

## СТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РЕМИЗНОЙ РАМЫ ДЛЯ ТКАЦКИХ СТАНКОВ СТБ.

Е.Е. Мазник, Ю.В. Кулемкин, С.Е. Проталинский

Костромской государственный технологический университет,

ЦНИИМашдеталь

*В статье предлагается для дальнейшего совершенствования и разработки новых конструкций ремизных рам производить анализ напряженно-деформированного состояния ремизных рам известных конструкций. Приведен математический аппарат для расчета напряжений и деформаций в ремизной раме станка СТБ.*

В текстильной промышленности в настоящее время работает большое количество устаревшего оборудования. Основные механизмы и остовы которого, еще работоспособны, а рабочие органы, и особенно технологическая оснастка, требуют частой замены вследствие износа, поломки или изменения технологического процесса. При модернизации текстильного оборудования в первую очередь встает вопрос принятия решений по конструктивному совершенствованию технологической оснастки контактирующей с нитью. В ткацкой машине одним из элементов оснастки, требующим постоянной модернизации, является ремизная рама, так как от ее конструктивного исполнения во многом зависит надежность технологического процесса ткачества.

Разработка новой конструкции ремизной рамы или ее модернизация требуют анализа напряженно-деформируемого состояния существующих аналогов рам, чтобы найти пути и принять решения для ее совершенствования.

Вопрос статического силового анализа ремизной рамы в верхнем ее положении решен в [1]. В этой работе теоретически определяются коэффициенты жесткости в узлах соединения боковины с планкой. Однако в полученных математических выражениях, коэффициенты жесткости основных соединений зависят от возникающих моментов в угловых узлах рамы, а последние зависят от тех же коэффициентов жесткости. Не учитывается также

нагрузка на ремизную раму от натяжения нитей основы в зеве. Ремизные рамы последних отечественных разработок Московского экспериментального завода, внедренные в промышленность, показаны на рис.1, 2.

Однако вопросы дальнейшего совершенствования их конструкции, модернизации и определения степени разрушения требуют анализа их напряженно-деформированного состояния под действием, статических, динамических и технологических нагрузок в процессе образования зева на ткацком станке.

Рассмотрим теоретическое обоснование расчета напряженно-деформированного состояния ремизной рамы.

Схема силовой нагрузки показана на рис. 3.

