

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ДЛЯ ТЯГОВЫХ БАРАБАНОВ С ЗАКЛИНИВАЮЩИМ ПРОФИЛЕМ И ПРИЖИМНЫМ РОЛИКОМ

Е.К. Орлов, А.В. Дегутис, И.А. Чибисов

ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»,
Россия, 236022, г. Калининград, Советский проспект, 1
E-mail: orlovhome@mail.ru

Получена эмпирическая формула статического коэффициента трения $\mu_{ст}$, позволяющая проводить расчет при различных физических условиях. Выполнены экспериментальные работы, и по их результатам рассчитаны статические коэффициенты трения для трибопар, образованных канатно-веревочными изделиями (КВИ) и тяговыми барабанами с заклинивающим профилем и прижимным роликом. Для тяговых барабанов с заклинивающим профилем и капроновых КВИ получены зависимости статического коэффициента трения от отношения натяжений в набегающей и сбегающей ветвях КВИ S_{1max}/S_2 , угла заклинивания β тягового барабана и фактической влажности КВИ $W_{ф}$ $\mu_{ст}=f(S_{1max}/S_2, \beta, W_{ф})$. Для тяговых барабанов с прижимным роликом и капроновых КВИ получены зависимости статического коэффициента трения от угла прижатия ролика $\mu_{ст}=f(\alpha_{пр})$.

статический коэффициент трения, трибопара, заклинивающий профиль, прижимной ролик, эксперимент, расчетная формула

ВВЕДЕНИЕ

Механизмы фрикционного типа (МФТ), применяемые для выборки орудий рыболовства (ОР), имеют тяговые барабаны цилиндрической и клиновидной формы. Для увеличения силы трения между ОР и тяговыми барабанами последние футеруют резиной и оснащают прижимными роликами (рис. 1 и 2).



Рис. 1. Неводовыборочная машина «TRIPLEX» с тяговыми барабанами цилиндрической формы, футерованными резиной

Fig. 1. Seine hauler car «TRIPLEX» with traction cylindrical drums covered



with rubber

Рис. 2. Лебедка ярусная комплекса «Банга» со стальными тяговыми барабанами клиновидной формы и прижимным роликом

Fig. 2. Winch tiered complex «Banga» traction with steel drums wedge and the pressure roller

В барабане с заклинивающим профилем контакт с канатом происходит на двух поверхностях (рис. 3).

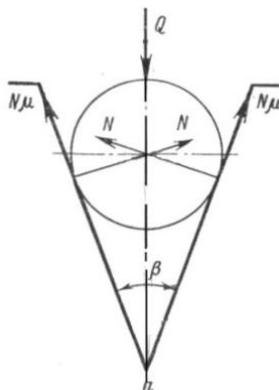


Рис. 3. Схема сил, действующих на КВИ в барабане с заклинивающим профилем:

Q – радиальная сила; N – нормальная нагрузка; β – угол заклинивания;
 μ – коэффициент трения

Fig. 3. Diagram of the forces acting on the drum with the TCR wedging profile:

Q – radial force; N – normal load; β – angle wedge; μ – coefficient of friction

В этом случае при расчете натяжения набегающей ветви S_1 используется приведенный коэффициент трения μ' , который при установившемся движении ($\mu N \neq 0$) определяется как

$$\mu' = \frac{\mu}{\sin \frac{\beta}{2}}, \quad (1)$$

где μ – коэффициент трения между КВИ и поверхностью барабана; β – угол заклинивания.

Для расчета μ' необходимо предварительно определить коэффициент трения μ , что является, в известной степени, проблемой, так как общепринятой методики для этого нет [1].

Для барабана, имеющего на сбегающей ветви прижимной ролик (рис. 4), натяжение набегающей ветви S_1 определяется по формуле

$$S_1 = (S_2 + \mu_1 N_p) e^{\mu \alpha}, \quad (2)$$

где S_2 – натяжение сбегающей ветви; N_p – сила прижатия ролика, Н; μ_1 – коэффициент трения между КВИ и поверхностью ролика; μ – коэффициент трения между КВИ и поверхностью барабана; α – центральный угол дуги охвата [1].

