

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ТОРМОЗА БУРОВОЙ ЛЕБЕДКИ С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ

Приводятся результаты многофакторного анализа уравнения регрессии, составленного с целью оптимизации конструктивно-режимных параметров основного тормоза буровой лебедки. Даны математическое и графическое выражения модели процесса охлаждения тормоза буровой лебедки, позволяющие определить оптимальные параметры.

В работе приведены результаты моделирования процесса теплопередачи между трущимися элементами тормозной системы буровой лебедки (рис. 1 и 2). Данная система, помимо обычных рабочих элементов ленточного тормоза имеет дополнительное теплоотводящее устройство. Несомненно, на параметры теплоотвода влияют одновременно и во взаимосвязи несколько факторов. Следовательно, для получения результата эксперимента, описывающего реальный физический смысл процесса охлаждения тормозной системы, необходимо рассматривать выбранные факторы во взаимосвязи.

Для проведения полного факторного эксперимента, согласно методике, приведенной в работах [1-3] были отобраны несколько факторов, оказывающие на наш взгляд, наибольшее влияние на коэффициент теплопроводности рабочей поверхности шкива ленточного тормоза буровой лебедки λ_R . Указанный коэффициент, в соответствии с рис. 1 и 2, в большей степени зависит от соотношения толщины сечения основного и вспомогательного шкивов k_R , угла между теплопроводящими ребрами вспомогательного шкива ξ , отношения приведенной толщины ребер к размеру теплоотводящей поверхности вспомогательного шкива k_T .

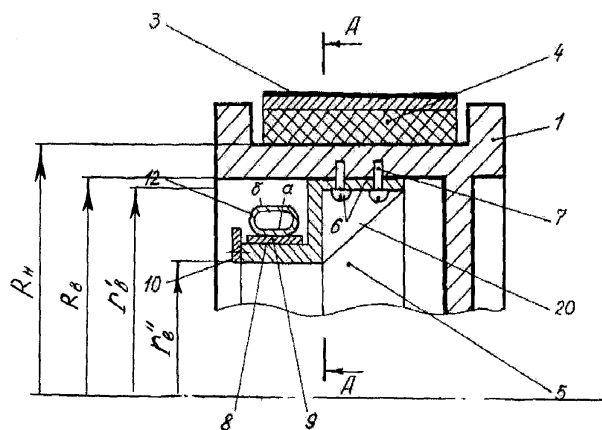
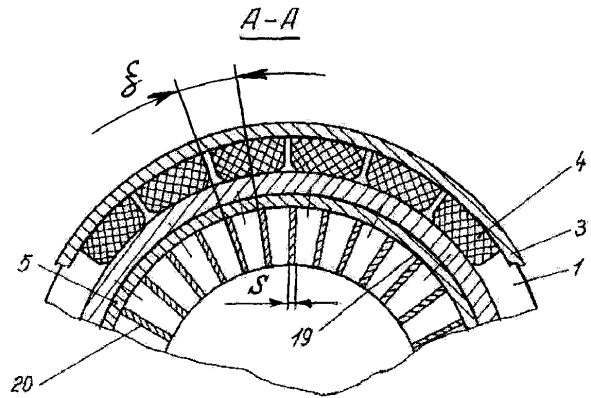


Рис. 1. Продольный разрез охлаждающей системы тормоза буровой лебедки и обозначение размерностей составных элементов: 1 – тормозной (основной) шкив, 3 – тормозная стальная лента, 4 – колодка тормозной ленты, 5 – вспомогательный шкив, 6, 7 – болты, для крепления вспомогательного шкива, 8 – рабочая поверхность вспомогательного шкива, 9 – дополнительная теплоотводящая лента, 10 – фиксатор дополнительной ленты, 12 – теплоотводящий патрубок, изготовленный из материала с высокой теплопроводностью и содержащий внутри олово, 20 – теплоотводящие ребра вспомогательного шкива

Рис. 2. Поперечный разрез по A-A охлаждающей системы тормоза буровой лебедки по рис. 1 и обозначение размерностей составных элементов: 1 – основной шкив, 3 – тормозная стальная лента, 4 – колодка тормозной ленты, 5 – дополнительный шкив, 19 – внутренняя рабочая поверхность дополнительного шкива, 20 – теплоотводящие ребра дополнительного шкива



В соответствии с рис. 1 и 2 коэффициент k_R определяется из выражения

$$k_R = (R_H - R_B) / (R_B - r'_o), \quad (1)$$

и, по физической сути, определяет процесс теплопередачи между основным и вспомогательным шкивами. А коэффициент k_r вычисляем по формуле

$$k_r = Sn / (r'_o - r''_o), \quad (2)$$

где n – количество теплоотводящих ребер.

