

Література:

1. Аналіз стану котельного господарства України з метою модернізації, продовження ресурсу чи заміни котлів малої і середньої потужності. / І.Я. Сігал, Е.П. Домбровська, А.В. Смухіна та ін. // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2003. – №6. – С.76–79.
2. Використання технологій циркулюючого киплячого шару для спалювання відходів вуглезабагачення / Ю.П. Корчевой, М.А. Борисов, О.Ю. Майстренко, М.В. Чернявський, А. Еспель, Ж. Наке // Энергетика и электрификация. – 2002. – № 1. – С.8–11.
3. Жовтюк Г.В., Золотко А.А., Коткин А.М. Прогрессивная техника и технология углеобогащения. – Киев: Техніка, 1988. – 128 с.

OPTIMIZATION DESIGN OF THE COMPOSITE PULLEY OF THE BAND-BLOCK BRAKE OF THE DRAW-WORK WITH AIR-LIQUID COOLING SYSTEM

Volchenko Dmitro Olexandrovich

Doctor of technical science, professor

Department of Oil and Gas Field Development and Operation

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Ivano-Frankivsk, Ukraine

Skripnik Vasil Stepanovich

Ph. D, assistant professor

Director of the Training and Consulting Center of the National Transport University

Ivano-Frankivsk, Ukraine

Bekish Irina Orestivna

Ph. D, assistant professor

Department of Engineering and Computer Graphics

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Ivano-Frankivsk, Ukraine

Chufus Vasil Mikhailovich

graduate student

Department of Machine Mechanics

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Ivano-Frankivsk, Ukraine

ОПТИМИЗАЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВНОГО ШКИВА ЛЕНТОЧНО-КОЛОДОЧНОГО ТОРМОЗА С ВОЗДУШНО-ЖИДКОСТНОЙ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ

Вольченко Дмитрий Александрович

д.т.н., профессор

кафедра разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

г. Ивано-Франковск, Украина

Скрипник Василий Степанович

к.т.н., доцент

директор учебно-консультационного центра Национально транспортного

университета

г. Ивано-Франковск, Украина

Бекиш Ирина Орестовна

к.т.н., доцент

кафедра инженерной и компьютерной графики

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

г. Ивано-Франковск, Украина

Чуфус Василий Михайлович

аспирант

кафедра механики машин

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

г. Ивано-Франковск, Украина

The materials of the conference include optimization design of the composite brake pulley, with the heat currents circulating in it and the gradients of mechanical and thermal stresses.

Keywords: band-block brake, friction unit, composite brake pulley, air-liquid cooling system, radiation and complex heat exchange.

В материалах конференции приведено оптимизационное проектирование составного тормозного шкива с учетом циркулирующих в нем тепловых токов и градиентов механических и температурных напряжений.

Ключевые слова: ленточно-колодочный тормоз, фрикционный узел, составной тормозной шкив, воздушно-жидкостная система охлаждения, радиационный и сложный теплообмен.

Введение. При проектировании фрикционных узлов ленточно-колодочного тормоза, работающих в условиях высоких поверхностных и объемных температур, немаловажную роль играет воздушно-жидкостное охлаждение обода тормозного шкива, являющегося своего рода аккумулятором тепловой энергии, поскольку одна из важнейших задач тормозостроителей — снижение энергонагруженности, и как следствие напряженно-деформированного состояния обода тормозного шкива.

Состояние проблемы. В работе [1] была произведена оценка эффективности принудительного воздушного охлаждения температурным методом. Известно, что общее термическое сопротивление теплопередачи определяется величиной

$$R = \frac{1}{a_1} + \sum_{n=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_2},$$

где δ_i — толщина слоя структуры; λ_i — коэффициент теплопроводности слоя.

Общее сопротивление складывается из частных — термического сопротивления теплоотдачи $R_{\alpha_1} = 1/a_1$ и $R_{\alpha_2} = 1/a_2$ и термических сопротивлений

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$$

теплопроводности слоев λ_i . Очевидно, что значение R всегда больше, чем наибольшее из значений составляющих ее величин [2].

Для интенсификации теплопередачи необходимо уменьшить общее сопротивление R за счет первого и третьего слагаемого вышеприведенной зависимости

путем жидкостного и паровоздушного принудительного охлаждения нижней части поставного тормозного шкива.

Постановка задачи. В данной публикации рассмотрены следующие вопросы применительно к решаемой проблеме:

- проектная оценка энергонагруженности составного тормозного шкива;
- оптимизационное проектирование составного шкива тормоза.

Проектная оценка энергонагруженности составного тормозного шкива. Остановимся на проектной оценке энергонагруженности составного шкива ленточно-колодочного тормоза.

