

**К ВОПРОСУ АНАЛИЗА ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ СУДНА НА ОСНОВЕ РАСЧЕТНЫХ СООТНОШЕНИЙ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ**

Обеспечение судну заданных пропульсивных качеств является важнейшей проблемной комплексной задачей при проектировании судна вообще, и особенно корабля. Процесс решения этой задачи предполагает определение главных размерений и формы обводов корпуса, определение потребной мощности и выбор силовой установки и движителя на основе чего прогнозируется скорость хода для различных значений мощности СУ.

Следует отметить, что не смотря на применяемый на современном этапе подход к решению задачи пропульсивных качеств на этапе проектирования базируется на результатах модельных гидродинамических испытаний, методика модельных испытаний и пересчета его результатов на полномасштабный объект не являются совершенными, что в свою очередь на практике приводит к завышению расчетной мощности СУ, длительному этапу доводки проектируемого объекта до заданных показателей. В том числе этими обстоятельствами обусловлена необходимость головного судна в серии [1].

Кроме этого модельный эксперимент характеризуется следующими особенностями:

- неидентичность условий проведения модельного эксперимента и испытаний полномасштабного судна;
- частичного моделирования (не полное) при проведении экспериментов в бассейне;
- применением гипотезы о возможности раздельного определения составляющих сопротивления у судна;
- различием условий и режимов обтекания моделей полномасштабного корпуса;
- невозможность обеспечения идентичности состояния поверхности корпусов модели и судна;
- принципиальной невозможностью моделирования в бассейне внешних условий, таких как ветер, волнение, течение, глубина, осадка кормой и носом.

Экспериментальное подтверждение скорости в ламинарном пограничном слое (кривая Блазиуса) приведено Шлихтингом [5] для диапазона чисел  $Re = 10^5 \dots 7 \cdot 10^5$ .

При числах  $Re > 2 \cdot 10^5$ , но  $Re < 3 \cdot 10^6$  течение в зависимости от степени шероховатости, турбулентности набегающего момента может быть либо ламинарным, либо турбулентным. Для турбулентного течения решение Блазиуса (1908 г.) [6] теряет пригодность и должно быть заменено решением, основанным на анализе турбулентных пограничных слоев [7].

Эти и другие особенности приводят к проблеме всестороннего (полного) учета масштабного эффекта и корреляции показателей различных факторов с искомыми показателями пропульсивных качеств судна.

Основным этапом, при проектировании судна, для обеспечения его пропульсивных свойств является определение гидравлического сопротивления корпуса. Применяемые в настоящее время методики [1.2] как расчетов, так и испытаний мореходных качеств судов [3] не учитывают возможный диапазон изменения температуры морской воды, которая может принимать значения от +4 °С до 32 °С.

Для оценки влияния температуры воды на точность определения гидравлического сопротивления расчетным путем проанализируем эффекты, на которые влияет  $t_w$ .

В работе [2] отмечается, что в зарубежной практике расчетов при модельных испытаниях корпусов  $\xi_t$  – коэффициент сопротивления трения – вычисляют при температуре морской воды 15 °С, а в отечественной практике температура воды, в которой плавает натуральный корабль принимается 4 °С.

Используя определенный диапазон числа  $Re$  в зависимости от температуры, определяющий вязкость ( $\Delta Re = 3,3 \cdot 10^5$ ), используя формулу для сопротивления трения принятую на Международной конференции по опытовым бассейнам в 1957 году.

$$\xi_t = \frac{0,075}{(\lg Re - 2)^2}.$$

Оценим возможную погрешность для  $Re = 10^6$ . Величина этой погрешности определяемой  $\Delta Re$  может достигать 13–14 %, и по абсолютному значению составлять  $0,63 \cdot 10^{-3} = 0,00063$ . Чтобы оценить значимость этой величины проанализируем значения коэффициентов трения, принимаемых при расчетах.

Так, при отсутствии данных натурных испытаний корабля надбавка к коэффициенту сопротивления на шероховатость поверхности корпуса составляет  $\xi_{ш} = 0,0004$  для всех скоростей. Для корабля типа

авианосец значения коэффициентов сопротивления составляют  $\xi = 0,0035$ ,  $\xi_o = 0,0016$  и  $\xi_\tau = 0,0013$ . При этом действительные значения надбавки на шероховатость колеблется в пределах от 0,00001 до 0,001. С учетом того, что коэффициент полного сопротивления корабля представляет собой аддитивную величину

$$\xi = \xi_\tau + \xi_o + \xi_{ш},$$

то и величина погрешности определения  $\xi_\tau$  с учетом точности определения числа Re при соответствующих значениях вязкости температуре воды, будет определять точность  $\xi$  в целом. Отметим, что величина надбавки на шероховатость корпуса по абсолютной величине соизмерима с погрешностью вычисления числа Re по соответствующей температуре воды. В свою очередь, такая погрешность будет приводить и к аналогичной погрешности при определении эффективной мощности (ЕНР) и в частности той ее части, которая затрачивается на преодоление трения [2],

$$ЕНР_\tau = \frac{\rho V^2}{2} \cdot \frac{(\xi_{\tauн} + \xi_{ш}) \Omega_n}{75}.$$

