

6. Кроновер Р.М. Фракталы и Хаос в динамических системах: Основы теории. М.: Постмаркет, 1994. 352с.
7. Шустер Г. Детерминированный хаос. Введение в теорию и приложения. М.: Наука, 1998. 253с.
8. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Динамический хаос. М.: Наука, 2000. 294с.
9. Брандт З. Анализ данных. Статистические и вычислительные методы для научных работников и инженеров. М.: Мир, ООО «Издательство АСТ», 2003. 686с.

Надійшла до редколегії 04.03.2019.

УДК 676.163.022

DOI 10.31319/2519-2884.34.2019.8

КАМЕЛЬ Г.И.*, д.т.н., профессор
ИВЧЕНКО П.С., к.т.н., доцент
НОСЕНКО М.И.*, к.т.н., доцент
ЧАСОВ Д. П., к.т.н., доцент
БЕЛОЗУБ Л.В.*, инженер

Днепропетровский государственный технический университет, г. Каменское
*Запорожский авиационный колледж им. О.Г.Ивченко

ОЦЕНКА ИЗНОСА СОПРЯГАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ КОНИЧЕСКИХ ТРИБОСИСТЕМ

Введение. Анализ работы роторных питателей транспортной системы установок непрерывной варки Камюр на протяжении 30-ти лет показал высокую эксплуатационную надёжность, долговечность и безаварийность работы в автоматизированных системах в качестве узлов трения-скольжения конических сопрягаемых поверхностей.

Постановка задачи. В процессе работы роторные питатели непрерывно в течение года подают щепу в варочный котёл щелочным раствором при температуре 160°C и давлении 1,2 МПа. При этом под давлением гидроабразивного потока щелочи происходит износ и увеличение зазора в питателе, что делает невозможной работу автоматизированной транспортной системы. Для уменьшения зазора в питателе используется механизм присадки ротора, позволяющий непрерывно в течение года компенсировать зазоры, образовавшиеся при износе.

Целью работы является установление общих закономерностей износа сопрягаемых поверхностей конических трибосистем до и после эксплуатации роторных питателей шведской фирмы Камюр.

Результаты работы. Среди методов повышения эксплуатационной надёжности, долговечности и безаварийности машин и механизмов новыми направлениями при проектировании машин являются: 1) создание конструкций, износ которых наименьшим образом влиял на работу механизма; 2) обеспечение принципа равномерности износа во времени; 3) циклическая компенсация износа [1]. Этим требованиям соответствуют детали и узлы, у которых конические рабочие поверхности. Известны работы [1-3], где описываются закономерности износа роторных питателей Камюр шведского производства, у которых сопрягаемые поверхности вращающегося ротора и корпуса выполнены с конусностью 1:20. Роторные питатели (РП) работают в тяжелых экстремальных условиях: щелочная среда; высокая температура более (160°C); избыточное давление (1,2 МПа) и необходимость подачи щепы в варочный котёл непрерывно в течение года. В процессе эксплуатации под действием щелочной гидроабразивной среды происходит

увеличение зазора между вращающимся ротором и корпусом, что сопровождается повышенным протеканием щелочи через питатель и прекращением загрузки варочного котла щепой. Для компенсации зазора в РП предусмотрен специальный механизм присадки, при помощи которого при перемещении ротора в осевом направлении вглубь конического корпуса на 1-2 мм происходит уменьшение зазора в РП на 25-50 мкм.

На рис.1,а приведена схема сопряжения конического ротора 1 с коническим корпусом 2 (предварительно ротор выдвинут из корпуса на величину начального режима ротора Π_H перед эксплуатацией), а на рис.1,б – положение РП после осуществления присадки ротора. При перемещении ротора в осевом направлении Π_H происходит уменьшение зазоров соответственно для ротора на величину $S_{рн}$ и корпуса $S_{кн}$, которые связаны между собой зависимостью

$$S = S_{рн} + S_{кн} = \frac{\Pi_H \cdot K}{2} = \frac{\Pi_H}{2} \left(\frac{D_{рн} - d_k}{L_k} \right), \quad (1)$$

где S , $S_{рн}$ и $S_{кн}$ – соответственно суммарный износ РП, ротора и корпуса, мм; Π_H – прижим ротора, мм; $K=1:20=2\alpha$ – конусность ротора и корпуса; α – уклон ротора до эксплуатации, град; $D_{рн}$ и d_k – наибольший и наименьший диаметры корпуса.

