



УДК 621

**АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ НЕФТЯНАЯ АКАДЕМИЯ.  
МЕТОДИКА РАСЧЕТА СТОЕК СТАНКОВ-КАЧАЛОК**

**AZERBAIJANI STATE OIL ACADEMY.  
METHOD OF CALCULATION OF RACKS OF PUMPING UNITS**

**Гасанов Рамиз Алиш**

доктор технических наук, профессор,  
Азербайджанский государственной университет  
нефти и промышленности  
ramizhasanov52@hotmail.com

**Керимова Ирада Махмуд**

диссертант, ассистент,  
Азербайджанский государственной университет  
нефти и промышленности  
turkanqurbanzade@mail.ru

**Аннотация.** В статье предлагается конструкция опоры станка качалки. Дается полный расчет опорной части установки. Основным критериям е разработки используется необходимость обеспечения жесткости в горизонтальном и вертикальном направлениях. С этой целью предполагается, что элементы фермы опоры изготавливаются из фигурных прокатов. С учетом геометрических характеристик опоры определяются реакции в горизонтальном и вертикальном направлениях. С учетом нагруженности опоры для определения усилий в ее элементах составлена программа и даны условия обеспечения жидкости устойчивости и прочности, что позволило определить минимальную критическую массу такой опоры, складывающейся из профилей фермы.

**Ключевые слова:** станок-качалка, опора, фигурный прокат, полный расчет опорной части установки.

**Gasanov Ramiz Alish**

Doctor of Engineering, professor,  
Azerbaijani state university of oil and industry  
ramizhasanov52@hotmail.com

**Kerimova Irada Mahmoud**

Assistant,  
Azerbaijani state university of oil and industry  
turkanqurbanzade@mail.ru

**Annotation.** In article the pumping unit support design is offered. Full calculation of a basic part of installation is given. To the main criteria e developments need of ensuring rigidity for the horizontal and vertical directions is used. It is for this purpose supposed that elements of a farm of a support are made of figured rentals. Reactions in the horizontal and vertical directions are defined with geometrical characteristics of a support. Taking into account loading of a support for definition of efforts in her elements the program is made and conditions of providing liquid of stability and durability are given that has allowed will determine the minimum critical mass of such support consisting of farm profiles.

**Keywords:** pumping unit, support, figured hire, full calculation of a basic part of installation.

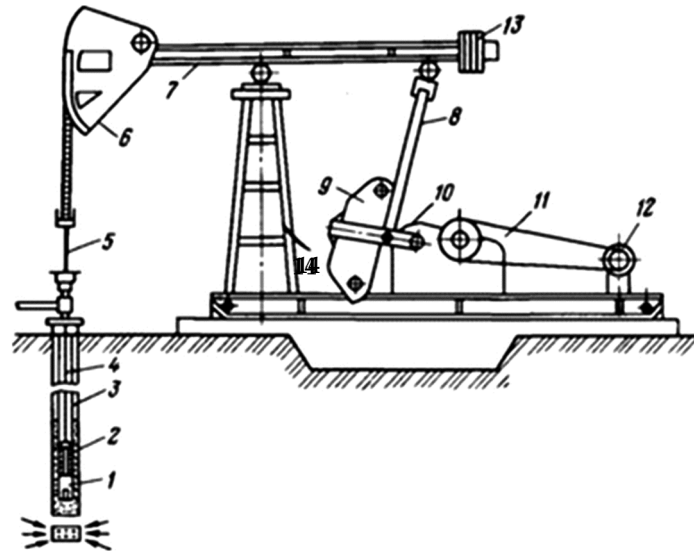
Стойки современных установок для механизированной добычи нефти, т.е. станков-качалок представляют собой четыре основных стержня (ноги), связанные между собой поперечными раскосами. В существующих конструкциях стоек, спроектированных в Азербайджане, поперечные связи (раскосы) не выполняют роли фермы. Они служат только для увеличения жесткости конструкции в горизонтальном сечении [1]. Нами предлагается новая конструкция фермы стоек станков качалок, которая обеспечивает горизонтальную и вертикальную жесткость (рис. 1).

Принимается, что элементы фермы из подготавливаются из фигурных прокатов. Для определения необходимого сечения профиля основных стержней и раскосов необходимо определить силовые соотношения в элементах фермы. Исходными параметрами для стоек принимаем следующие:

$$x_i; h_i (i = 1, 2, 3, 4); h_0; H; C; a; b; F_B; F_R,$$

Геометрически определяем углы наклона основных стержней и раскосов:

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \arctg \frac{b-c}{H-x_1}; \beta = \arctg \frac{a-c}{H-x_1}; \\ \theta_i &= \arctg \frac{h_i-x_i}{2c+(x_i-x_1)tg\beta+(h_i-x_1)tg\alpha}; \\ \gamma_i &= \arctg \frac{h_{i+1}-h_i}{2c+(x_{i+1}-x_1)tg\beta+(h_i-x_1)tg\alpha} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$



**Рисунок 1** – Схема глубинно-насосной установки: 1 – плунжерный глубинный насос; 2 – плунжер; 3 – насосные трубы; 4 – штанга; 5 – полированный шток; 6 – головка балансира; 7 – балансир; 8 – шатун; 9 – кривошипный противовес; 10 – редуктор; 11 – клиноременная передача; 12 – электродвигатель; 13 – балансирный противовес, 14 – стойка