Задачей факторного анализа результатов экспериментального исследования должно быть получение математической модели следующего вида

$$\lambda_R = f(x_1, x_2, x_3) \rightarrow \max, \quad (3)$$

где λ_R имеет ограничения в пределах $40 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К}) \leq \lambda_R \leq 80 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$. Выход значения λ_R из-за рамки указанного предела делает систему нерабочей и бессмысленной.

Из (3) видно, что для достижения цели необходимо определить такие значения факторов x_1, x_2 и x_3 , при которых обеспечивается макси-

мальный теплоотвод от наиболее нагретой поверхности основного шкива.

С целью построения математической модели теплоотводящего устройства в виде функции критерия оптимизации от значимых параметров, была построена матрица ортогонального планирования эксперимента, на основе которой строилась математическая модель второго порядка:

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i \neq j} a_{ii} x_i^2 + \sum_{i \neq j} a_{ij} x_i x_j, \quad (4)$$

где y - критерий оптимизации; x_i, x_j - независимые переменные факторы; a_0, a_i, a_{ii}, a_{ij} - теоретические коэффициенты регрессии.

Выделенные, так называемые преобладающие факторы, варьировались на пяти уровнях. Интервалы и уровни варьирования факторов приведены в табл. 1.

По средним экспериментальным значениям степени \bar{y} определяли коэффициенты регрессии. Подставив последние в (4) получили уравнение регрессии в условных координатах:

Таблица 1. Уровни варьирования и интервалы выделенных факторов

Факторы	Обозначение	Уровни					Интервал
		-1, 215	-1	0	1	1,215	
Отношение толщин сечений основного и вспомогательного шкивов k_R	X_1	2,84	8	16	24	29,16	8
Угол между теплоотводящими ребрами, ξ	X_2	1,77	5	10	15	18,23	5,0
Отношение приведенной толщины ребер к размеру теплоотводящей круглой поверхности вспомогательного шкива, k_r	X_3	-0,04	0,5	1,5	2,5	3,04	1,0
		$-\beta$				β	

$$Y = 51,45 + 5,98X_1 - 1,805X_2 + 0,615X_3 - 5,625X_1X_2 - 10,875X_1X_3 + 2,95X_2X_3 - 10,445X_1^2 - 14,592X_2^2 - 2,711X_3^2. \quad (5)$$

Перевод условных координат в физические согласно табл. 1

$$X_1 = (k_R - 16)/8; \quad X_2 = (\xi - 10)/5; \quad X_3 = (k_T - 1,5)/0,5,$$

позволил получить

$$X_1 = 0,125k_R - 2; \quad X_2 = 0,2\xi - 2; \quad X_3 = 2k_T - 3. \quad (6)$$

Путем совместного решения (6) и (5) получена математическая модель процесса теплопроводности в виде зависимости коэффициента теплопроводности от конструктивно-режимных параметров ленточного тормоза буровой лебедки:

$$\lambda_R = -160,54 + 11,447k_R + 11,21\xi + 73,43k_T - 0,14k_R\xi - 2,72k_Rk_T + 1,18\xi k_T - 0,17k_R^2 - 0,58\xi^2 - 10,8k_T^2. \quad (7)$$

На основании модели (7) были построены двумерные сечения, которые позволили установить зависимости критерия оптимизации от синергетических координат и определить оптимальные значения трех выбранных факторов, т.е. $k_R = 9,6; \xi = 14,2; k_T = 0,75$.

Используя значения коэффициентов k_R, k_T и ξ по формулам (1) и (2) определяли конструктивные параметры вспомогательного шкива приме-

нительно тормозной системе некоторых действующих буровых лебедок. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2. Конструктивные параметры теплоотводящего шкива

Марка лебедки	Параметры, мм	
	r'_e	r''_e
ЛБ -750	240	107
У2-5-5	290	157
ЛБУ - 1100	265	132

На рис. 3 показано графическое выражение математической модели процесса, характеризующей поверхность изменения коэффициента теплопроводности в зависимости от рассматриваемых факторов.

Выводы.

