

## **Режим реверсирования главного двигателя и гребного винта**

### **Особенности реверсирования 4-х и 2-х тактных двигателей.**

Перемена хода судна с переднего на задний ход и наоборот при наличии ВФШ требует реверсирования вращения гребного винта и двигателя. При реверсировании 4-х тактного двигателя требуется изменение фаз топливоподачи, газо- и воздухораспределения. Для этого на распределительном валу устанавливается по два комплекта распределительных шайб, обеспечивающих работу на передний и задний ход. При реверсе под ролики толкателей ТНВД, клапанов и воздухораспределителя подводится соответствующий комплект шайб. В 2-х тактных двигателях с контурной продувкой изменяются только фазы топливоподачи и распределения пускового воздуха (воздухораспределители). В двигателях с прямоточно-клапанной продувкой в дополнение к отмеченному требуется реверсировать фазы выпускного клапана. На распределительном валу привода клапанов имеется один комплект кулачков и при реверсировании для изменения фаз при повороте коленчатого вала распределительный вал затормаживается и это обеспечивает его смещение на заданный угол.

У двигателей фирмы МАН модельного ряда МС реверсирование ТНВД осуществляется индивидуально перестановкой промежуточного ролика. Вал привода выхлопных клапанов благодаря форме кулачной шайбы не реверсируется.

### **Условия реверсирования.**

В зависимости от обстоятельств реверсирование двигателя приходится совершать в диапазоне от нулевой скорости (судно неподвижно) до скорости полного хода. Если реверсирование в период маневров, осуществляемое при относительно небольших скоростях, особых проблем не вызывает, то реверсирование на полном ходу хоть и возможно, но может привести к серьезным механическим нагрузкам в элементах движения двигателя.

### **Этапы реверсирования**

Реверсирование начинается с того, что с двигателя снимают нагрузку, выключая подачу топлива. При этом двигатель продолжает вращаться под действием потока воды, вращающей гребной винт в прежнем направлении и момента инерции его движущихся масс. Время вращения двигателя после выключения подачи топлива до полной остановки в зависимости от массы судна и его скорости

занимает несколько минут. В ситуациях, когда необходимо быстрое реверсирование, для сокращения времени остановки двигателя с целью возможного его пуска на задний ход применяют торможение вращения вала, стопоря двигатель **контрвоздухом** посредством подачи сжатого воздуха в цилиндры двигателя через пусковые клапаны на линии сжатия.

На рисунке 1 показана продолжительность свободного вращения двигателя до полной остановки (1) и вращения с применением контрвоздуха (2).

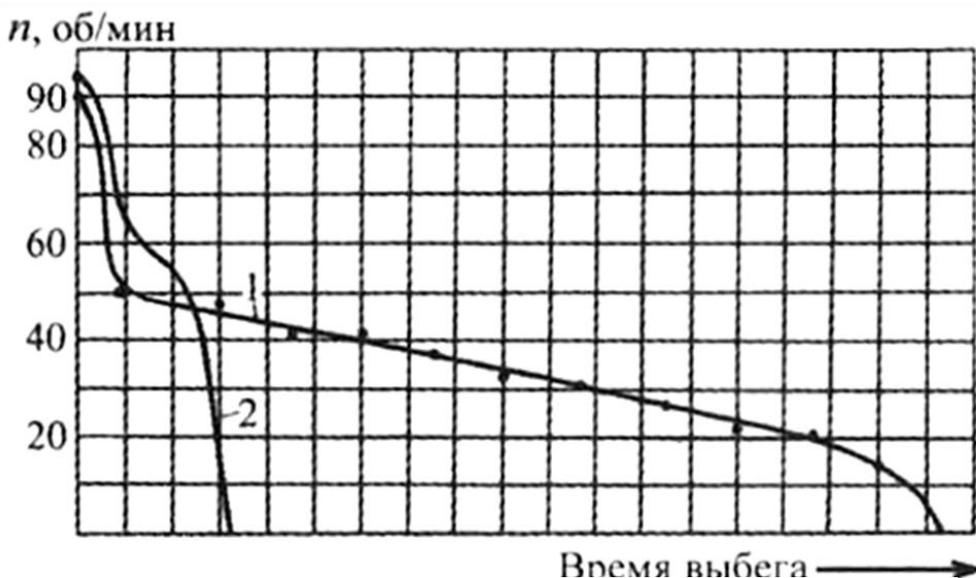


Рис. 1. Влияние подачи контрвоздуха на остановку двигателя

Логично утверждать, что и выбег корпуса судна при торможении двигателя контрвоздухом будет также меньше.

Кривые изменения момента винта при реверсировании (рис. 2) показывают, что момент винта  $M_e$  изменяет свой знак при любой скорости движения судна.

Рассмотрим процесс реверсирования со скорости полного хода вперед принимаемой за единицу ( $v=1$ ). Режим работы двигателя, соответствующий полному ходу судна, будет определяться точкой  $a$ . Процесс реверсирования можно разбить на три условных периода.

