

## *Литература*

1. Реут, Л.Е. Курс лекций и практических занятий по дисциплине «Механика материалов». Растяжение-сжатие: учебно-методическое пособие для студентов машиностроительных специальностей / Л.Е. Реут. – Минск: БНТУ, 2011. – 148 с.

2. Гончарова, С.В. Расчеты на растяжение-сжатие: пособие для студентов специальностей 1-38 01 04 «Микро- и наносистемная техника»; 1-38 02 01 «Информационно-измерительная техника»; 1-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности» / С. В. Гончарова, В. М. Хвасько. – Минск: БНТУ, 2023. – 48 с.

УДК 539.3

### **ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРМ В СУДОСТРОЕНИИ**

Студенты гр.11006121 А.А. Скачко, С.И. Охремчик

*Научный руководитель – ст. преподаватель Гончарова С.В.*

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Фермой в строительной механике называется система стержней, связанных в узлах шарнирно и работающих лишь на растяжение или сжатие. Считается, что нагрузка приложена в узлах фермы.

В корпусах судов применяют, как правило, фермы, все стержни которых размещаются в одной плоскости и включают балки рамного набора (карлингсы и кильсоны у продольной фермы, рамные бимсы и флоры у поперечной), пиллерсы и пересекающиеся раскосы. Такие фермы существенно увеличивают жесткость корпуса, создают опоры для балок рамного набора, воспринимают сосредоточенные усилия, например, при постановке судна в док, т. е. частично выполняют функции переборок. Поэтому Правилами Речного Регистра допускается устанавливать или фермы, или проницаемые переборки.

Фермы устанавливают преимущественно в корпусах судов-площадок и нефтеналивных барж, где они не мешают выполнению грузовых операций.

Раскосы, входящие в состав фермы, выполняют обычно из равнополочного угольника или сдвоенных неравнополочных угольников и располагают по возможности под углом  $45^\circ$  к горизонтали. Однако эту рекомендацию выполнить затруднительно, так как расстояние между пиллерсами зависит от расположения балок рамного набора.

В судостроении используются и так называемые безраскосные фермы, представляющие собой конструкции, состоящие из балок рамного набора и

часто поставленных пиллерсов. Такие конструкции обладают незначительной жесткостью при сдвиге и с точки зрения строительной механики не являются фермами.

**Пример.** Для фермы, изображенной на рисунке 1, требуется:

- вычислить усилия в стержнях;
- для наиболее нагруженного стержня подобрать сечение, если  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ . Размер стороны сечения округлить до миллиметров.

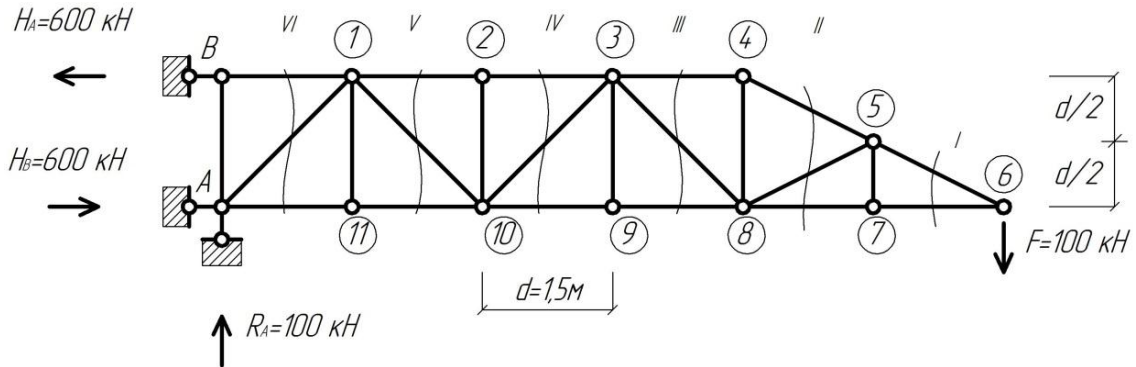


Рисунок 1. – Условие

**РЕШЕНИЕ:**

1. *Кинематический анализ:*

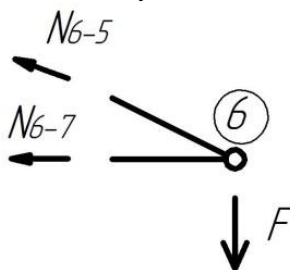
$$W = 2Y - C - C_0 = 2 \cdot 13 - 23 - 3 = 0.$$

Система статически определима, геометрически и мгновенно неизменяема.