И в этом случае отсутствие методик для определения коэффициентов трения μ и μ_1 также является проблемой.

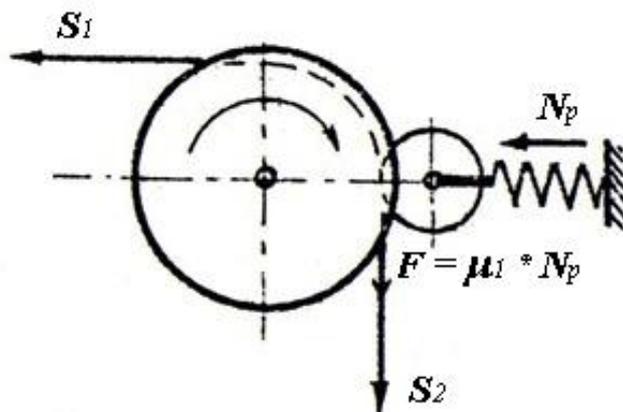


Рис. 4. Схема сил, действующих на барабане с прижимным роликом
Fig. 4. Diagram of the forces acting on the drum with the pressure roller

В результате экспериментальных работ с канатно-веревочными изделиями и стальными цилиндрическими барабанами МФТ, которые были проведены на кафедре промышленного рыболовства ФГБОУ ВПО «КГТУ», получена эмпирическая формула для статического коэффициента трения

$$\mu_{cm} = 0,6 \sqrt{\frac{S_{1max} - 1}{S_2} \cdot \frac{1}{\alpha}}, \quad (3)$$

где S_{1max} – предельное значение натяжения набегающей ветви КВИ, при котором барабан МФТ и КВИ работают без проскальзывания [2].

Верификация формулы показала, что с ее помощью можно рассчитывать коэффициент трения для трибопар «КВИ – барабан МФТ» при различных физических условиях (материал и геометрические параметры барабанов и КВИ; фактическая влажность W_ϕ КВИ; окружная скорость на поверхности барабана V_6 ; номинальное давление p ; центральный угол дуги охвата α), поскольку от них зависит величина силы трения покоя F_n в трибопаре, а от F_n , в свою очередь, зависит натяжение набегающей ветви КВИ $S_{1max} = F_n - S_2$ [3].

Эмпирическая формула (3) дала возможность продолжить экспериментальные исследования с целью определения статического коэффициента трения для трибопар «КВИ – барабан с заклинивающим профилем» и «КВИ – барабан с прижимным роликом».

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ
ДЛЯ ТРИБОПАР «КВИ – БАРАБАН С ЗАКЛИНИВАЮЩИМ ПРОФИЛЕМ»**

Были проведены экспериментальные исследования трибопар, составленных из капроновых крученых канатов и барабанов с заклинивающим профилем, изготовленных из стали и литьевого алюминия АЛ-9 (табл.1).

Таблица 1. Трибопары «КВИ – барабан с заклинивающим профилем»
Table 1. Tribopairs «TCR - drum wedging profile»

ТРИБОПАРЫ				
Образцы КВИ	Барабаны МФТ			
Канаты капроновые, d, мм	сталь, $D_0=96$ мм, $\beta=36^\circ$	АЛ-9, $D_0=99$ мм, $\beta=31^\circ$	АЛ-9, $D_0=128$ мм, $\beta=38^\circ$	АЛ-9, $D_0=289$ мм, $\beta=37^\circ$
КВИ сухие ($W_{\phi}=4\%$)				
8	КВИ-МФТ 1	КВИ-МФТ 2	КВИ-МФТ 3	КВИ-МФТ 4
10	КВИ-МФТ 5	КВИ-МФТ 6	КВИ-МФТ 7	КВИ-МФТ 8
11	КВИ-МФТ 9	КВИ-МФТ 10	КВИ-МФТ 11	КВИ-МФТ 12
КВИ мокрые ($27\% \leq W_{\phi} \leq 68\%$)				
8		КВИ-МФТ 13	КВИ-МФТ 14	
10		КВИ-МФТ 15	КВИ-МФТ 16	
11		КВИ-МФТ 17	КВИ-МФТ 18	

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 5.