Длина элементов фермы находится в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} l_i &= \frac{h_i - h_{i-1}}{\cos \alpha}; d_i = \frac{x_{i+1} - x_i}{\cos \beta}; \\ e_i &= \sqrt{(h_i - x_i)^2 + [2c + (x_i - x_1)tg \beta + (h_i - x_i)tg \alpha]^2}; \\ f_i &= \sqrt{(x_{i+1} - h_i)^2 + [2c + (x_{i+1} - x_1)tg \beta + (h_i - x_i)tg \alpha]^2}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Определяем реакции опор стоек

$$\left. \begin{aligned} R_{AX} &= F_r; \\ R_{AY} &= \frac{F_B b - F_r H}{a + b}; \\ R_{BY} &= \frac{F_B a + F_r H}{a + b}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Для определения величин усилий, направленных по осям рассматриваемых элементов, используем метод Рихтера [2]. Для этого производим произвольный разрез, отбрасываем нижнюю часть и ее функцию заменяем соответствующими силами в стержнях. Затем составляем уравнение равновесия для верхней части стойки, решив которое определяем:

$$S_i = \frac{F_B [c + (x_i - x_1)tg \beta] + F_r x_i}{[2c + (x_i - x_1)tg \beta + (h_{i-1} - x_i)tg \alpha] \cos \beta + (x_i - h_{i-1}) \sin \beta}; \quad (4)$$

$$F_i = \frac{F_B [c + (h_i - x_1)tg \beta] + F_r h_i}{[2c + (x_i - x_1)tg \beta + (h_i - x_i)tg \alpha] \cos \beta + (h_i - x_i) \sin \beta}; \quad (5)$$

$$P_i = \frac{F_B - S_i \cos \alpha - F_i \cos \beta}{\sin \theta_i}; \quad (6)$$

$$Q_i = \frac{(S_i - S_{i+1}) \cos \alpha + P_i \sin \theta_i}{\sin \gamma_i}. \quad (7)$$



При помощи составленной программы для ЭВМ определяем максимальные значения усилий, возникающих в элементах фермы при полном повороте кривошипа. Обозначим их следующим образом:

$$N_1 = S_{\max}; N_2 = F_{\max}; N_3 = P_{1\max}; N_4 = Q_{1\max}; \\ N_5 = P_{2\max}; N_6 = Q_{2\max}; N_7 = P_{3\max}; N_8 = Q_{3\max}.$$

Для формализации расчетов на устойчивость преобразуем:

$$y_1 = l_3; y_2 = d_3; y_3 = e_1; y_4 = f_1; \\ y_5 = e_2; y_6 = f_2; y_7 = e_3; y_8 = f_3.$$

В отлаженной программе имеется блок, в котором определяются допустимые напряжения устойчивости  $[\sigma_y]$  и площади сечений стрижней

$$A_i = \frac{N_i}{[\sigma_y]}. \tag{8}$$

По таблице [2] выбираем ближайший по площади поперечного сечения уголок (равнобокий или неравнобокий) и соответствующие значения  $r_i$ . Далее определяем гибкость

$$\lambda_i = \frac{y_i}{r_i} \tag{9}$$

и выполнение условия

$$\sigma_i \leq [\sigma_y]. \tag{10}$$

Если оно выполняется, то принимаем номер уголка и выбираем из таблицы все геометрические параметры.

Если  $\lambda_i < 100$ , то критическое напряжение определяется по формуле:

$$\sigma_{ik} = 310 - 1,14\lambda_i, \tag{11}$$

если же  $\lambda_i \geq 100$ , то используем формулу

$$\sigma_{ik} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_i^2}. \tag{12}$$

Вычисляем запас устойчивости

$$n_{iy} = \frac{\sigma_{ik}}{\sigma_i} \tag{13}$$

и проверяем условие выполнения устойчивости

$$n_{iy} \geq [n_y]. \tag{14}$$

Здесь

$$\left. \begin{aligned} [n_y] &= 3,75, \text{ если } \lambda < 90; \\ [n_y] &= 4,0, \text{ если } 90 \leq \lambda < 150; \\ [n_y] &= 4,5, \text{ если } \lambda \geq 150. \end{aligned} \right\} \tag{15}$$

При невыполнении условия устойчивости берется следующий номер уголка и определяется  $\lambda_i$ ,  $\sigma_{ik}$  и  $n_{iy}$ .

Площади поперечных сечений раскосов определяем по формулам

$$A_{ip} = \frac{P_{i\min}}{[\sigma]}; A_{iq} = \frac{Q_{i\min}}{[\sigma]}. \tag{16}$$

Если полученные при этом значения будут большими, чем при расчете на устойчивость, то берем максимальное значение площади поперечного сечения и прокат устанавливаем по нему.



Минимальная теоретическая масса конструкции стойки определяется по формуле

$$m_{\min} = 0,002 \left( q_F \frac{H - x_1}{\cos \beta} + q_s \frac{H - x_1}{\cos \alpha} + \sum_{i=1}^3 q_{Pi} e_i + \sum_{i=1}^3 q_{Qi} e_i \right) + 3q_{Pi}$$

На основе указанной методики и при помощи разработанной вычислительной процедуры определены все оптимальные профили для различных сочетаний равнобоких и неравнобоких уголков.

#### **Выводы**

1. Разработана методика расчета опоры станков-качалок для установки механизированного способа добычи.
2. Разработанная методика обеспечивает жесткость конструкции опоры в горизонтальной и вертикальной плоскостях.
3. Методика позволяет оценить и определить минимальную критическую массу опорной части установки.

#### **Литература:**

1. Станки-качалки. – М. : ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1981.
2. Степин П.А. Сопротивление материалов. – М. : Высшая школа, 1988.

#### **References:**

1. Pumping units. – M. : TsINTIHIMNEFTEMASh, 1981.
2. Stepin P.A. Resistance of materials. – M. : Higher School, 1988.