

Юреско Т.А. м.н.с.

Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, г. Николаев

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ БЛОКОВ ДЛЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ ОБИТАЕМЫХ СРЕДСТВ

УДК 629.5.

В настоящее время освоение морских глубин невозможно представить без технических средств, позволяющих человеку, непосредственно находится на борту, и принимать активное участие в подводных работах.

При эксплуатации подводных средств, вне зависимости от времени года и районов погружений, с учетом низкой температуры воды на глубине, необходимо поддерживать комфортные условия обитаемости.

Одним из способов сохранения тепла внутри обитаемых подводных средств является обшивка наружной поверхности корпуса теплоизолирующими блоками. В качестве теплоизоляционной обшивки, длительно работающей на больших глубинах и в режиме погружение-всплытие, могут быть использованы блоки из сферопластика с дополнительной пористостью (СДП), традиционно применяемые в качестве элементов плавучести.

Проектирование теплоизолирующих блоков из СДП и снижение тепловых потерь в ПА в зависимости от условий работы, требует решения ряда прикладных задач теплопроводности. Так при аварийных ситуациях, когда обогрев корпуса подводного аппарата (ПА) прекращается, начальная температура внутреннего пространства $T_0 = +20^\circ\text{C}$ постепенно снижается за счет охлаждения корпуса забортной водой, что в среднем составляет $T_{\text{в}} = +4^\circ\text{C}$.

В данном случае для оценки эффективности применения теплоизолирующих блоков необходимо получить решение задачи теплопроводности при соответствующих граничных условиях эксплуатации ПА, которая сводится к определению необходимой толщины обшивки с учетом теплофизических свойств СДП.

В виду того, что температура наружной поверхности теплоизоляции корпуса ПА соответствует температуре омываемой воды и на протяжении всего процесса

охлаждения остается постоянной, решение тепловой задачи для наружной обшивки корпуса ПА скругленной обтекаемой формой, может быть сведено к граничным условиям четвертого рода для сферы, помещенной в жидкую среду [1]. При этом внутреннее пространство ПА и теплоизолирующий блок находятся в совершенном тепловом контакте.

Решение задачи теплопроводности для заданных граничных условий определяется выражением [1]:

$$\Theta = \frac{T_1(x; \tau)}{T_0} = \frac{2 \cdot R_2}{r} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\zeta(\mu_n)} \cdot \sin \frac{r}{R} \cdot \sin \mu_n \sqrt{K_a} (K_R - 1) \cdot e^{-\mu_n^2 F_0}, \quad (1)$$

где

$$\zeta(\mu_n) = K_\varepsilon \cdot \sin^2 \sqrt{K_a} \mu_n (K_R - 1) + \sqrt{K_a} \cdot (K_R - 1) \cdot \mu_n \sin^2 \mu_n + \frac{1 - \sqrt{K_a} \cdot K_\varepsilon}{\sqrt{K_a} \cdot \mu_n} \cdot \sin^2 \mu_n \cdot \sin^2 \sqrt{K_a} \cdot (K_R - 1) \mu_n$$

$K_R = R_1 / R_2$ R_1 – внутренний радиус ПА; $R_2 = R_1 + \delta$ – наружный радиус ПА с учетом толщины теплоизолирующего блока δ .

Толщина теплоизолирующего блока δ должна выбираться из условия снижения температуры внутри ПА при аварии до $T_1 = +10^\circ \text{C}$ (безопасной для человека) не ранее 12 – 14 часов.

Сходимость ряда для относительной температуры внутри ПА (1) существенно зависит от времени остывания τ и определяется значением критерия Фурье

$F_0 = \frac{a_1 \cdot \tau}{R_1^2} \geq 0,3$ [2], который достигается через время $\tau > 4$ часов. Таким образом, на

начальных стадиях процесса теплообмена, в решении (1) нельзя ограничиться одним членом ряда. Для достижения необходимой точности при расчетах использовалось до $n=12$ членов ряда.

Выполнена серия расчетов и построены кривые изменения температуры от времени охлаждения внутри не обогреваемого ПА для различных толщин теплоизолирующей обшивки (рис.). Установлено время, достижения критической температуры $T_1 = +10^\circ \text{C}$ в центральной части ПА.

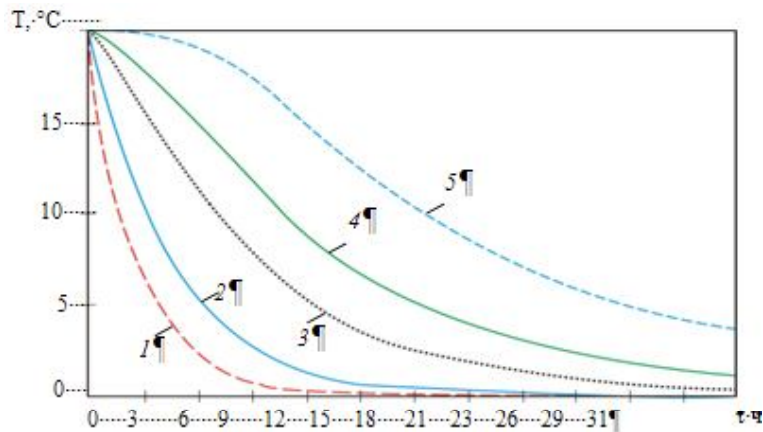


Рис. 1. Зависимость изменения температуры внутри от времени внутри не обогреваемого подводного средства при различных толщинах теплоизолирующих блоков δ : 1 – $\delta = 5$ мм; 2 – $\delta = 7$ мм; 3 – $\delta = 10$ мм; 4 – $\delta = 12$ мм; 5 – $\delta = 15$ мм;

Вывод. Согласно результатам вычислений, необходимая толщина теплоизолирующего блока должна быть не менее $\delta = 12$ мм, во избежание критического снижения температуры внутри ПА в течении 12 часов после аварии. Полученное решение, с учетом изменения теплофизических характеристик СДП вследствие повреждаемости при длительных и циклических погружениях, согласно математическим моделям [3,4], позволяет оценить эффективность работы теплоизолирующих блоков в течении 15–30 лет их непрерывной эксплуатации на различных глубинах.

Список литературы. 1. **Лыков, А.Л.** Теория теплопроводности. / [Текст] А.Л. Лыков. М.: Высш. школа, 1967. – 600 с. 2. Тепломассообмен теплотехнический эксперимент: Справочник / [Текст] Под ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. – М.: Энергоиздат, 1982. – 512 с. 3. **Бурдун, Е.Т.** Моделирование повреждаемости и изменения теплопроводности блоков плавучести на основе синтактика в условиях эксплуатации / [Текст] Е.Т. Бурдун, Т.А Юреско, В.Ю. Кочанов // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2008. – №3 (420). – С. 46 – 51. 4. **Бурдун, Е.Т.** Моделирование повреждаемости и изменения теплопроводности блоков плавучести на основе синтактика при климатических испытаниях [Текст] / Е.Т. Бурдун, Т.А Юреско, В.Ю. Кочанов // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2008. – №5. – С. 55 – 60.