На рис. 1 а, б представлено термограмму (а) и распределение тепловых потоков (б) в теле обода составного тормозного шкива ленточно-колодочного тормоза с принудительным воздушно-жидкостным охлаждением.

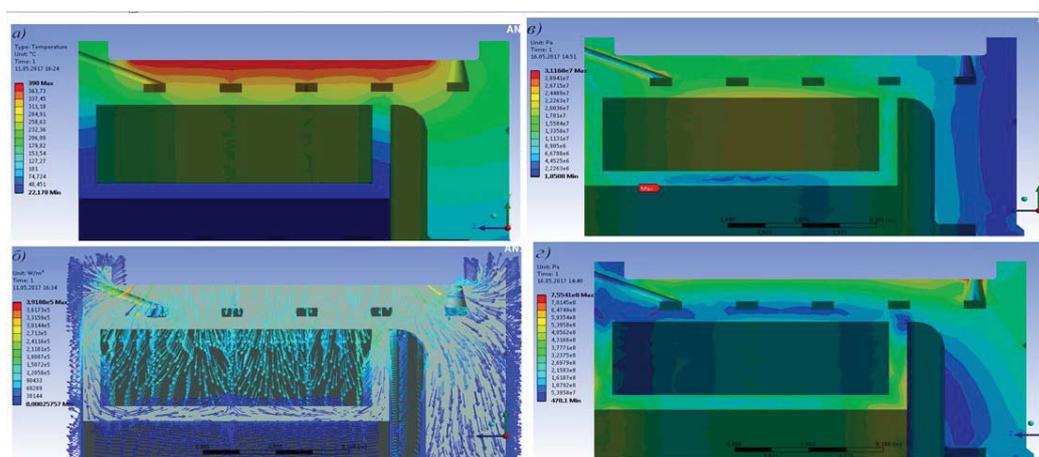


Рисунок 1 а, б, в, г. Термограмма (а), распределение тепловых потоков (б) и моделирование напряжений: в – механических; г – температурных, развивающихся в ободу тормозного шкива ленточно-колодочного тормоза с принудительным воздушно-жидкостным охлаждением

После рассмотрения термограмм, распределения тепловых потоков (рис. 1 а, б) и состояния составного обода тормозного шкива от действия различных видов напряжений (рис. 1 в, г) следует отметить следующее:

- распределение температуры и как следствие температурных градиентов по толщине обода шкива происходит волнообразно сверху ($4,4^{\circ}\text{C}/\text{мм}$) и снизу ($3,8^{\circ}\text{C}/\text{мм}$) благодаря наличию воздушных камер в ободу;
- по толщине обода шкива наблюдается зона прогрева возле заборного отверстия, в которой средняя температура составляет 170°C ;
- температура циркулирующего потока воздуха в кольцевых объемах обода шкива увеличивается от свободного края к его заземлению;
- максимальные механические напряжения (рис. 2 а) возникают на нерабочей полированной поверхности обода ($243,6\text{МПа}$) вследствие ее прогиба и растяжения от действия удельных нагрузок;
- заборные отверстия в сопряжении с первой камерой являются своего рода концентраторами напряжений ($198,3\text{МПа}$);
- большие температурные напряжения наблюдаются в приповерхностных слоях обода шкива, распространяющиеся по ширине ($507,4\text{МПа}$) обода;

– нерабочую поверхность обода над жидкостной камерой температурные напряжения в несколько раз ниже, поскольку происходит интенсивное конвективное жидкостное и радиационное охлаждение, что приводит к большому градиенту температурных напряжений по толщине обода шкива.

Оптимизационное проектирование составного шкива тормоза. При проектировании составного тормозного шкива задавались следующими ограничениями [3]: температура поверхности трения составного тормозного шкива составляет 390°C ; полированная площадь нижней части обода шкива должна составлять $2/3$ площади от поверхности трения верхней его части; внутренняя поверхность (матовая) кольцевых камер и отверстий между ними должна составлять $20\text{-}25\%$ от наружных матовых поверхностей тормозного шкива. Эффективность воздушного охлаждения должна быть одинаковая за счет количества воздуха, попадающего во внутрь тормозного шкива; толщина верхней части шкива — $16,0\text{-}18,0$ мм; нижней части — $8,0\text{-}10,0$ мм; объем камеры с жидкостью должен обеспечить отвод количества теплоты не менее 30% ; градиент температуры для верхней части шкива — до $25,0^{\circ}\text{C}/\text{мм}$; в перегородке камер — до $10,0^{\circ}\text{C}/\text{мм}$; через стенку камеры — до $50,0^{\circ}\text{C}/\text{мм}$.

На основании вышеизложенного на рис. 2 а, б, в представлен чертеж спроектированного составного тормозного шкива с жидкостной камерой.