**Первый период** - при выключении подачи топлива на двигатель его частота вращения и частота вращения винта быстро падают до

60-70% частоты вращения полного хода  $n_{ном}$  (точка  $b$ ). В точке  $b$  винт начинает тормозить движение судна, момент винта  $M_e = 0$ .

**Второй условный период** работы винта соответствует участку кривой  $bcd$ . На этом участке винт приводится в движение набегающим потоком воды и работает как ротор гидротурбины, создавая отрицательный момент, который достигает максимального значения при снижении частоты вращения винта до  $n_e = (30-40\%) n_{ном}$  переднего хода (точка  $c$ ).

Отрицательное значение  $M_e$  при этом может достигнуть величины 0,8-1,0  $M_{e ном}$  полного переднего хода. При дальнейшем снижении частоты вращения (участок  $cd$ ), отрицательный момент заметно уменьшается до значения момента  $-M_d$  при частоте вращения,

равной нулю ( $n_e = 0$ ).

На участке  $bcd$  быстрая остановка винта от  $n_e$  (0,60-0,70)  $n_{ном}$  до  $n = 0$  достигается подачей контрвоздуха в цилиндры двигателя.

На этом участке двигатель создает крутящий момент, достаточный для преодоления наибольшего отрицательного момента винта, но, как

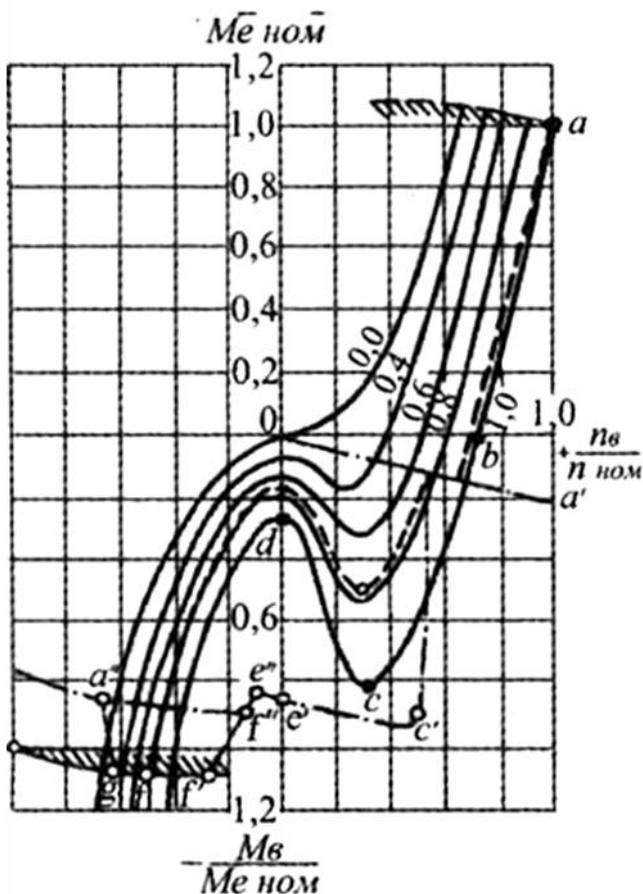


Рис. 2. Изменение момента винта в зависимости от скорости судна при реверсировании

видно из графика, наиболее эффективное и безболезненное для двигателя торможение может быть достигнуто при меньших скоростях хода судна.

**Третий условный период** реверсирования винта наступает после точки  $d$  (рис. 2), после его остановки ( $n_e=0$ ) и изменения направления вращения уже на задний ход.

Гребной винт, изменив совместно с двигателем вращение в сторону заднего хода, по-прежнему будет так как судно движется прежним курсом вперед создаваемый винтом отрицательный момент будет снова расти. В этот период валопровод подвергается действию скручивающего момента от двигателя и противоположно направленного момента винта, что может привести к значительным механическим перегрузкам как самого двигателя, так и валопровода. Действие отрицательного момента винта прекращается после того, как судно прекращает свое движение по инерции и начинает двигаться в требуемом направлении.

**Практическое замечание:** *следует избегать быстро повышать частоту вращения двигателя на задний ход при реверсировании с полного или среднего хода судна.*

При реверсировании двигателя и винта в условиях частичных скоростей хода судна характеристики имеют тот же вид, что и при  $V=1$  (рис. 2). Максимальный отрицательный момент при этом уменьшается по мере уменьшения скорости хода судна, уменьшается и частота вращения, при которой винт начинает работать как гидротурбина.

### **Реверсирование с заднего на передний**

Реверсирование винта при изменении хода судна с заднего на передний в общем случае сопровождается изменением вращающего момента, аналогичным рассмотренному ранее реверсированию с полного переднего хода на задний. Здесь отрицательный вращающий момент достигает максимальной величины во втором условном периоде кривой реверсирования. Так, при заднем ходе судна со скоростью  $V=0,6$  от полной скорости вращающий момент двигателя достигает значения  $M_{e\text{ ном}}$  уже при частоте вращения винта на передний ход, равной около  $+0,2 n_{\text{ном}}$ .