

## К ВОПРОСУ О ВЕНТИЛЯЦИИ НА КОРАБЛЯХ

*Комаров Ярослав Юрьевич, Кундир Максим Александрович,  
Плюснин Валерий Дмитриевич, студенты 1-го курса,  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Воронова Н.П., канд. техн. наук, профессор)*

Для судов производительность естественно-принудительной вентиляции может быть недостаточной особенно при перевозке грузов в сложных условиях и на дальние расстояния. Оборудование, обеспечивающее вентиляцию в трюмах и твиндеках, состоит из системы дефлекторов и воздухопроводов. Для обеспечения необходимых требований к воздухообмену и подаче наружного воздуха в грузовые помещения применяют механическую вентиляцию. Такие суда оборудуют электровентиляторами и системами воздухораспределения. Производительность вентиляторов зависит от кратности обмена воздуха, которая для обычных универсальных судов составляет 5-7 кратный обмен воздуха в час. Для перевозки специфических грузов требуется 15-20 кратный обмен воздуха.

Сухогрузные суда чаще всего имеют механическую систему вентиляции. Для поддержания необходимых параметров воздуха вентиляция на судах осуществляется наружным воздухом.

Важной задачей является определение необходимой производительности вентиляционного оборудования с целью удаления производственных вредностей из судовых помещений. Для этого необходимо знать количественные параметры воздуха в отсеках и задать параметры, которые соответствуют нормам.

В качестве примера рассмотрим сухогрузный теплоход плавания река-море типа «Кайова» [1]. Рассчитаем минимальную мощность вентиляторов для очистки воздуха в трюмах с помощью наружного воздуха.