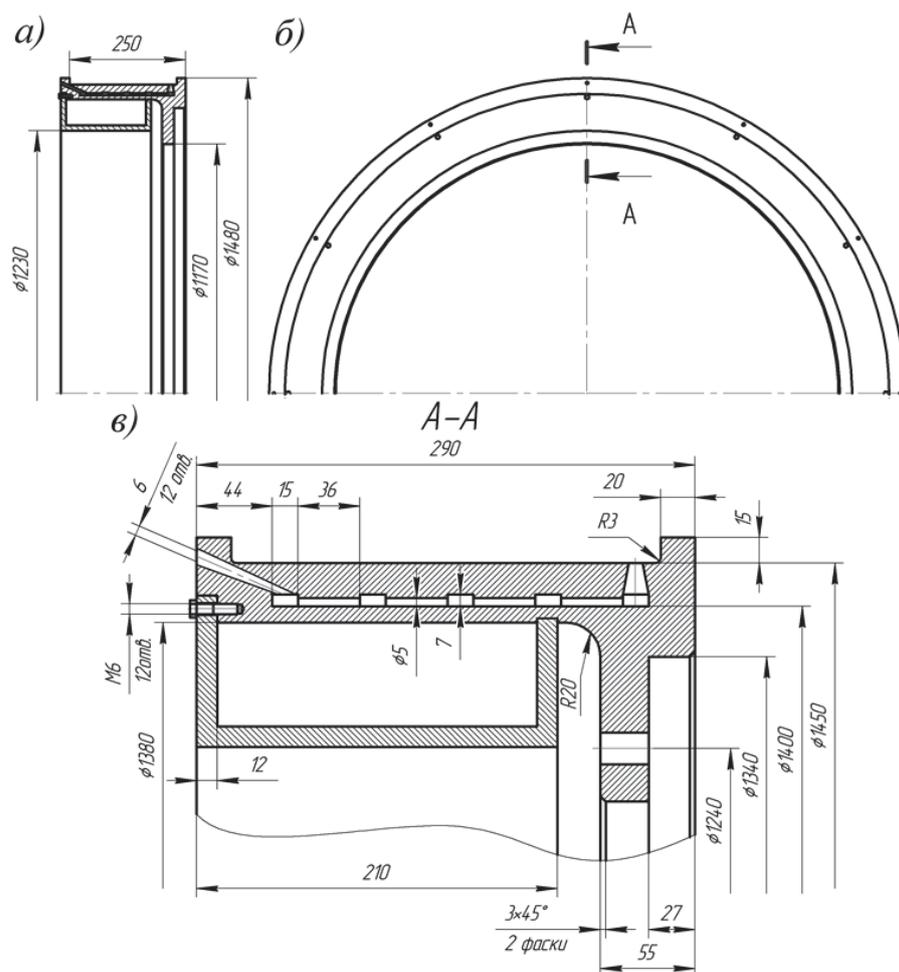


Рисунок 2 а, б, в. Спроектированный составной тормозной шкив буровой лебедки с жидкостной камерой

Проведенный системный анализ энергонагруженности при постоянных удельных нагрузках в парах трения серийного и усовершенствованного ленточно-колодочного тормоза позволил констатировать следующее:

– разработанная конструкция составного тормозного шкива является высокоэффективной (увеличился динамический коэффициент трения и тормозной момент на 13,1%) за счет работы материалов фрикционной накладки при температурах ниже допустимой, но при этом имело место увеличение веса и момента инерции составного тормозного шкива, соответственно, на 24,7% и 21,7% по сравнению с серийным тормозным шкивом;

– при одинаковой рабочей поверхностной температуре сравниваемых шкивов объемные температуры в верхней и нижней части составного шкива на 14,8% меньше, чем серийного шкива, но зато в первой конструкции наблюдались большие объемные температурные градиенты на 24,8%, нежели в серийном шкиве;

– весовой износ накладок меньший в усовершенствованных парах трения на 13,1%, нежели в серийных парах трения тормоза.

Выводы. Таким образом, представлен спроектированный тормозной шкив с системой воздушно-жидкостного охлаждения и проведен системный анализ его энергонагруженности.

Литература:

1. Кириллин В.А. Основы экспериментальной термодинамики / В.А. Кириллин, А.Е. Шейдлин. – М. – Л: Государственное энергетическое издательство, 1950. – 310с.
2. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент. Справочник / Е.В. Аметистов, В.А. Григорьев, Б.Т. Емцев и др.: Под общ. ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. – М.: Энергиздат, 1982. – 512 с.
3. Проектный и проверочный расчет фрикционных узлов ленточно-колодочных тормозов буровых лебедок: Стандарт / А.Х. Джанахмедов, Д.А. Вольченко, И.Я. Ширали и др. – Баку: Апострофф, 2016. – 312с.