальных процессов, Решение показывает также наличие собственных колебаний интерцептора при его выдвигании и втягивании (рис. 3). Данная математическая модель может служить базой для более детального анализа работы рассматриваемого пневмопривода.

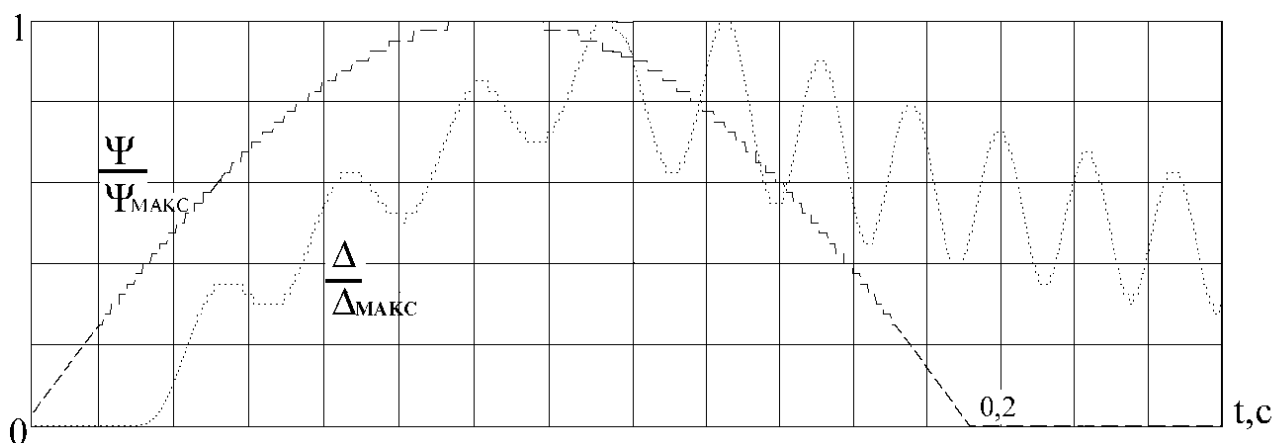


Рис 3. График перемещения инцептора при частоте внешних колебаний 2,5 Гц.

Из рис. 3 видно, что запаздывание отработки сигнала интерцептором более существенно при его втягивании и при частоте колебаний 2,5 Гц оказывается недопустимым. Следовательно, данная система работает удовлетворительно только при меньших частотах. Для удовлетворительной работы при больших частотах необходимо вносить корректировку в параметры системы.

Проведённые расчёты имеют предварительный характер, так как в действительности нагрузка на штоке не является постоянной, а зависит от величины выдвигания интерцептора и скорости судна.

Полученный материал является частью более общей задачи, ставящей целью определить частоту и амплитуду колебаний корпуса судна в зависимости от скорости движения катамарана и волнения водной поверхности. В нашем случае эти колебания считаются внешними воздействиями и потому принимаются заданными в виде гармонической функции.