



## К ВЫБОРУ КРИТЕРИЕВ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РОЛИКОВЫХ МЕХАНИЗМОВ СВОБОДНОГО ХОДА

П.С. Баврин, студент,  
bavrin98@gmail.com  
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет»

С использованием аналитических зависимостей сопротивления материалов и машиноведения выполнено исследование характера и степени влияния допускаемых нормальных и касательных напряжений на нагрузочную способность роликовых механизмов свободного хода. Установлено, что влияние допускаемых нормальных и касательных напряжений на нагрузочную способность носит качественно похожий характер, но различается количественно. При использовании допускаемых касательных напряжений в качестве критерия работоспособности нагрузочная способность роликовых механизмов свободного хода будет больше в 1,2 раза.

*роликовый механизм свободного хода, допускаемое нормальное напряжение, допускаемое касательное напряжение, нагрузочная способность, работоспособность*

Роликовые механизмы свободного хода (МСХ) являются одними из наиболее нагруженных элементов приводов пищевых машин и технологического оборудования. Они функционируют при значительной частоте включения, которая может достигать 50 Гц, больших передаваемых вращающих моментов и динамических нагрузок [1–5].

В зависимости от функционального назначения роликовые МСХ могут иметь различное конструктивное исполнение (рис. 1 и 2).

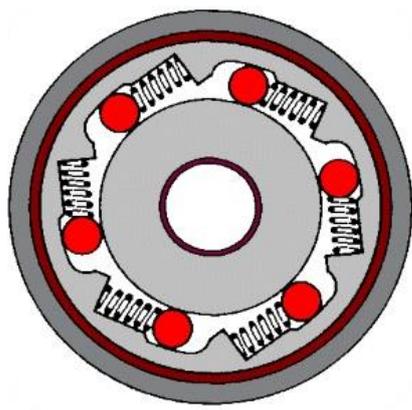


Рисунок 1 – Роликовый МСХ с внешней звездочкой

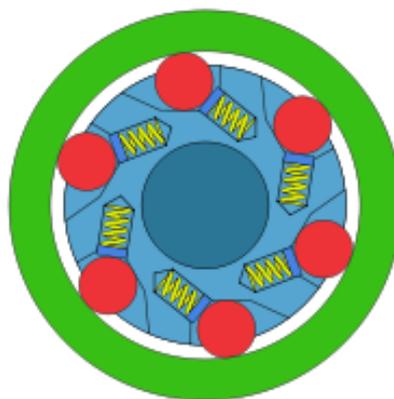


Рисунок 2 – Роликовый МСХ с внутренней звездочкой

Однако, несмотря на разнообразие конструктивных схем роликовых МСХ их основными рабочими элементами являются: внешняя обойма (1); заклинивающийся ролик (2); внутренняя звездочка (3) (рис. 3,а).

При заклинивании роликового МСХ (рис. 3,б) в точках взаимодействия заклинивающего ролика с внешней обоймой (точка А) и внутренней звездочкой (точка В)

действуют нормальная сила  $F_N$  и сила трения  $F_T$ , которые определяются соответственно по формулам:

$$F_N = \frac{2T}{zD \sin(\alpha/2)}, \quad (1)$$

$$F_T = F_N f, \quad (2)$$

где  $T$  – передаваемый механизмом вращающий момент;  
 $z$  – число заклинивающихся роликов;  
 $D$  – внутренний диаметр внешней обоймы;  
 $\alpha$  – угол заклинивания;  
 $f$  – коэффициент трения скольжения.