1. Получены уравнения регрессии, характеризующие математическую модель процесса теплопередачи в тормозной системе буровой лебедки с учетом дополнительного охлаждения, которые позволили сократить число опытов и определить оптимальные значения безразмерных параметров k_R, k_T и ξ , соответствующих к экстремальным значениям критерия оптимизации λ_R : $k_R = 9,6; k_T = 0,75; \xi = 14,2$.

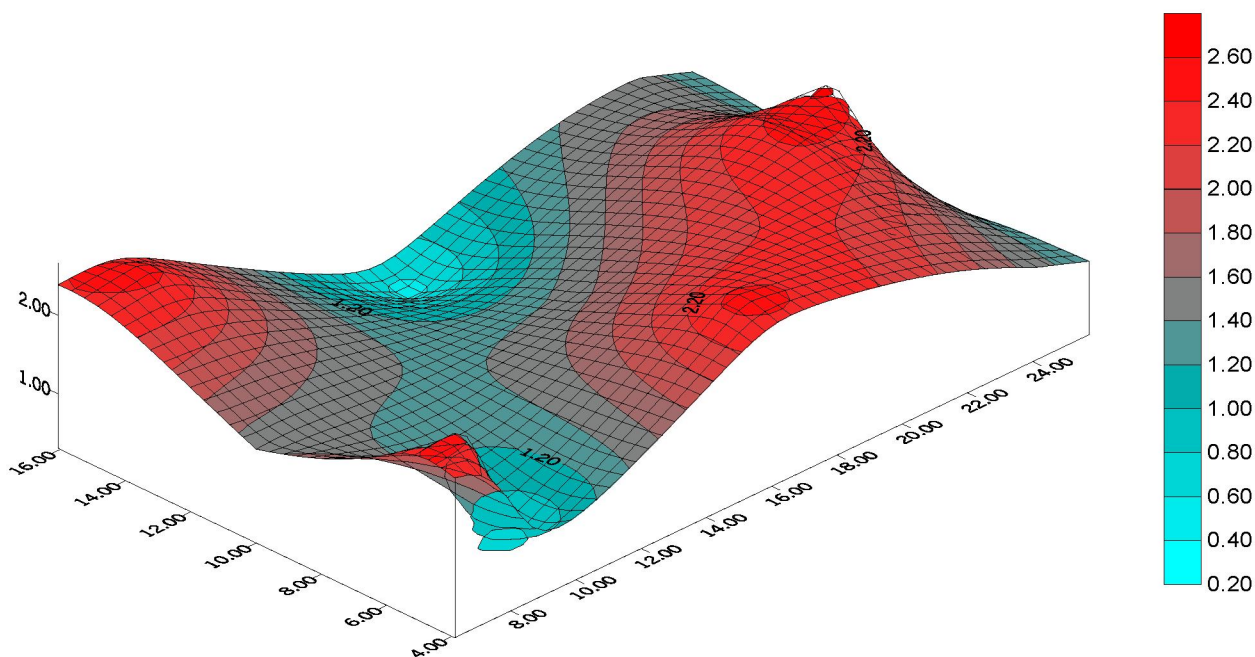


Рис. 3. Графическое изображение математической модели процесса теплоотвода в зависимости от основных параметров

2. Найденные значения k_R , k_T и ξ соответствуют реальным конструктивно-геометрическим размерам тормозных систем действующих на практике буровых лебедок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента. М.: Металлургия, 1969. 159 с.
2. Евдокимов Ю.А., Колесников В.И., Тетерин А.И. Планирование и анализ экспериментов при решении задач трения и износа. М.: Наука, 1980. 228 с.
3. Налмов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экспериментальных экспериментов. М.: ВИСХОМ, 1974. 116 с.

Резюме

Бұрғылау лебедкасының негізгі тежегішінің конструктивті-режімдік параметрлерін оңтайландыру мақсатында құрылған регрессия теңдеуін көпфакторлы тәсілмен сараптаудың нәтижелері келтірілген. Бұрғылау лебедкасы тежегішін салқындату процесі моделінің математикалық және графикалық түрлері берілген.

Summary

The results of the multifactorial analysis of the regress equation, made with the purpose of design data-regime parameters optimization of the basic brake winch are given in the work. The mathematical and graphic expressions of cooling model of process of a brake drilling winch are given, allowing to define optimum parameters.

Поступила 24.12.07г.