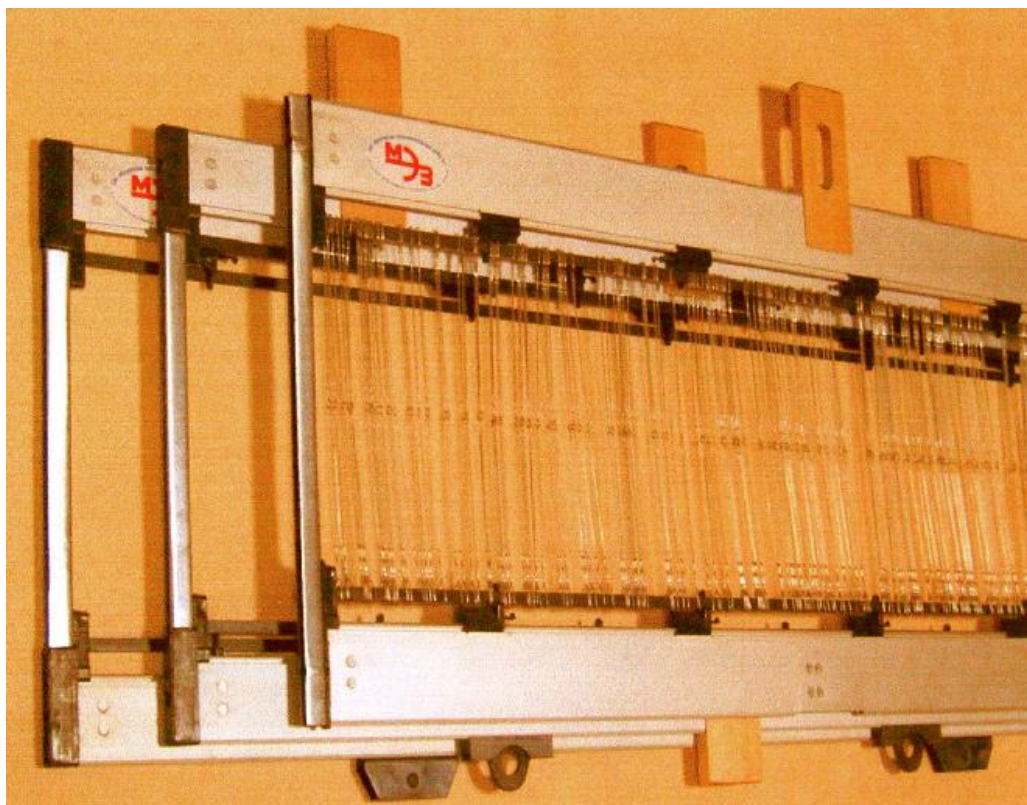


Рис. 1. Ремизная рама с узким галевонositeлем

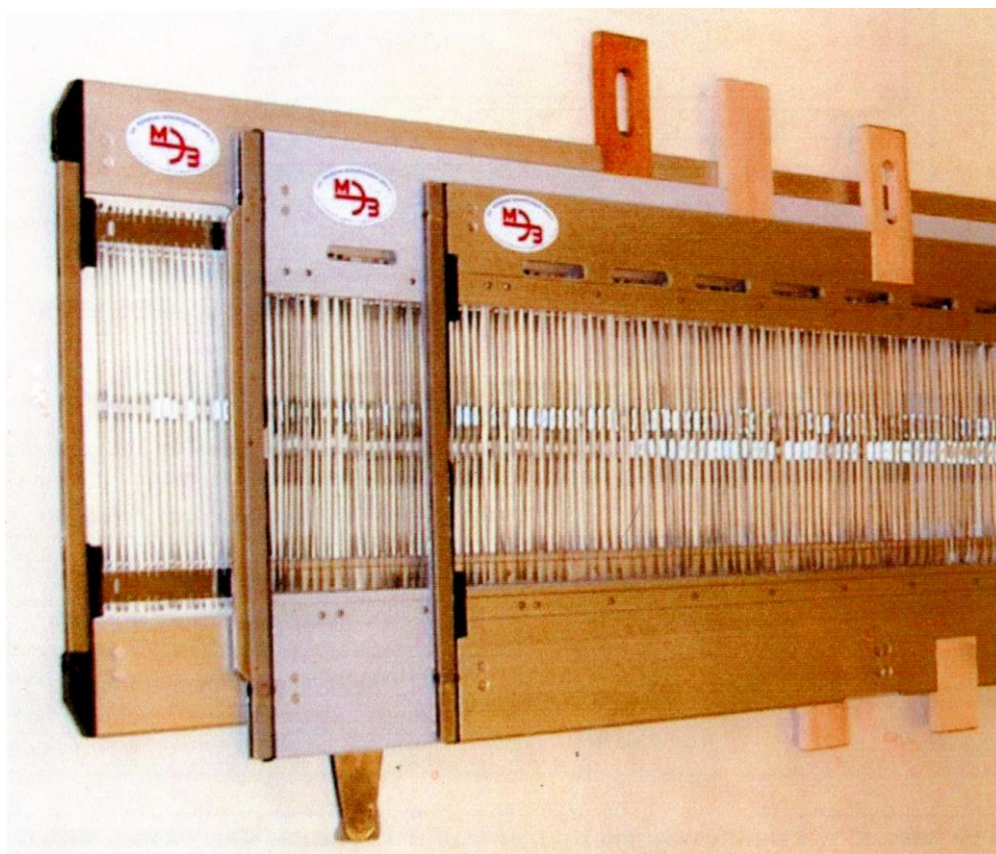


Рис. 2. Ремизные рамы с широким галевоносителем.