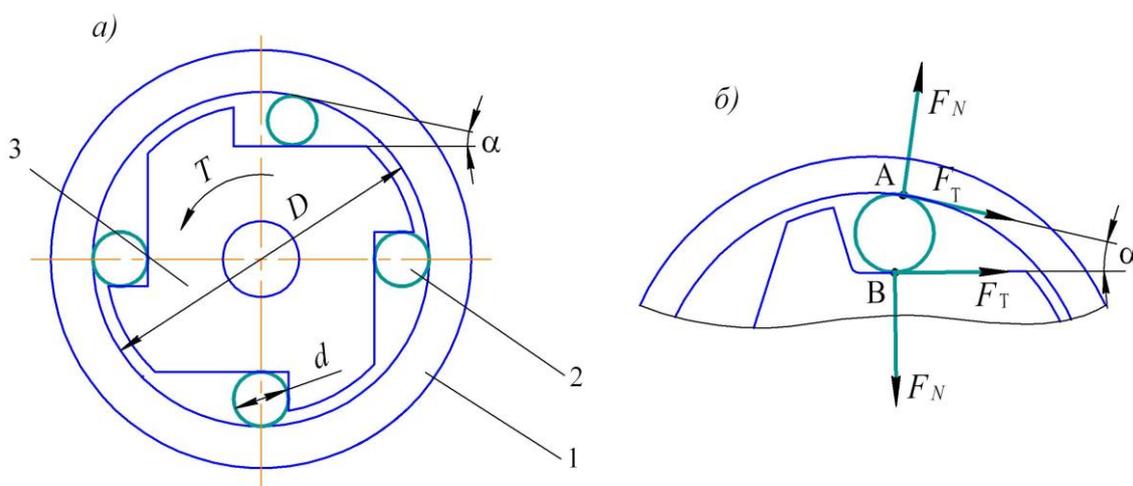


Рисунок 3 – Конструктивная и силовая схемы роликового механизма свободного хода

Одним из важнейших параметров, характеризующих работоспособность роликовых МСХ, является нагрузочная способность – величина передаваемого механизмом вращающего момента.

В настоящее время для анализа влияния параметров различных инженерных конструкций, в том числе роликовых МСХ, на их нагрузочную способность широко используют как аналитические, так и численные методы [6–14]. Аналитические методы чаще всего основываются на известных и хорошо апробированных зависимостях сопротивления материалов, машиноведения, теории упругости и др.

При определении работоспособности роликового МСХ существует две аналитические методики.

**Первая методика** основывается на том, что учитывается только действие нормальной силы  $F_N$ . Так как коэффициент трения в паре «сталь-сталь» со смазкой составляет  $f=0,04...0,07$ , то, согласно формулы (2), сила нормального давления намного больше силы трения  $F_N = (14...25)F_T$  и, как следствие, ее влияние пренебрежимо мало. В этом случае в качестве критерия работоспособности принимают контактные напряжения  $\sigma_f \leq [\sigma_H]$ , которые определяются по формуле [15]:

$$\sigma_H = 0,418 \sqrt{\frac{2TKE}{0,5Dzld \sin(\alpha/2)}}, \quad (3)$$

где  $E$  – модуль упругости материала элементов механизма;  
 $k$  – коэффициент динамичности нагрузки;  
 $d$  и  $l$  – диаметр и длина заклинивающихся роликов.

**Вторая методика** основывается на том, что учитывается одновременное действие нормальной силы  $F_N$  и силы трения  $F_T$ , под действием которых в точке контакта возникает сложное напряженное состояние. В этом случае в качестве критерия работоспособности принимаются касательные напряжения  $\tau \leq [\tau]$ , определяемые по формуле [3]:

$$\tau = 0,142 \sqrt{\frac{TkE}{0,25Dzldtg(\alpha/2)}} \quad (4)$$

Таким образом, возникает вопрос, какой из двух критериев работоспособности наиболее точно и достоверно оценивает нагрузочную способность роликового МСХ.

Величину вращающего момента можно выразить из формул (3) и (4) как:

$$T = \frac{1,43Dzld \sin(\alpha/2)[\sigma_H]^2}{kE} \quad (5)$$

$$T = \frac{12,39Dzldtg(\alpha/2)[\tau]^2}{kE} \quad (6)$$

Допускаемые контактные напряжения можно принимать в широком диапазоне в зависимости от функционального назначения и условий эксплуатации роликовых МСХ. Обычно их величину выбирают в интервале  $[\sigma_H]=800\dots2000$  МПа [1, 2, 12]. При увеличении напряжений ресурс роликовых МСХ резко снижается.

Допускаемые касательные напряжения в зависимости от числа роликов и режима эксплуатации можно принять по табл. 1.

Таблица 1 – Допускаемые касательные напряжения для роликовых МСХ [1–3]

Число роликов $z$	Число циклов включения	Допускаемое напряжение $[\tau]$ , МПа
3	$(26\dots32) 10^6$	350
5	$(30\dots40) 10^6$	
3	$(14\dots16) 10^6$	500
5	$(16\dots20) 10^6$	
3	$(8\dots10) 10^6$	620
5	$(9\dots14) 10^6$	

Расчеты сравнения влияния допускаемых напряжений на нагрузочную способность роликовых МСХ проведены по формулам (5) и (6).