Из подобия прямоугольных треугольников находим зависимость между величиной уклона $\alpha_{рн}$ ротора, износом корпуса, величиной присадки ротора:

$$\operatorname{tg} \alpha_{рн} = \frac{S_{кн}}{\Pi_H \cdot \cos \alpha}, \quad \alpha_{рн} = \operatorname{arctg} \frac{S_{кн}}{\Pi_H \cdot \cos \alpha}, \quad (2)$$

где $\alpha_{рн}$ – угол уклона ротора несопрягаемой его поверхности, град.

Многолетние наблюдения за работой РП показывают, как происходит изменение углов уклонов ротора и корпуса до и после эксплуатации. На рис.1,в и 1,г приведены схемы износа 3 на корпусе и роторе после 1-го этапа эксплуатации.

Величина износа ротора определяется по формуле:

$$S_{рн} = \frac{\Pi_H \cdot \sin(\alpha - \alpha_p)}{\sin \alpha_p}, \quad (3)$$

Из рис.1,в и 1,г видно, что угол уклона сопряжения ротора и корпуса не изменяется как до, так и после эксплуатации, а угол уклона ротора, вышедшего из сопряжения, уменьшается.

На втором этапе эксплуатации дальнейшее осевое перемещение ротора вглубь конического корпуса (рис.1,д, 1,е) позволяет дополнительно компенсировать износ. При перемещении ротора на величину прижима Π величина износа ротора и корпуса определяется по формуле:

$$S_k = \frac{\Pi - \sin(\alpha - \alpha_k)}{\cos \alpha_k}, \quad (4)$$

где S_k – износ корпуса, мм; α и α_k – исходные углы уклона корпуса до и после эксплуатации.

Угол уклона корпуса после эксплуатации определяется по формуле:

$$\alpha_k = \operatorname{arctg} \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{S_k}{\Pi \cdot \cos \alpha} \right). \quad (5)$$

Из рис.1,д и 1,е видно, что после второго этапа эксплуатации присадки ротора величина износа 4 распределяется следующим образом: на участках сопрягаемых поверхностей конусность остаётся постоянной, а на участках ротора и корпуса, вышедших из сопряжения, изменяется согласно формулам (2) для ротора, а для корпуса определяется по формуле:

$$\cos \alpha_{\text{к}} = \frac{\Pi \cdot \sin(\alpha - \alpha_{\text{к}})}{\cos \alpha_{\text{к}}} \quad (6)$$