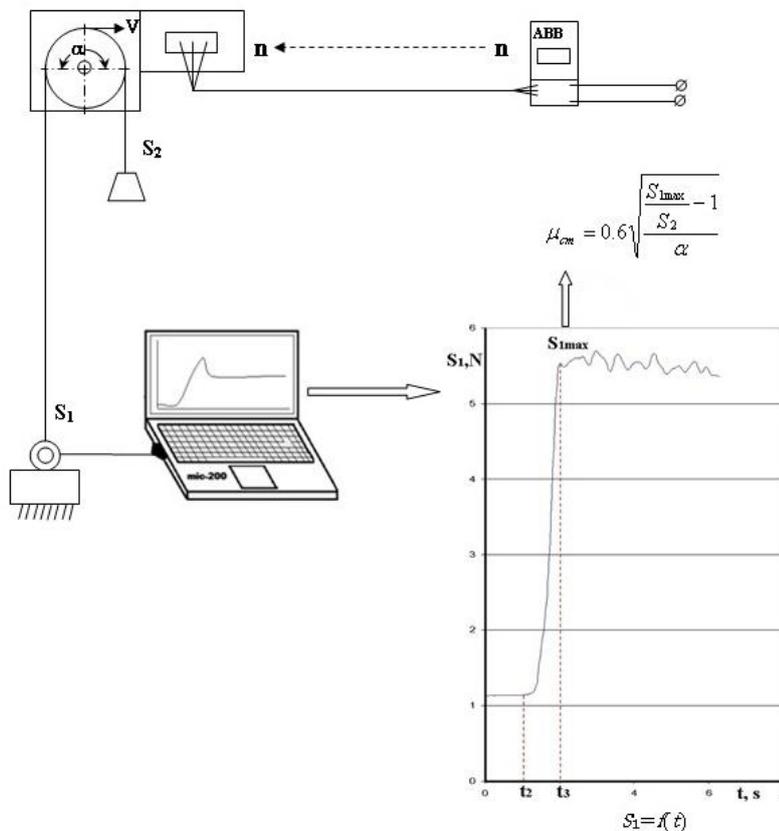


Рис. 5. Схема экспериментальной установки
Fig. 5. Schematic of the experimental setup

Для экспериментов были выбраны канаты, диаметры которых обеспечивали контакт только с боковыми стенками барабана (рис. 6).



Рис. 6. Контакт КВИ с боковыми стенками барабана в трибопаре «КВИ – МФТ 1»

Fig. 6. TCR contact with the side walls of the drum in tribopare «TCR – MFT 1»

Расчет статического коэффициента трения проводился по формуле (3). Получены зависимости $\mu_{ст} = f(S_{1max}/S_2, \beta, W_\phi)$. В качестве примера на рис. 7 приведены зависимости для трибопар «КВИ-МФТ 5» – «КВИ-МФТ 8».

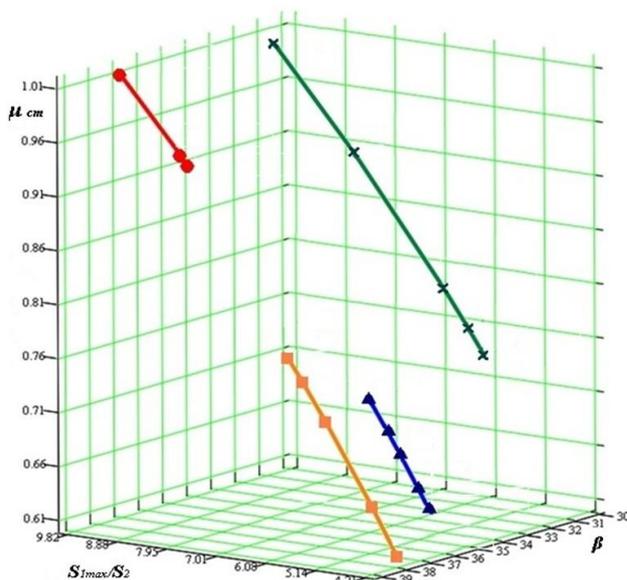


Рис. 7. Зависимости $\mu_{ст} = f(S_{1max}/S_2, \beta, W_\phi)$ для трибопар:

- ▲ -КВИ-МФТ5;
- ×× -КВИ-МФТ6;
- -КВИ-МФТ7;
- -КВИ-МФТ8

Fig. 7. Dependence $\mu_{ст} = f(S_{1max}/S_2, \beta, W_\phi)$ for tribopairs:

- ▲ - TCR-MFT5;
- ×× - TCR-MFT6;
- - TCR-MFT7;
- - TCR-MFT8

Результаты проведенных экспериментальных работ показали, что изменение внешней нагрузки со стороны КВИ на барабан с заклинивающим профилем не приводит к существенному изменению статического коэффициента трения.

Отсюда можно сделать вывод, что тяговые барабаны с заклинивающим профилем могут обеспечивать выборку орудия рыболовства без проскальзывания.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ДЛЯ ТРИБОПАР «КВИ – БАРАБАН С ПРИЖИМНЫМ РОЛИКОМ»

Были проведены экспериментальные исследования трибопар, состав которых представлен в табл. 2.

Таблица 2. Трибопары «КВИ – барабан с прижимным роликом»
Table 2. Tribopairs «TCR – drum pressure roller»

Образцы КВИ (сухие, $W_{\phi}=4\%$)	ТРИБОПАРЫ		
	Барабаны МФТ		
	сталь, цилиндр, $D_0=104$ мм	сталь, цилиндр, $D_0=129$ мм	сталь, цилиндр, $D_0=152$ мм
Нитка крученая капроновая, $d=2,2$ мм	КВИ-МФТ 19	КВИ-МФТ 20	КВИ-МФТ 21
Веревка крученая капроновая, $d=4$ мм	КВИ-МФТ 22	КВИ-МФТ 23	КВИ-МФТ 24
Веревка крученая капроновая, $d=5$ мм	КВИ-МФТ 25	КВИ-МФТ 26	КВИ-МФТ 27

Угол охвата составлял $\alpha=180^\circ$. Дополнительная нагрузка N_p , имитирующая действие прижимного ролика, была приложена в точках, которым соответствовали углы прижатия $\alpha_{np1}=120^\circ$, $\alpha_{np2}=135^\circ$, $\alpha_{np3}=150^\circ$ (рис. 8).

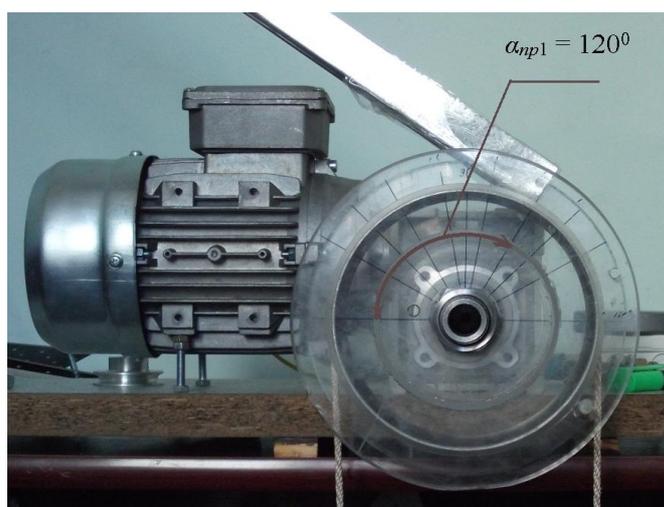


Рис. 8. Угол прижатия $\alpha_{np1}=120^\circ$
Fig. 8. Corner pressing $\alpha_{pr1}=120^\circ$