Параметры механизмов следующие: внутренний диаметр обоймы  $D=100$  мм; число заклинивающихся роликов  $z=5$ ; угол заклинивания  $\alpha=7^\circ$ ; диаметр заклинивающихся роликов  $d=13$  мм; длина заклинивающихся роликов  $l=26$  мм; модуль упругости материала элементов механизма  $E=2,1 \cdot 10^5$  МПа; коэффициент режима работы  $k=1,2$ .

На рис. 4 приведена кривая, показывающая характер и степень влияния допускаемого контактного напряжения  $[\sigma_H]$  на величину передаваемого вращающего момента  $T$ . Как видно из полученных результатов, при росте величины контактного напряжения с 800 до 2000 МПа (в 2,5 раза) наблюдается нелинейное увеличение вращающего момента с 38 до 234 Н·м (в 6,15 раза).

На рис. 5 приведена кривая, показывающая характер и степень влияния допускаемого касательного напряжения  $[\tau]$  на величину передаваемого вращающего момента  $T$ . Как видно из полученных результатов, при росте величины касательного напряжения с 300 до 700 МПа (в 2,33 раза) наблюдается нелинейное увеличение вращающего момента с 46 до 248 Н·м (в 5,39 раза).

На рис. 6 приведена количественная оценка влияния допускаемых напряжений, которые для наглядности приведены в безразмерном виде, полученных путем деления соответственно текущего напряжения  $[\sigma_H]_i$  и  $[\tau]_i$  на его наименьшую величину  $[\sigma_H]_{\min}=800$  МПа и  $[\tau]_{\min}=300$  МПа –  $K_\sigma = [\sigma_H]_i / [\sigma_H]_{\min}$ ,  $K_\tau = [\tau]_i / [\tau]_{\min}$ .

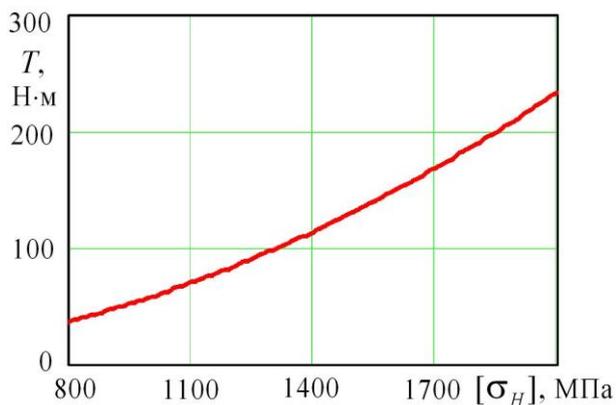


Рисунок 4 – Влияние допускаемого контактного напряжения на нагрузочную способность

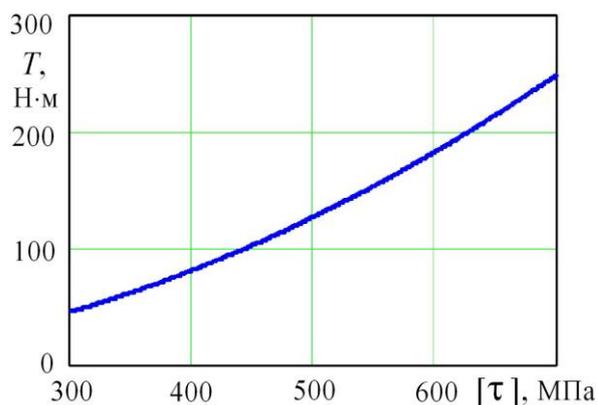


Рисунок 5 – Влияние допускаемого касательного напряжения на нагрузочную способность

Анализ полученных результатов показывает, что при выборе в качестве критерия работоспособности роликовых МСХ допускаемого касательного напряжения их расчетная нагрузочная способность будет в среднем больше на 21 %.

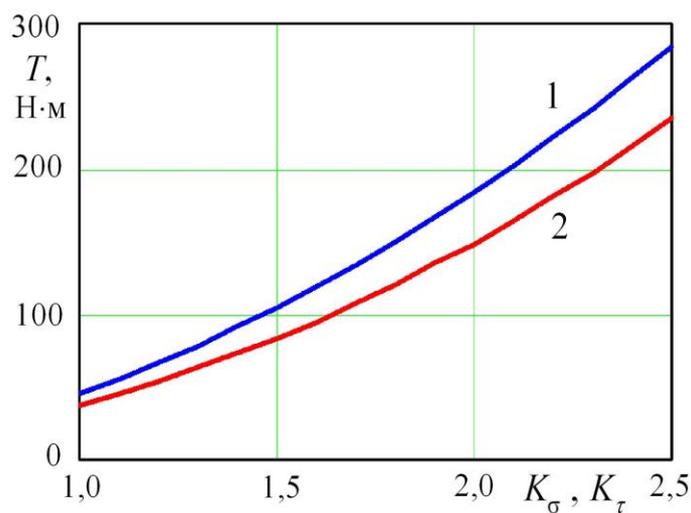


Рисунок 6 – Сравнение влияния допускаемых напряжений на нагрузочную способность:  
1 –  $[\tau]$ ; 2 –  $[\sigma_H]$