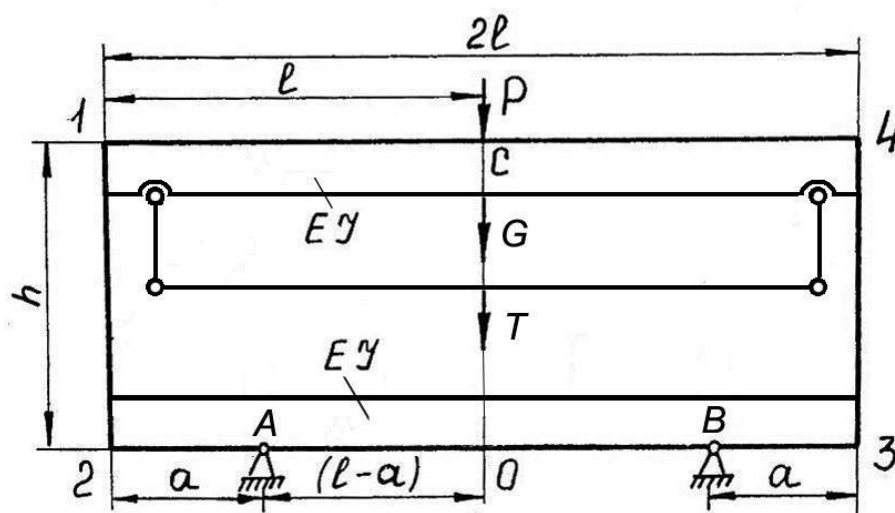


Рис. 3. Схема ремизной рамы

В точках A и B ремизная рама крепится к тягам зевобразовательного механизма. На верхнюю планку 1 – 4 действует распределенная сила веса планки и сила от натяжения ветвей открытого зева. Заменим их в первом приближении сосредоточенными силами  $G$  и  $T$ . Тогда их суммарная сила

$$P = G + T.$$



$$M_{23} = \frac{Pl}{4} \cdot \left[ \frac{-\frac{i_h}{i_\delta} + \left[ 1 - \left( 1 - \frac{a}{l} \right)^2 \right] \cdot \left( 2 \frac{i_\delta}{i_\delta} + 3 \right)}{\left( \frac{i_h}{i_\delta} + 2 \right) \cdot \left( \frac{i_\delta}{i_\delta} + 2 \right) - 1} \right]; \quad M_{21} = -\frac{Pl}{4} \cdot \left[ \frac{-\frac{i_h}{i_\delta} + \left[ 1 - \left( 1 - \frac{a}{l} \right)^2 \right] \cdot \left( 2 \frac{i_\delta}{i_\delta} + 3 \right)}{\left( \frac{i_h}{i_\delta} + 2 \right) \cdot \left( \frac{i_\delta}{i_\delta} + 2 \right) - 1} \right].$$

Для определения прогиба планок и боковин  $y_c$ ,  $y_0$ ,  $V_6$ ,  $y_2$  и углов поворота концевых сечений в точках 1, 2, 3 и 4 воспользуемся дифференциальным уравнением упругой линии [2]. После интегрирования уравнений для планок 1-4, 2-3, боковины 1-2 и определения производных постоянных из граничных условий получаем уравнение углов поворота и прогибов планок рамы.

Для верхней планки 1-4:

$$\varphi_1 = \varphi_4; \quad \varphi_1 = \frac{Pl}{8i_\delta} - \frac{M_{14}}{2i_\delta}; \quad Y_c = \frac{Pl^2}{12i_\delta} - \frac{M_{14}l}{4i_\delta}; \quad (4)$$

Для концевых моментов:

$$\text{от } \varphi_1, \quad M_{14} = \frac{Pl}{4} - 2\varphi_1 i_\delta; \quad \text{от } Y_c, \quad M_{14} = \frac{Pl}{3} - 4Y_c \frac{i_\delta}{l}; \quad (5)$$

Для боковины 1-2:

$$\varphi_1' = \frac{M_{12}}{3i_\delta} - \frac{M_{21}}{6i_\delta}; \quad \varphi_2' = -\left[ \frac{M_{21}}{3i_\delta} + \frac{M_{12}}{6i_\delta} \right]; \quad (6)$$

$$V_{cp} = -\frac{M_{21} + M_{12}}{16i_\delta} \cdot h; \quad V_{\max} = \frac{(M_{21} + M_{12}) \cdot h}{16 \left( i_\delta - \frac{P}{2} \cdot \frac{4}{\pi^2} \right)}. \quad (7)$$

Выражения для концевых моментов боковин 1-2 с учетом знаков в зависимости от углов поворота находим после решения уравнений (5,7):

$$\text{от } \varphi_1', \quad M_{12} = -i_\delta (4\varphi_1' - 2\varphi_2'); \quad \text{от } \varphi_2', \quad M_{21} = -i_\delta (-4\varphi_2' + 2\varphi_1')$$

Опорные горизонтальные реакции на основании зависимостей [3] будут равны:

$$R_{12}^2 = \frac{M_{21} - M_{12}}{h}; \quad R_{21}^2 = \frac{M_{21} - M_{12}}{h} \quad (8)$$