2. *Определяем опорные реакции:*

$$\begin{cases} \sum M_A = 0, \\ \sum X = 0, \\ \sum Y = 0; \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -H_B d + F 6d = 0, \\ -H_B + H_A = 0, \\ R_A - F = 0; \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} H_B = 600 \text{ кН}, \\ H_A = 100 \text{ кН}, \\ R_A = 100 \text{ кН}. \end{cases}$$

3. *Определяем усилие в стержнях:*

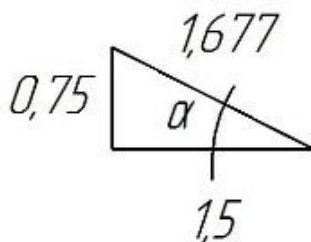


$$\sum Y = 0; \quad N_{5-6} \sin \alpha = F;$$

$$N_{5-6} = \frac{F}{\sin \alpha} = \frac{100}{0,447} = 223,7 \text{ кН}$$

(стержень растянут).

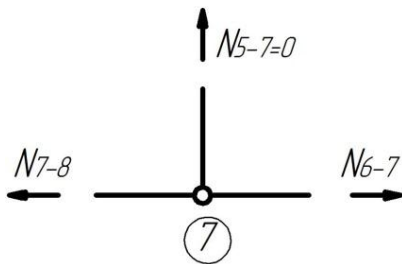
Рисунок 2. – Узел 6



$$\sin \alpha = \frac{0,75}{1,667} = 0,447.$$

$$\cos \alpha = \frac{1,5}{1,667} = 0,894.$$

Рисунок 3. – Узел 6



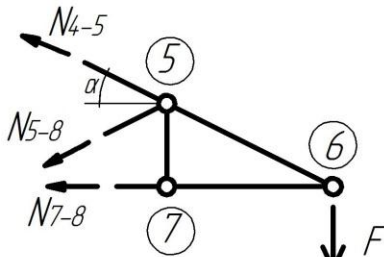
$$\sum X = 0; -N_{6-7} - N_{5-6} \cos \alpha = F;$$

$$N_{6-7} = -223,7 \cdot 0,894 = -200 \text{ кН}$$

(*стержень сжат*).

$$N_{6-7} = N_{7-8} = -200 \text{ кН.}$$

Рисунок 4. – Узел 7



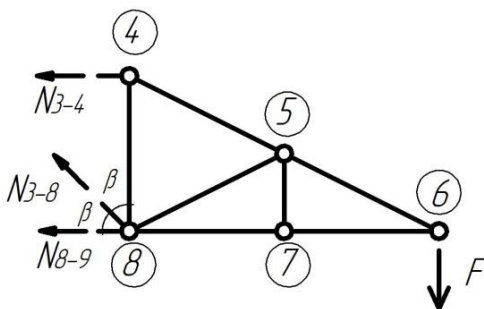
$$\sum M_8 = 0; F \cdot 3 - N_{4-5} \cos \alpha \cdot 0,75 -$$

$$-N_{4-5} \sin \alpha \cdot 1,5 = 0.$$

$$N_{4-5} = 223,7 \text{ кН}$$

(*стержень растянут*).

Рисунок 5. – Сечение II



$$\sum M_7 = 0; -N_{3-4} d + F 2d = 0.$$

$$N_{3-4} = 200 \text{ кН}$$

(*стержень растянут*).

$$\sum Y = 0; N_{3-8} \cos \beta - F = 0.$$

$$N_{3-8} = 141,4 \text{ кН}$$

(*стержень растянут*).

$$\sum X = 0; -N_{8-9} - N_{3-8} \cos \beta - N_{3-4} = 0.$$

$$N_{8-9} = -300 \text{ кН}$$

(*стержень сжат*).