Полученные результаты позволяют на начальном этапе проектирования роликовых МСХ предварительно выбрать необходимые величины допускаемых контактных и касательных напряжений для обеспечения заданной нагрузочной способности механизмов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ряховский, О. А. Справочник по муфтам / О. А. Ряховский, С. С. Иванов. – Ленинград: Политехника, 1991. – 384 с.
2. Архангельский, Г. В. Роликовые механизмы свободного хода / Г. В. Архангельский, А. Г. Архангельский. – Одесса: Наука и техника, 2009. – 92 с.
3. Мальцев, В. Ф. Роликовые механизмы свободного хода / В. Ф. Мальцев. – Москва: Машиностроение, 1968. – 415 с.
4. Шарков, О. В. Исследование кинематических характеристик импульсных вариаторов / О. В. Шарков, А. В. Калинин // Вестник машиностроения. – 2009. – № 6 – С. 21-24.
5. Конструирование муфт свободного хода редукторов / А. С. Иванов [и др.] // Вестник машиностроения. – 2014. – № 10. С. 3–7.
6. Попов, А. В. Анализ распределения напряжений в механизме свободного хода клинового типа повышенной нагрузочной способности / А. В. Попов // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2015. – № 8(168). – С. 110-112.
7. Строков, А. М. Силовое взаимодействие в кулачково-роликовой муфте / А. М. Строков // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. – 2014. – Т. 1, № 3 (21). – С. 74-79.
8. Шарков, О. В. Влияние геометрических параметров внешней обоймы на ее напряженно-деформированное состояние / О. В. Шарков, И. А. Золотов // Вестник машиностроения. – 2011. – № 4. – С. 41-43.
9. Хабрат, Н. И. Силовые взаимодействия деталей в роликовой обгонной муфте / Н. И. Хабрат // Вестник машиностроения. – 2011. – № 7. – С. 33-37.
10. Притыкин, А. И. Местная устойчивость балок с гибкой стенкой и способы ее повышения / А. И. Притыкин // Строительная механика и расчет сооружений. – 2012. – № 4. – С. 25-31.
11. Гончаров, А. А. Численное моделирование кинематических состояний клинового механизма свободного хода в фазе активного нагружения / А. А. Гончаров // Вестник машиностроения. 2010. – № 2. – С. 10-16.
12. Золотов, И. А. Анализ напряженно-деформированного состояния внешней обоймы роликовых механизмов свободного хода / И. А. Золотов, О. В. Шарков // Известия вузов. Машиностроение. – 2013. – № 10. – С. 36-41.
13. Шапошников, А. В. Распределение нормальных давлений в контакте хомута и шкива дифференциального механизма свободного хода / А. В. Шапошников // История и перспективы развития транспорта на севере России. – 2010. – № 1. – С. 123-128.
14. Притыкин, А. И. Способы повышения местной устойчивости балок с вырезами / А. И. Притыкин, И. А. Притыкин // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 7. – С. 50-51.
15. Решетов, Д. Н. Детали машин / Д. Н. Решетов. – Москва: Машиностроение, 1989. – 496 с.

## THE CHOICE OF CRITERIA OF OPERATIONAL CAPABILITY OF ROLLER FREEWHEEL MECHANISMS

P.S. Bavrin, student,  
bavrin98@gmail.com  
Kaliningrad State Technical University

With the use of analytical dependences of material strength and machine science, the study of the character and degree of influence of working normal and tangential stresses on the load

capacity of roller freewheel mechanisms is carried out. It is established that the influence of working normal and tangential stresses on the load capacity of roller freewheel mechanisms qualitatively has similar character, but differs quantitatively. With the use of working normal and tangential stresses, the load capacity of the roller freewheel mechanisms be more in 1.2 times.

*roller freewheel mechanism, working normal stress, working tangential stress, durability, operational capability*