

В. Д. Мартынихин, А. В. Доменикан

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЯГОВОЙ СПОСОБНОСТИ РИФЛЕННОГО КАНАТОВЕДУЩЕГО ШКИВА

Известно, что основными характеристиками канатоведущего шкива той или иной конструкции являются тяговые качества, долговечность работы на нем каната, а также износ поверхности шкива, взаимодействующей с канатом.

В настоящее время в лесной промышленности находят применение шкивы с параболической поверхностью русла, а также шкивы с боковым или кулачковым прижатием каната. Конструкции этих шкивов по указанным выше признакам не всегда полностью удовлетворяют производителей. В связи с этим в Белорусском технологическом институте им. С.М. Кирова разработан новый тип канатоведущего шкива (1; 2). Основной его особенностью является применение секционного рифленного русла, положительный эффект которого на долговечность каната установлен при работе канатов на рифленных блоках, а также под рифлеными катками грузовой каретки лесотранспортной канатной установки. Вместе с тем уже сама форма поверхности опорной части рифленного русла предопределяет его более высокие, ценные для канатоведущих шкивов, сцепные качества. Нужно только передать через секции тяговое усилие и обеспечить возможность регулирования зазоров между ними по мере вытяжки каната. В экспериментальном канатоведущем шкиве, показанном на рис. 1, тяговое усилие передается через пальцы, соединенные с секциями, а величина зазоров между последними регулируется путем радиального перемещения секций при помощи двух конических дисков, на которые оперты пальцы.

Рассматривая контакт каната двойной свивки с рифленным руслом шкива, нужно отметить, что потеря сцепления каната со шкивом и появление буксования будет сопровождаться следующими явлениями:

1. Либо винтовым скольжением каната, когда одновременно со скольжением прядей во впадинах рифлений будет происходить вращение каната относительно своей оси;

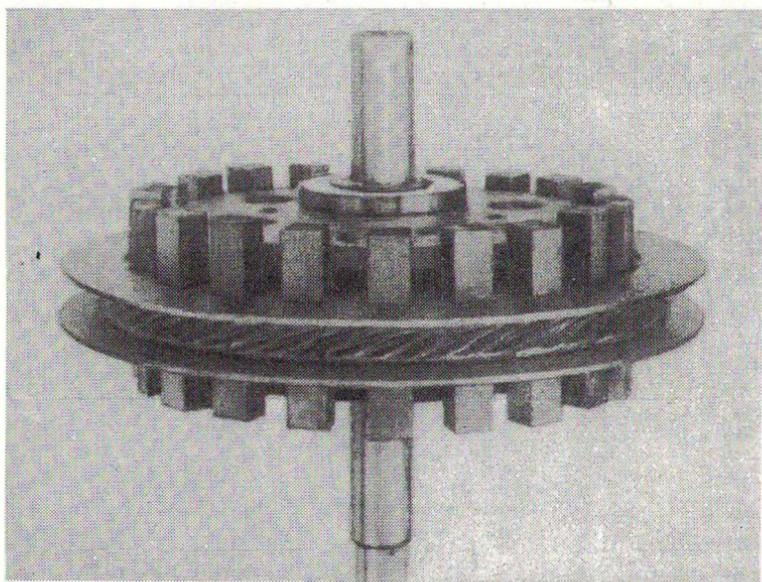


Рис. 1. Рифленый канатогородящий шкив.

2. Либо переходом прядей, без вращения каната, через гребни рифлений при условии повышения крутильной жесткости каната. Первый случай будет иметь место, когда набегающая ветвь будет достаточной длины, ибо вращение каната в русле сопровождается закручиванием одной ветви и раскручиванием другой. И только при значительном закручивании каната, когда повысится его крутильная жесткость, может произойти переход каната через гребни рифленой поверхности. Очевидно для практики, при соблюдении допустимых пределов буксования шкива, первый случай следует считать основным.

Произведем расчет тяговой способности рифленого шкива для обоих случаев потери сцепления без учета дискретности распределения нагрузки на проволоки каната.

В основу расчета положим известную формулу Эйлера

$$S_1 = S_2 L^{\mu \alpha}, \quad (1)$$

где μ — приведенный коэффициент трения, обусловленный наличием рифлений в русле шкива; S_1 — усилие в набегающей ветви каната; S_2 — усилие в сбегающей ветви каната; α — угол обхвата шкива канатом.

Приведенный коэффициент трения для нашего случая представляет собой отношение элементарной силы тяги к сумме элементарных давлений на рассматриваемом участке (форма Амонтона), т.е.

$$\mu = \frac{dS}{\sum dR_n} \quad , \quad (2)$$

где dS — элементарная сила тяги; $\sum dR_n$ — сумма элементарных давлений на рассматриваемом участке.

Крутящий момент передается шкивом посредством гребней рифлений в виде сил $\sum dF$, показанных на рис. 2 и действующих на каждую прядь перпендикулярно ее оси.