Дополнительная нагрузка в каждой точке имела три значения: $N_{p1}=1,964$ Н; $N_{p2}=2,946$ Н и $N_{p3}=3,928$ Н. Расчет статического коэффициента трения проводился по формуле (3). Получены зависимости $\mu_{ст}=f(\alpha_{np})$. В качестве примера на рис. 9 приведены зависимости для трибопары «КВИ-МФТ 25». Анализ зависимостей показывает, что при увеличении угла прижатия α_{np} происходит рост значений для $\mu_{ст}$. Полученные результаты помогут обоснованию тягового усилия подвесных неводовыборочных машин, оснащенных прижимными роликами.

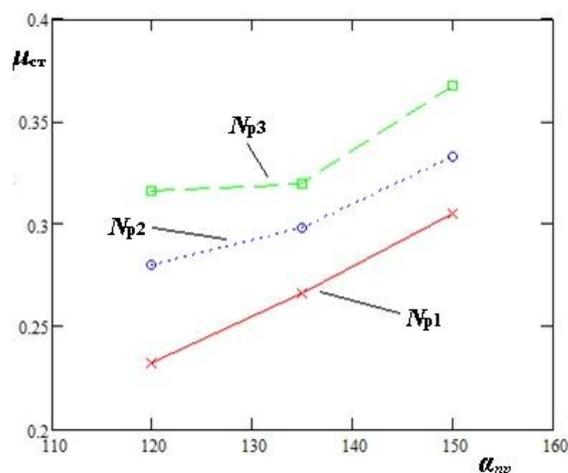


Рис. 9. Зависимости $\mu_{ст}=f(\alpha_{пр})$ для трибопары «КВИ – МФТ 25»
 Fig. 9. Dependence $\mu_{st}=f(\alpha_{pr})$ for tribopair «TCR – MFT 25»

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Торбан, С.С. Механизация процессов промышленного рыболовства / С.С. Торбан. – М.: Пищ. пром-сть, 1977. – 201 с.
2. Недоступ, А.А. Эмпирическая формула расчета статического коэффициента трения для канатно-веревочных изделий / А.А. Недоступ, Е.К. Орлов // Рыбное хозяйство. – 2010. – №3. – С.75-77.
3. Орлов, Е.К. Экспериментальные исследования статического коэффициента трения при различных физических условиях выборки орудий рыболовства механизмами фрикционного типа / Е.К. Орлов // Международная научно-практическая конференция, посвященная 125-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники РСФСР Баранова Федора Ильича, 25-26 октября 2011 г. / КГТУ: мат. докл. – Калининград, 2011. – С. 310-321.

Статья подготовлена в рамках выполнения гранта РФФИ № 11-08-00096-а.

STUDY OF STATIC COEFFICIENT OF FRICTION FOR TRACTION DRUM WITH WEDGE PROFILE AND THE PRESSURE ROLLER

E.K. Orlov, A.V. Degutis, I.A. Chibisov

In the department of industrial fishing the empirical formula of static friction μ_{st} that enables the calculation under different physical conditions (material and geometric parameters of the drums and the TCR, actual humidity W_f TCR, circumferential speed on the drum V_b ; nominal pressure p , the central arc angle of coverage α). The experimental work and on the results calculated static friction coefficients tribopairs formed of fishing threads, cords and ropes (TCR) and traction drums with wedging profile and the pressure roller. For traction drums wedging profile and nylon TCR dependences static coefficient of friction on the ratio of the stress in the incident and trailing branches TCR S_{1max}/S_2 , wedge angle β traction drum and actual humidity TCR $\mu_{st} W_f = f(S_{1max}/S_2, \beta, W_f)$. For traction drums with nylon rollers and KVI dependences of the static coefficient of friction on the angle of pressing roller $\mu_{st} = f(\alpha_{pr})$.

static coefficient of friction, tribopair, wedge profile, pinch roller, experiment, calculation formula