Для нижней планки 2-3:

$$\begin{aligned}\varphi_2 &= \varphi_3; \quad \varphi_2 = -\left[ \frac{Pl}{8i_H} \cdot \left[ 1 - \left( 1 - \frac{a}{l} \right)^2 \right] - \frac{M_{23}}{2i_H} \right] \\ Y_2 &= \frac{Pl^2}{12i_H} \cdot \left( \frac{a}{l} \right)^2 \cdot \left( 3 - 2\frac{a}{l} \right) - \frac{M_{23}l}{4i_H} \cdot \left[ 1 - \left( 1 - \frac{a}{l} \right)^2 \right] \\ Y_0 &= \left[ \frac{Pl^2}{8i_H} \cdot \frac{a}{l} \cdot \left( 1 - \frac{a}{l} \right)^2 - \frac{M_{23}l}{4i_H} \cdot \left( 1 - \frac{a}{l} \right)^2 \right] = \frac{l \cdot \left( 1 - \frac{a}{l} \right)^2}{4i_H} \cdot \left[ P \frac{a}{l} - M_{23} \right].\end{aligned}$$

Для концевых моментов планки 2-3:

$$\text{от } \varphi_2, \quad M_{23} = -\left[ \frac{Pl}{4} \cdot \left[ 1 - \left( 1 - \frac{a}{l} \right)^2 \right] - \varphi_2 2i_H \right];$$

$$\text{от } Y_2, \quad M_{23} = \frac{Pa}{3} \cdot \left( \frac{3 - l \frac{a}{l}}{2 - \frac{a}{l}} \right) - Y_2 \cdot \frac{4i_H}{a \left( 2 - \frac{a}{l} \right)};$$

$$\text{от } Y_0, \quad |-M_{23}| = -\left[ \frac{Pa}{2} - Y_0 \cdot \frac{4i_H}{l \left( 1 - \frac{a}{l} \right)^2} \right];$$

Угловые соединения в раме не являются абсолютно жесткими, тогда:

$$\varphi_1 - \varphi_1' = \Theta_1; \quad -\varphi_2 + \varphi_2' = -\Theta_2,$$

где  $\Theta_1, \Theta_2$  - дополнительные углы поворота концевых сечений соответственно верхней и нижней планок, полученные за счет упругости соединений.

Считаем дополнительные углы  $\Theta_1, \Theta_2$  пропорциональными реактивным моментам, [4]:

$$\Theta_1 = \frac{M_1}{\mu_1}; \quad \Theta_2 = \frac{M_2}{\mu_2}$$

где  $\mu_1, \mu_2$  - коэффициент жесткости при повороте в соединениях 1, 2 и 2, 4.

Уравнения с учетом выражений для  $\Theta_1$  и  $\Theta_2$  примут вид:

$$\begin{aligned} \frac{Pl}{8i_{\delta}} - \frac{M_{14}}{2i_{\delta}} - \frac{M_{12}}{3i_{\delta}} - \frac{M_{21}}{6i_{\delta}} - \frac{M_1}{\mu_1} &= 0; \\ -\frac{Pl}{8i_{\delta}} \cdot \left[ 1 - \left( 1 - \frac{a}{l} \right)^2 \right] + \frac{M_{23}}{2i_H} + \frac{M_{21}}{3i_{\delta}} + \frac{M_{12}}{6i_{\delta}} - \frac{M_2}{\mu_2} &= 0. \end{aligned}$$

Совместное решение уравнений дает:

$$M_1 = \frac{Pl}{4} \cdot \frac{3 \left\{ \frac{i_{\delta}}{i_H} \left( 3 \frac{i_{\delta}}{i_H} + 2 + 6 \frac{i_{\delta}}{\mu_2} \right) - \frac{i_{\delta}}{i_H} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{a}{l} \right)^2 \right] \right\}}{\left( 3 \frac{i_{\delta}}{i_{\delta}} + 2 + 6 \frac{i_{\delta}}{\mu_1} \right) \cdot \left( 3 \frac{i_{\delta}}{i_H} + 2 + 6 \frac{i_{\delta}}{\mu_2} \right) - 1}; \quad (9)$$

$$M_2 = \frac{Pl}{4} \cdot \frac{3 \left\{ -\frac{i_{\delta}}{i_{\delta}} + \left[ 1 - \left( 1 - \frac{a}{l} \right)^2 \right] \cdot \frac{i_{\delta}}{i_H} \left( 3 \frac{i_{\delta}}{i_{\delta}} + 2 + 6 \frac{i_{\delta}}{\mu_1} \right) \right\}}{\left( 3 \frac{i_{\delta}}{i_{\delta}} + 2 + 6 \frac{i_{\delta}}{\mu_1} \right) \cdot \left( 3 \frac{i_{\delta}}{i_H} + 2 + 6 \frac{i_{\delta}}{\mu_2} \right) - 1}. \quad (10)$$