Элементарная сила тяги dS является составляющей силы $\sum dF$ и может быть определена из выражения

$$dS = \sum dF \sin \varphi \quad , \quad (3)$$

где φ — угол наклона рифлений к плоскости шкива.

Второй составляющей силы $\sum dF$ является сила $\sum dF_1$, которая вызывает вращение каната в русле шкива. Эта сила также может быть разложена на составляющие $\sum dF_2$ и $\sum dF_3$.

Наибольший интерес представляет сила $\sum dF_2$, которая направлена вдоль оси пряди и вызывает скольжение пряди по впадине рифления. Это скольжение начинается в тот момент, когда сумма элементарных сил $\sum dF_2$ превышает сумму элементарных сил трения $\sum dF_{mp}$.

Условие отсутствия проскальзывания пряди по впадине рифления имеет вид

$$\sum dF_{mp} > \sum dF_2 \quad . \quad (4)$$

Сумма элементарных сил трения определяется из выражения

$$\sum dF_{mp} > \sum dF_2 \quad , \quad (5)$$

где f — коэффициент трения каната по материалу русла шкива.

Сумма элементарных сил $\sum dF_2$ может быть выражена через сумму сил $\sum dF$ следующим образом:

$$\sum dF_2 = \sum dF_2 \sin \varphi \cos \varphi \quad . \quad (6)$$

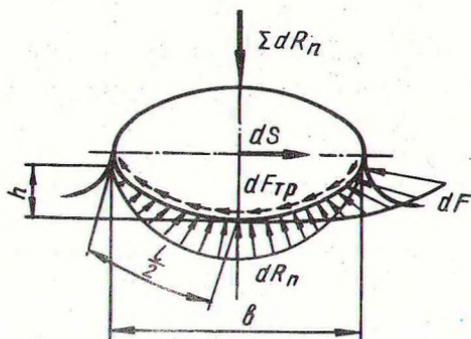
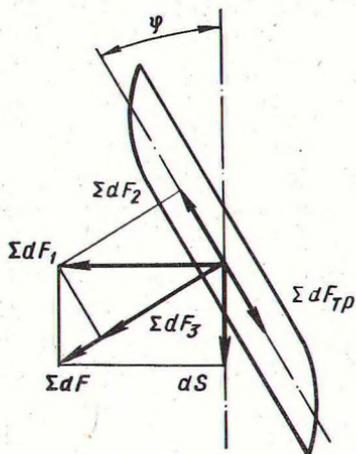


Рис.2. Схема действия сил в зоне контакта пряди каната с рифлением.

Рис.3. Силное взаимодействие пряди каната с рифлением в момент перехода через гребень.

Принимая во внимание граничное условие, будем иметь:

$$(\Sigma dR_n + \Sigma dF) = \Sigma dF \sin \varphi \cos \varphi ,$$

$$f(\Sigma dR_n + \Sigma dF) = \Sigma dF \sin \varphi \cos \varphi , \quad (7)$$

$$\Sigma dF = \frac{f \Sigma dR_n}{\sin \varphi \cos \varphi - f} . \quad (8)$$

Подставляя уравнение (8) в формулу (3), получим

$$dS = \frac{f \Sigma dR_n \sin \varphi}{\sin \varphi \cos \varphi - f} , \quad (9)$$

где ΣdR_n — сумма элементарных сил нормального давления. Тогда выражение для приведенного коэффициента трения будет иметь вид

$$\mu = \frac{f \sin \varphi}{\sin \varphi \cos \varphi - f} . \quad (10)$$

Окончательно формула Эйлера применительно к рифленому шкиву по условию вращения каната в русле примет вид

$$\frac{S_1}{S_2} = l^{\alpha} \frac{f \sin \varphi}{\sin \varphi \cos \varphi - f} \quad (11)$$

Приведенный коэффициент трения для случая перехода прядей через гребни рифлений определим на основании равенства работ сил сопротивления движущих сил.

Силами сопротивления в нашем случае являются (рис. 3):
 1) сумма элементарных сил нормального давления, которая препятствует поднятию пряди на высоту гребня рифления;
 2) сумма элементарных сил трения от действия нормального давления, равная

$$\Sigma dF_{mp} = f \Sigma dR_n . \quad (12)$$

В принятом расчете пренебрегаем действием сил трения от крутящего момента, не совпадающих с направлением движения пряди. В данном случае движущей силой является сила элементарной тяги dS . С учетом вышеуказанного, условия равенства работ запишем в следующем виде:

$$\Sigma dR_n h + f \Sigma dR_n \frac{l}{2} = dS \frac{l}{2} , \quad (13)$$

$$\Sigma dR_n h + f \Sigma dR_n \frac{l}{2} = dS \frac{b}{2} ,$$

где h — средняя высота гребня рифления; b — ширина рифления в плоскости шкива; l — длина дуги, образующей рифления в плоскости шкива. Приведенный коэффициент трения будет равен

$$\mu = \frac{dS}{\Sigma dR_n} = \frac{2h + lf}{b} . \quad (14)$$

Формула Эйлера для случая перехода прядей каната через гребни рифлений примет вид