Рисунок 6. – Сечение III

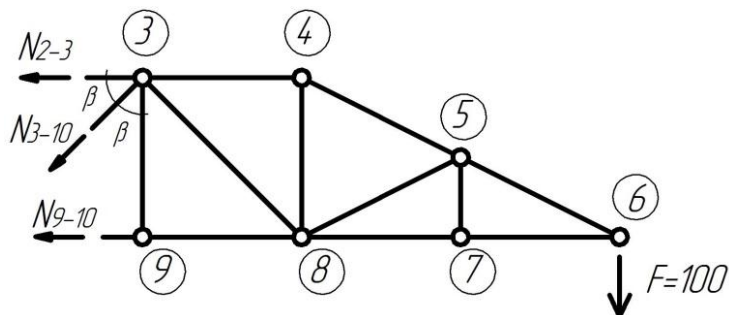


Рисунок 7. – Сечение IV

$$\begin{aligned} \sum M_3 &= 0; N_{3-4} d + F 3d = 0. \\ N_{9-10} &= -300 \text{ кН (стержень сжат)}. \\ \sum Y &= 0; -N_{3-10} \cos \beta - F = 0. \\ N_{3-10} &= -424,3 \text{ кН (стержень сжат)}. \\ \sum X &= 0; -N_{3-2} - N_{9-10} - N_{3-10} \cos \beta = 0. \\ N_{3-2} &= 600 \text{ кН (стержень растянут)}. \end{aligned}$$

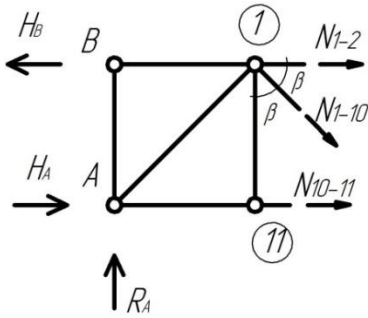


Рисунок 8. – Сечение V

$$\begin{aligned} \sum M_1 &= 0; -N_{11-10} + R_A d - H_A d = 0. \\ N_{11-10} &= -750 \text{ кН (стержень сжат)}. \\ \sum Y &= 0; R_A - N_{1-10} \cos \beta = 0. \\ N_{1-10} &= 141,4 \text{ кН (стержень растянут)}. \\ \sum X &= 0; N_{11-10} + N_{1-2} + N_{1-10} \cdot \sin \beta + \\ &+ H_A - H_B = 0. \\ N_{1-2} &= 650 \text{ кН (стержень растянут)}. \end{aligned}$$

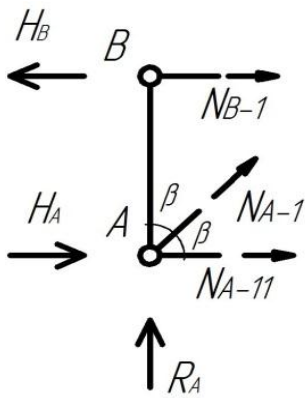


Рисунок 9 – Сечение VI

$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0; N_{B-1} \cdot d - H_B \cdot d = 0. \\ N_{B-1} &= 600 \text{ кН} \\ &\text{(стержень растянут)}. \\ \sum Y &= 0; R_A - N_{A-1} \cdot \sin \beta = 0. \\ N_{A-1} &= -141,4 \text{ кН} \\ &\text{(стержень сжат)}. \\ \sum X &= 0; N_{A-11} + N_{A-1} \cdot \cos \beta + N_{B-1} = 0. \\ N_{A-11} &= 700 \text{ кН} \\ &\text{(стержень растянут)}. \end{aligned}$$

4. Подбираем сечение:

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} \leq [\sigma];$$

$$A \geq \frac{N_{\max}}{[\sigma]} = \frac{750 \cdot 10^3}{160} = 4688 \text{ мм}^2 = 46,88 \text{ см}^2.$$

По ГОСТ 30245–2003. Профиль стальной гнутой замкнутой сварной квадратный:

$$180 \times 7,5 \quad A = 49,82 \text{ см}^2.$$

Или

по ГОСТ 8239–89 подбираем сечение двутавр:

$$\text{№}30a \quad A = 49,9 \text{ см}^2.$$

### *Литература*

1. Трепачко, В.М. Основы строительной механики: учебно-методическое пособие для студентов экономических специальностей в области строительства / В.М. Трепачко, Т.П. Зданович. – Минск: БНТУ, 2006. – 79 с.

2. Барабанов, Н.В. Конструкция корпуса морских судов / Н.В. Барабанов. – Л.: Судостроение, 1969. – 696 с.