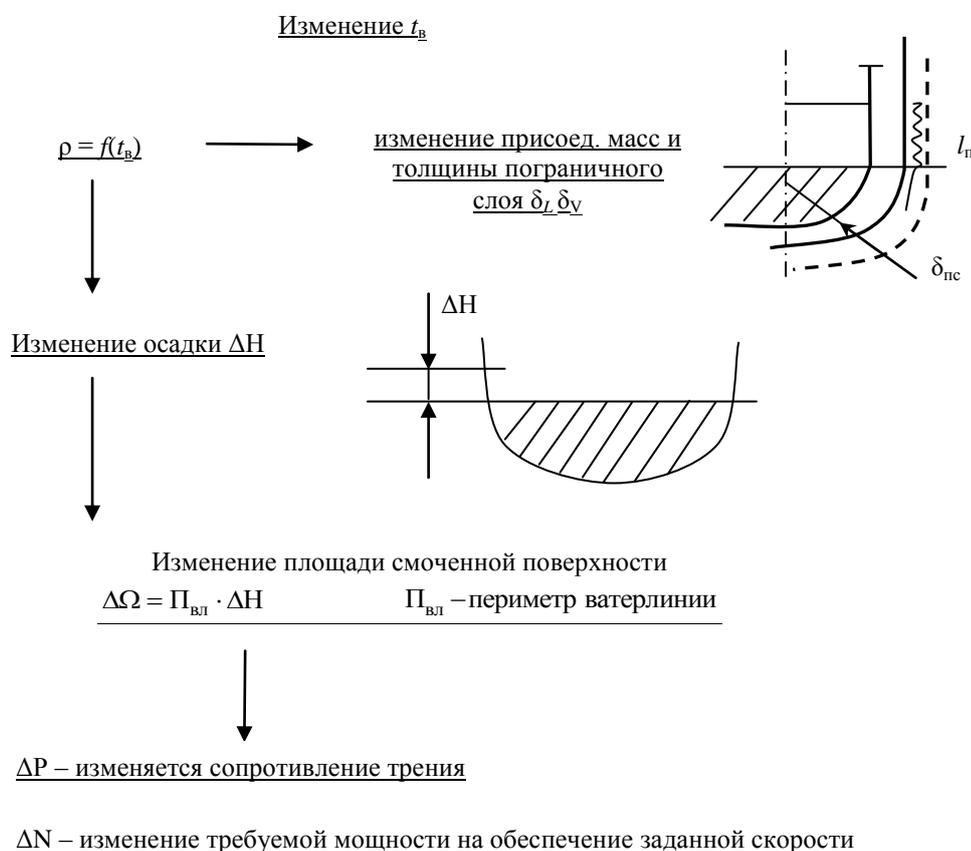


Рисунок 1 – Влияние температуры воды на показатели судна

Это может привести к недостижению контрактной скорости при заниженных значениях коэффициента сопротивления и выбору более чем требуется мощных СЭУ (и даже более сложных комбинированных схем установок) при его завышенных значениях, что кроме всего приведет к увеличению массы и габаритов двигателя, минимизация которых особенно важна для военного корабля.

#### Литература

1. Gtrittsma I. Ship speed at sea// Schip of werf. 1971. V. 38, № 3., biz 56-66.

2. Кацман Ф.М., Пустошный А.Ф., Штумиф В.М. Пропульсивные качества морских судов. Л. Судостроение, 1972. 512 с.
3. Гирс И.В. и др. Испытания мореходных качеств судов. Л.: Судостроение, 1977.
4. Джиммер Т.С. Проектирование современного корабля. Л.: Судостроение. 1974, 280 с.
5. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М., Наука, 1969.
6. Биркгоф Г. Гидродинамика, М. ИИЛ. 1963.
7. Ньюмен Дж. Морская гидродинамика. Л.: Судостроение. 1985 г.

Bibliography (transliterated)

1. Gtritsma I. Ship speed at sea. Schip of werf. 1971. V. 38, # 3., biz 56--66.
2. Katsman F.M., Pustoshnyiy A.F., Shtumif V.M. Propulsivnyie kachestva morskikh sudov. L. Sudostroenie, 1972. 512 p.
3. Girs I.V. i dr. Ispytaniya morehodnyih kachestv sudov. L.: Sudostroenie, 1977.
4. Dzhimmer T.S. Proektirovanie sovremennogo korablya. L.: Sudostroenie. 1974, 280 p.
5. Shlihting G. Teoriya poganichnogo sloya. M., Nauka, 1969.
6. Birkhof G. Hidrodinamika, M. IIL. 1963.
7. Nyumen Dzh. Morskaya gidrodinamika. L.: Sudostroenie. 1985 g.

УДК 629.12.03

Аніпко О.Б., Шаблій Г.Ф.

**ДО ПИТАННЯ АНАЛІЗУ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРУ СУДНА  
НА ОСНОВІ РОЗРАХУНКОВИХ СПІВВІДНОШЕНЬ З УРАХУВАННЯМ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ**

Наведено результати впливу конструктивних розмірів та навігаційних чинників на характеристики суден для забезпечення безпеки від потенційно небезпечних суден з використанням системи безпеки судноплавства.

Аніпко О.Б., Shabliy G.F.

**TO THE QUESTION OF ANALYSIS OF THE ACCURACY OF THE RESISTANCE OF THE VESSEL  
BASED ON THE CALCULATED RATIOS, TAKING INTO ACCOUNT WATER TEMPERATURE**

The results of the influence of structural dimensions and navigational factors on the characteristics of ships to ensure safety from potentially dangerous ships with use of system of safety of navigation.