$$\frac{S_1}{S_2} = l^{\alpha} \frac{2h + lf}{b} .$$

Для проверки полученных теоретических зависимостей, а также для сравнения тяговых свойств рифленого канатоведущего шкива со шкивом с гладким руслом были проведены экспериментальные исследования по определению тяговой способности указанных шкивов по методу пробуксовки каната на неподвижном тяговом органе. Эти исследования проводились на пробном стенде, конструкция которого приведена в работе [3]. Усилия в ветвях каната — предварительное и в момент пробуксовки, определялись по динамометрам. Перемещение шкивов, установленных и закрепленных на тележке стенда, осуществлялось гидроцилиндром при закрепленных концах образца каната на раме стенда. Эксперименты проводились с канатом диаметром 15 мм ГОСТ 3077-69. Диаметр применявшихся шкивов был равен 300 мм.

Русло шкивов было изготовлено из ст 45Л (секции рифленого шкива) и из ст. 45 (шкив с гладким руслом), твердость опорной поверхности равнялась 174НВ. Геометрия рифлений характеризовалась следующими данными: $\varphi = 20^\circ$; $h = 1,4$ мм; $b = 15$ мм.

Угол обхвата каната в поперечном сечении рифленой частью русла равнялся 120° . Радиус выточки гладкого шкива был принят $0,53d_k$. Угол обхвата шкива канатом в обоих случаях был равен 180° . Данные испытаний, проведенных при различном предварительном натяжении, показали, что соотношение усилий в набегающих и в сбегающих составило: для рифленого шкива — 3 (по условию винтового скольжения) и 3,2 (по условию перехода прядей каната через гребни рифлений), а для шкива с гладким руслом это отношение было равно 1,67. При этом коэффициент трения каната о материал русла, вычисленный по данным испытаний шкива с гладким руслом, был равен 0,16, а приведенный коэффициент трения по условию винтового скольжения составил 0,35.

Результаты исследования свидетельствуют о значительно более высоких тяговых возможностях рифленого канатоведущего шкива, чем шкива с гладким руслом. Эта разница возрастает с увеличением угла обхвата шкива канатом (рис. 4). Например, при угле обхвата, равном 3π , который осуществим при работе сдвоенных шкивов, отношение усилий в набегающей и сбегающей ветвях составляет 24—26, в то время как при работе шкивов с гладким руслом оно равно 4,5.

На рис. 4 кривые 1 и 2 характеризуют тяговые качества рифленого шкива. При этом кривая 1 построена по значению при-

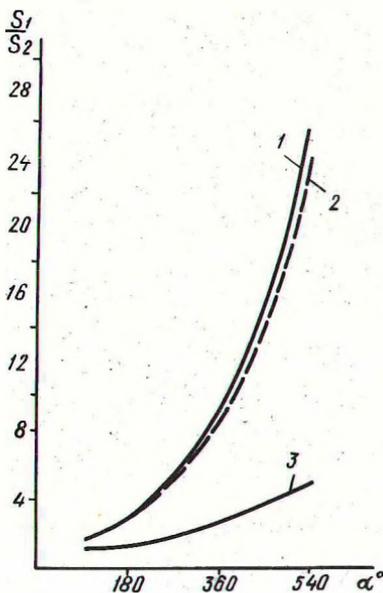


Рис. 4. Соотношение усилий в набегающей и сбегающей ветвях каната в зависимости от угла обхвата шкива канатом: 1—на рифленом шкиве при μ 0,35; 2—на рифленом шкиве вычисленное по формуле (11) при μ 0,16; 3—на шкиве с гладким руслом при μ 0,16.

веденного коэффициента трения, равного 0,35, полученного по данным испытаний этого шкива при винтовом скольжении каната. При построении кривой 2 приведенный коэффициент трения вычислялся по формуле (11) по значению коэффициента трения каната о материал русла, равному 0,16.

В ы в о д ы

1. Как показали исследования, рифленый канатоведущий шкив обладает значительно более высокими тяговыми качествами, чем известные шкивы трения с гладкой поверхностью русла. При этом при работе на нем повышается также долговечность каната, вследствие уменьшения напряжений в канате и сокращения числа его перегибов на приводе.

2. Теоретически получены и экспериментально проверены основные зависимости для расчета тяговых свойств рифленых шкивов. При этом расчетные формулы даются для двух условий буксования: а) с винтовым скольжением каната в русле и б) для критического случая перехода прядей через гребни рифленой поверхности при повышении крутильной жесткости каната.

Л и т е р а т у р а

1. Мартынихин В.Д. Авт.свид. №324435 " Канатоведущий шкив".
2. Мартынихин В.Д. Рифленый канатоведущий шкив.— Лесоэксплуатация и лесосплав, 1969, №25. 3.
3. Мартынихин В.Д., Цвирко М.А., Доменикан А.В. Экспериментальный пробной стенд для исследований работоспособности канатов и блоков.—Механизация лесоразработок и транспорт леса, вып.3, Мн., 1973.