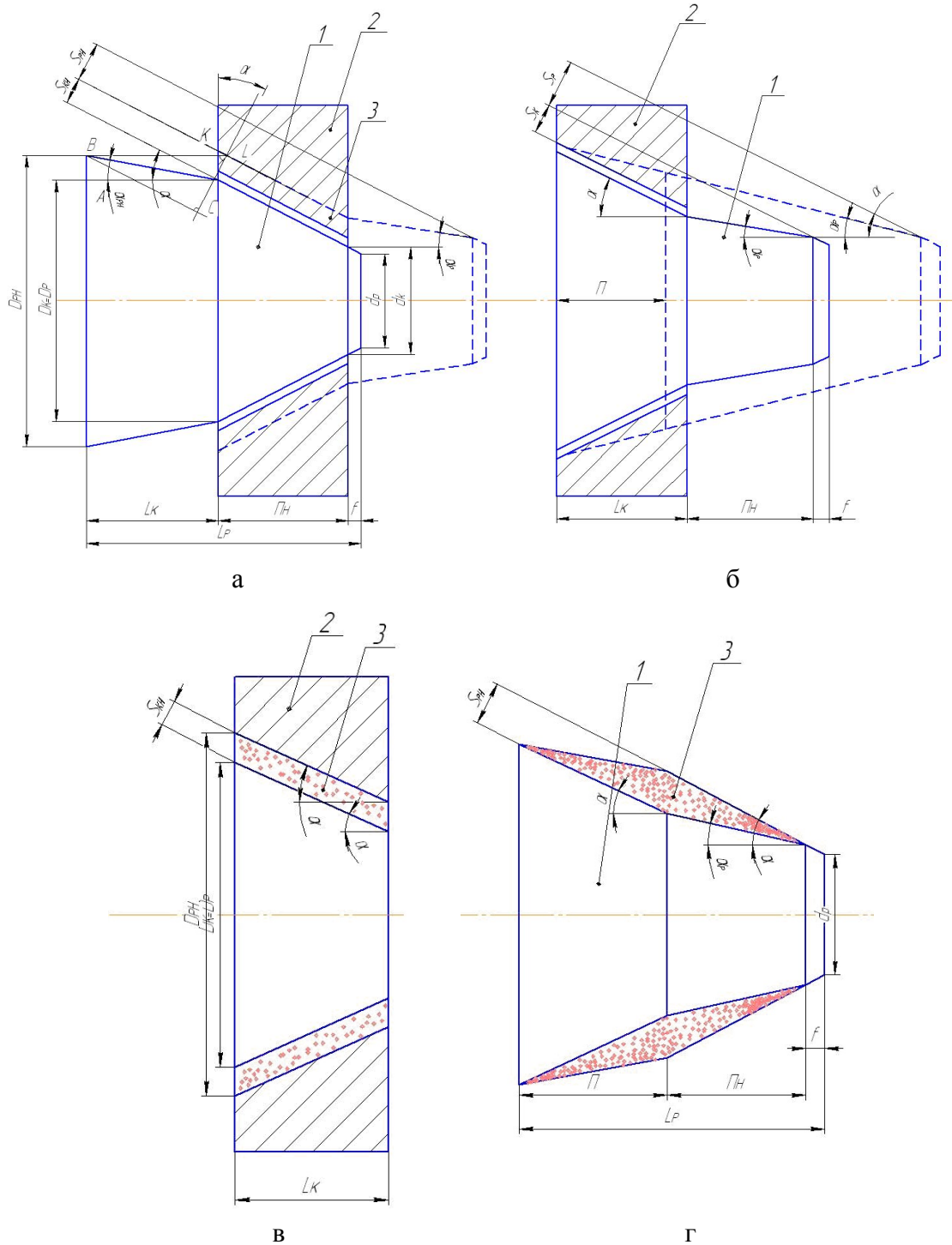
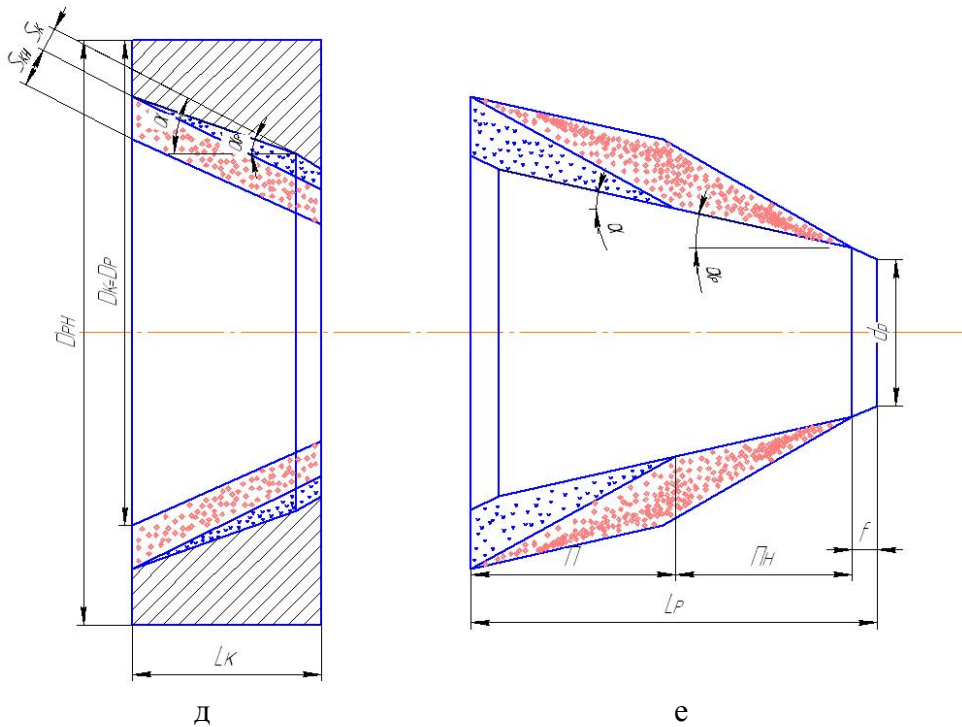


Рисунок 1 – Схема сопряжения рабочих конических поверхностей ротора и корпуса установки Камюр