Преобразуя выражения, получаем уравнения для концевых моментов с учетом коэффициентов жесткости угловых соединений в виде:

$$\begin{aligned} M_{12} = -M_{14} &= \frac{Pl}{4} \left[ \frac{2 \frac{i_H}{i_{\delta}} + 3 \left( 1 + 2 \frac{i_H}{\mu_2} \right) - \left[ 1 - \left( 1 - \frac{a}{l} \right)^2 \right] \cdot \frac{i_{\delta}}{i_{\delta}}}{\left[ \frac{i_{\delta}}{i_{\delta}} + 2 \cdot \left( 1 + 2 \frac{i_{\delta}}{\mu_1} \right) \right] \cdot \left[ \frac{i_H}{i_{\delta}} + 2 \cdot \left( 1 + 2 \frac{i_H}{\mu_2} \right) \right] - \left( 1 + 2 \frac{i_{\delta}}{\mu_1} \right) \cdot \left( 1 + 2 \frac{i_H}{\mu_2} \right)} \right] \\ M_{21} = M_{23} &= \frac{Pl}{4} \left[ \frac{-\frac{i_H}{i_{\delta}} + \left[ 1 - \left( 1 - \frac{a}{l} \right)^2 \right] \cdot \left[ 2 \frac{i_{\delta}}{i_{\delta}} + 3 \cdot \left( 1 + 2 \frac{i_{\delta}}{\mu_1} \right) \right]}{\left[ \frac{i_{\delta}}{i_{\delta}} + 2 \cdot \left( 1 + 2 \frac{i_{\delta}}{\mu_1} \right) \right] \cdot \left[ \frac{i_H}{i_{\delta}} + 2 \cdot \left( 1 + 2 \frac{i_H}{\mu_2} \right) \right] - \left( 1 + 2 \frac{i_{\delta}}{\mu_1} \right) \cdot \left( 1 + 2 \frac{i_H}{\mu_2} \right)} \right] \end{aligned}$$

Наибольшие напряжения  $\sigma_{\max}$  в планках определяем из выражения:

$$\sigma_{\max} = \frac{\frac{Pl}{2} - M_1}{W}, \quad (11)$$

где  $W$  – момент сопротивления сечения планки.

По аналогии можно определить деформации напряжения в нижней планке и боковине ремизной рамы.

Выражения для коэффициентов жесткости соединения представим в виде:

$$\mu_1 = \frac{6M_1 \cdot i_\delta}{3\frac{Pl}{4} - M_1 \cdot \left(2\frac{i_\delta}{i_\delta} + 3\right) - M_2 \frac{i_\delta}{i_\delta}}; \quad (12)$$

$$\mu_2 = \frac{6M_2 \cdot i_H}{3\frac{Pl}{4} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{a}{l}\right)^2\right] - M_1 \frac{i_H}{i_\delta} - M_2 \cdot \left(2\frac{i_H}{i_\delta} + 3\right)}. \quad (13)$$

Определение значений коэффициентов жесткости соединения позволяет совместно с уравнениями (9) и (10) в конечном счете определять наибольшие напряжения в планках ремизных рам и

## ВЫВОДЫ

1. Предложенное математическое обеспечение позволяет выполнять анализ напряженно-деформированного состояния ремизной рамы как существующей конструкции ремизной рамы, так и на этапе ее проектирования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трифонов К. Деформация и напряжения в нищелковата рамка / К. Трифонов, К. Дживанов. // Текстилна промишленост /НРБ/. –1975. -№ 2. с 56-60.
  2. Беляев Н.М. Сопротивление материалов / Е.М. Беляев – М.: - Высшая школа, 1076. – 427 с.
  3. Филоненкон-Бородич М.М. Курс сопротивления материалов / М.М. Филоненкон-Бородич . – М.: Техническая литература, 1955, - 644 с.
  4. Пономарев К.К. Расчет элементов констркций с применением ЭЦВМ. / К.К. Пономарев . – М.: - Высшая школа, 1072. – 329 с.
- Maznik E.E., Kulemkin Y.V. , Protalinskii S.E.