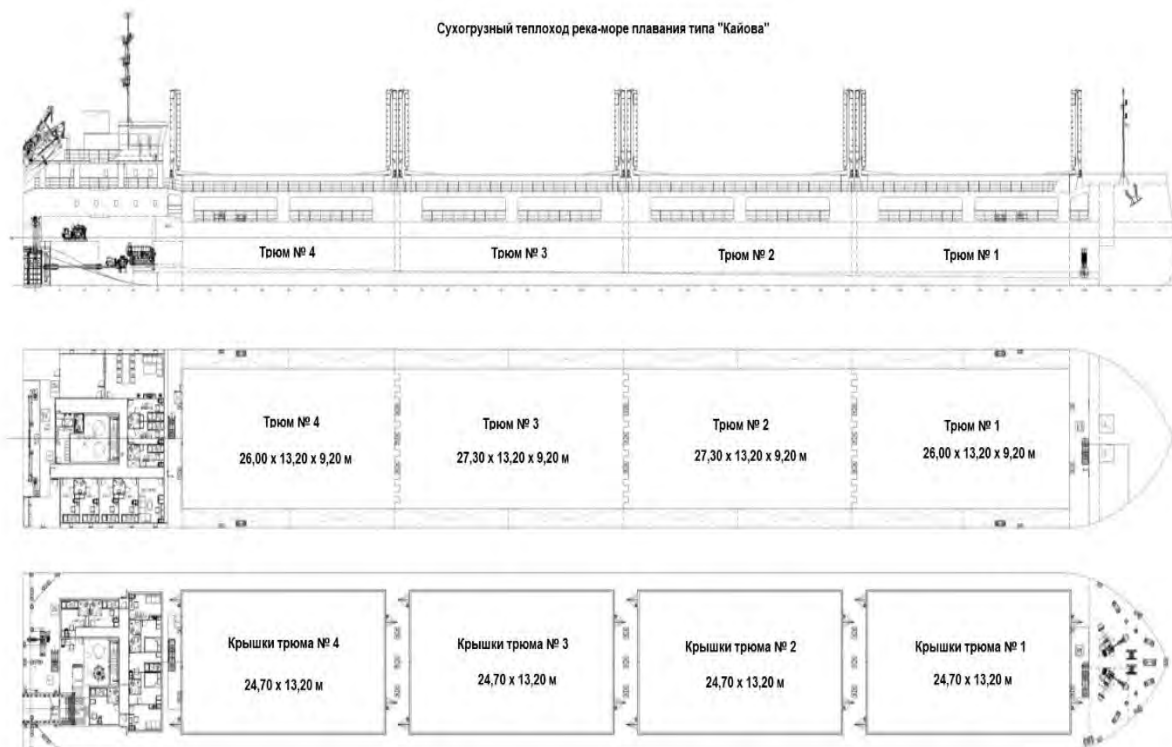


Рисунок 1 – Сухогрузный теплоход типа «Кайова»

Судно имеет 4 трюма, грузовместимость трюмов № 1 и № 4 по 3157,154 м<sup>3</sup>, а трюмов № 2 и №3 по 3309,306 м<sup>3</sup>. Размеры крышек всех трюмов равны [2].

Известно, что в помещении вместимостью 3300 м<sup>3</sup> воздух содержит 0,1% углекислоты, вентиляторы доставляют свежий воздух, содержащий 0,03% углекислоты, в количестве  $v$  м<sup>3</sup> в минуту. Рассмотрим, какова должна быть мощность вентиляторов, чтобы по истечению 10 минут содержание углекислоты не превышало 0,05%.

Предположим, что концентрация углекислоты во всех частях помещения в каждый момент времени одна и та же. Обозначим содержание углекислоты в момент времени  $t$  (мин.) через  $x$  (%). Тогда за промежуток времени  $dt$  вентиляторы доставят  $0,0003vdt$  (м<sup>3</sup>) углекислоты, а из помещения ушло  $0,01xvdt$  (м<sup>3</sup>). Следовательно, количество углекислоты уменьшилось на  $dq = (0,01x - 0,0003)vdt$  (м<sup>3</sup>). Обозначим процентное уменьшение содержания углекислоты в воздухе через  $dx$ , тогда  $dq = -3300 \cdot 0,01dx$  (м<sup>3</sup>), учитывая что  $dx < 0$ . В результате получим дифференциальное уравнение

$$(0,01x - 0,0003)vdt = -3300 \cdot 0,01dx. \quad (1)$$

Это дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными [3]. Разделяя переменные, получим

$$-\frac{vdt}{3300} = \frac{dx}{x - 0,03}. \quad (2)$$

Интегрируя уравнение (2), найдем общее решение в виде

$$x = 0,03 + c \cdot e^{-\frac{vt}{3300}}.$$

В качестве начального условия для уравнения (1) из условия задачи следует, что при  $t = 0$  воздух содержит 0,1% углекислоты, т.е.  $x = 0,1$ . Тогда  $c = 0,1 - 0,03 = 0,07$  и частный интеграл равен

$$x = 0,03 + 0,07 \cdot e^{-\frac{vt}{3300}}.$$

Для определения мощности  $V$  вентиляторов учтем, что за время  $t = 10$  (мин.) содержание углекислоты не должно превышать  $x = 0,05(\%)$ , т.е.

$$0,05 \geq 0,03 + 0,07 \cdot e^{-\frac{v}{10000}}. \text{ Откуда}$$

$$e^{-\frac{v}{3300}} \leq \frac{2}{7}, \quad V \geq 3300 \cdot \ln 3,5 \quad \text{и} \quad V \geq 4134.$$

В результате минимальная мощность вентиляторов для выполнения поставленной задачи должна быть  $V = 4134$  (м<sup>3</sup>/мин.).

Литература:

1. Судовая вентиляция. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studref.com> – Дата доступа 10.03.2023.
2. Сухогрузные суда типа «Кайова». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://balt-lloyd.ru> – Дата доступа 10.03.2023.
3. Математика для инженеров. В 2 т. Т.2 / С.А. Минюк [и др.]; под научн. ред. Н.А. Микулика. Минск, 2006.