1 – ротор; 2 – корпус; 3 и 4 – износ после первой и второй присадки ротора;
 а, б – сопряжение до и после эксплуатации; в, г – износ на поверхности корпуса и ротора после первого этапа перемещения ротора на величину Π_H ;
 д, е – износ на поверхностях корпуса и ротора после второго этапа присадки ротора Π ;
 $S_{кн}$ и $S_{рн}$ – износ корпуса и ротора после первой присадки; S_k и S_p – износ корпуса и ротора после второй присадки; α , α_p , α_k – величины углов сопряжения, ротора и корпуса; Π_H , Π – прижим ротора после первого и второго этапов присадки;
 $D_{рн}$ – наибольший диаметр ротора; $D_k = D_p$ – наибольшие основания ротора и корпуса;
 d_p и d_k – меньшие основания ротора и корпуса; $f = 10$ мм – выступающая часть ротора

Рисунок 1, лист 2

С учетом формул (1), (3),(4) определим суммарную величину рабочих слоев ротора и корпуса, которые используются для компенсации износа:

$$S = S_{рн} + S_{кн} + S_p + S_k = \frac{(\Pi_H + \Pi) \cdot K}{2}, \quad (7)$$

Выводы. 1. Для автоматизации технологических процессов целесообразно использовать в узлах трения конические сопрягаемые поверхности, которые обеспечивают в течение длительного времени циклическую компенсацию зазора, образовавшегося в результате износа.

2. Углы конусности и уклонов на сопрягаемых поверхностях сохраняются постоянными как на вращающейся детали, так и неподвижной детали. Углы конусности и уклонов на сопрягаемых поверхностях, вышедших из сопряжения, отличаются от первоначальных значений.

3. Суммарная величина износа ротора и корпуса, идущая на компенсацию износа в узлах трения, зависит от исходной конусности и величины осевого перемещения одной из деталей.

4. Получены математические зависимости для определения суммарного износа сопрягаемых деталей, величины углов конусности и уклонов сопряжений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костецкий Б.Н., Носовский Н.П., Бершадский Л.Н. Надежность и долговечность машин. К.: Техніка, 1975, 408с.
2. Нечаев Г.И., Камель Г.И. Повышение надежности и продуктивности загрузочных устройств непрерывной варки целлюлозы и полуцеллюлозы: монография. Луганск: Восточно-укр. нац. ун-т им. В.Даля, 2005. 392с.
3. Камель Г.И. Роторные питатели установок непрерывной варки целлюлозы: монография. М.: Лесная промышленность, 1987. 160с.

Поступила в редколлегию 28.02.2019.

УДК 671.791

DOI 10.31319/2519-2884.34.2019.9

КАМЕЛЬ Г.И.* , д.т.н., профессор
ГАСИЛО Ю.А., к.т.н., доцент
ИВЧЕНКО П.С., к.т.н., доцент
ВОЛКОВ Г.П.* , к.т.н., доцент
ЗАДОЯ Н.О.* , к.т.н., доцент

Днепропетровский государственный технический университет, г. Каменское
*Запорожский авиационный колледж им. О.Г.Ивченко

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗНОСА СОПРЯГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ОСНОВАНИЙ И СРЕДНИХ ПЕРЕМЫЧЕК ДЕТАЛЕЙ КОНИЧЕСКИХ ТРИБОСИСТЕМ

Введение. Основания и средние перемычки ротора (вращаются) и корпуса (неподвижные) выполняют следующие функции: обеспечивают автономную работу двух секций; осуществляют автономную работу циркуляции щелочи высокого и низкого давлений; являются каркасом, на котором удерживаются остальные детали, обеспечивающие выполнение всех функций питателя высокого давления (ПВД); поддерживают разность давлений между секциями.

Постановка задачи. Согласно работе [1] из всех видов отказов оборудования транспортно-загрузочной системы (ТЗС) на долю роторного питателя высокого давления (ПВД) приходится 80%, а в самом роторном ПВД 95% всех отказов приходится на выполнение технологической операции компенсации критического зазора (ККЗ). ККЗ выполняется оператором вручную при осевом перемещении конического ротора вглубь конического корпуса. При уменьшении зазора в роторном ПВД конических трибосистем (КТС) происходят сложные триботехнические процессы, которые мало освещены в технической литературе. Известно [1], что на долю оснований и средних перемычек (О и СП) ротора и корпуса приходится от 10 до 25% всех рабочих конических сопрягаемых поверхностей КТС.

Цель исследования – установить закономерности сопряжений и износа в процессе трения в контактном пространстве фрикционных пар оснований и средних перемычек ротора и корпуса.

Результаты работы. Объектом исследования выбраны конические роторные питатели шведской фирмы Камюр, которые осуществляют непрерывно в течение года транспортирование и загрузку варочного котла древесной щепой под высоким давлением.

Условно все сопрягаемые поверхности ротора и корпуса КТС, согласно работе [1], делятся на три характерных участка: