

## Перечень методик измерений, применяемых при проведении экспериментальных исследований в Комплексе ледовых опытовых бассейнов ФГБУ «АНИИ»

В общем случае при проведении экспериментальных исследований применяется Методика, описанная ниже. В частных случаях, при необходимости, специалистами отдела ледовых качеств судов АНИИ, разрабатывается методика проведения эксперимента, адаптируемая к поставленным задачам.

### Обобщенная методика проведения экспериментов

При экспериментальных исследованиях требуется соблюдение геометрического, кинематического и динамического подобия параметров модельного эксперимента и соответствующих параметров в натуральных условиях. Установление подобия дает возможность пересчитывать результаты испытаний моделей на натурные объекты. Явления могут считаться подобными, если величины, характеризующие одно явление, могут быть получены путем умножения соответствующих величин, характеризующих другое явление, на постоянные множители.

Испытания модели в опытовом ледовом бассейне проводятся по методике, принятой в АНИИ. В ледовом бассейне намораживается лед, толщина которого в масштабе модели должна соответствовать толщине натурального льда. Намораживание моделированного льда осуществляется по методике, защищенной Патентом РФ № 2535398.

Подбор прочностных свойств моделированного льда производится на основании результатов испытаний эталонной модели судна, ледопробитость которого в натуральных условиях известна. По результатам испытаний эталонной модели определяется поправка на некоторое несоответствие упругих и пластических свойств моделированного и натурального льда.

В подобранном таким образом моделированном льду заданных толщин, выполняются условия пересчета результатов модельных испытаний на натуру по законам подобия Фруда:

$$\frac{L_n}{L_m} = \frac{B_n}{B_m} = \frac{T_n}{T_m} = \lambda, \quad \frac{h_n}{h_m} = \lambda, \quad \frac{V_n}{V_m} = \sqrt{\lambda}, \quad f_{fn} = f_{fm}, \quad \frac{P_n}{P_m} = \lambda^3, \quad \frac{\sigma_n}{\sigma_m} = k_\sigma \lambda,$$

где  $L$  – длина судна;  $B$  – ширина судна;  $T$  – осадка судна;  $h$  – толщина льда;  $V$  – скорость судна;  $f_f$  – коэффициент трения льда о корпус;  $P$  – тяга (сопротивление судна);  $\sigma$  – предел прочности на изгиб;  $k_\sigma$  – поправка на несоответствие упругих и пластических свойств моделированного и натурального льда;  $\lambda$  – масштабный коэффициент. Индекс “ $n$ ” относится к параметрам натурального судна, а индекс “ $m$ ” – к параметрам модели.

Прочность льда на изгиб определяется путем разрушения плавающей консольной балки - испытания "клавиши" *in situ* с нагружением вниз, до проведения испытаний. Усилия, прикладываемые к ледяным балкам для разрушения их изгибом, измеряются динамометром с пределом измерений 5 Н при погрешности  $\pm 3\%$ . Регистрируется величина разрушающего консольную балку усилия.

Прочность на изгиб  $\sigma_f$  рассчитывается по формуле:

$$\sigma_f = \frac{6Pl}{bh^2},$$

где  $P$  – максимальное усилие, Н;  $l$  – длина балки, м;  $b$  – ширина основания балки, м;  $h$  – высота балки/толщина льда, м.

Модуль деформации определяется путем замера прогиба консольной балки на плаву под действием точечной нагрузки. Модуль деформации определяется для неразрушенного ледяного поля перед началом испытаний.

Коэффициент трения льда о корпус модели ( $f_f$ ) определялся путем протягивания фрагмента моделированного льда известной массы по поверхности модели. Коэффициент трения

определяется из соотношения буксировочного усилия и веса льда.

Битый лед приготавливается из сплошного ледяного поля путем дробления его на отдельные куски с линейными размерами, соответствующими в масштабе эксперимента заданным ледовым условиям. Заданная сплоченность достигается удалением из бассейна части льда.