

УДК 622.647.2

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТИ ПРИВОДНЫХ ВАКУУМ-БАРАБАНОВ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

К.А.ВАСИЛЬЕВ,
Б.П.ЖУРАВЛЕВ

Тягловая способность приводного вакуум-барабана с перфорированной обечайкой определяется уравнением [2]

$$F = S_{сб} (e^{f\alpha} - 1) + k_n \Delta P_0 B' R (e^{f\alpha_1} - 1), \quad (I)$$

где $S_{сб}$ - натяжение ленты в точке сбега с приводного барабана; $e^{f\alpha}$ - тяговый фактор вакуум-барабана без создания в его каналах вакуума; k_n - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения вакуума по площади вакуумной зоны, $k_n = \Delta P_{ср} / \Delta P_0$; ΔP_0 - удельная разность между атмосферным давлением P_0 и остаточным давлением под лентой $P_{ос}$, действующая над отверстиями в обечайке барабана и численно равная величине вакуума на входе в коллектор вакуум-барабана; B' - ширина вакуумной зоны под лентой, $B' = 0,7B$; R - внешний радиус вакуум-барабана; $e^{f\alpha_1}$ - тяговый фактор вакуум-барабана, определяемый размерами вакуумной зоны по дуге обхвата; f - коэффициент трения ленты по барабану; α - угол обхвата лентой барабана; α_1 - центральный угол, определяющий размер вакуумной зоны по дуге обхвата, $\alpha_1 < \alpha$; $\Delta P_{ср}$ - среднее удельное давление, действующее на единицу площади вакуумной зоны; B - ширина ленты.

Лабораторные экспериментальные исследования характера распределения вакуумной зоны на контакте ленты с перфорированной поверхностью вакуум-барабана, проведенные в лаборатории горных транспортных машин ЛТИ, показали, что вакуум вокруг отверстий в обечайке распределяется неравномерно, уменьшаясь по мере удаления точки его измерения от края отверстия в обечайке. При этом неравномерность распределения вакуума между отверстиями зависит от натяжения ленты и шага отверстий. Неравномерность распределе-

ния вакуума снижается с увеличением натяжения ленты и стабилизируется при натяжении набегающей на барабан ветви ленты $S_{НБ} = 150-300 \text{ даН}$. Увеличение шага отверстий как в направлении оси барабана, так и по дуге обхвата приводит к уменьшению величины вакуума и увеличению неравномерности его распределения по площади вакуумной зоны [3]. Выявленные закономерности оказывают существенное влияние на тяговую способность вакуум-барабанов.

Для проектирования вакуум-барабанов с перфорированной обечайкой и оценки их тяговой способности важное значение приобретает установление обобщенной зависимости коэффициента неравномерности k_n от конструктивных параметров проектируемой поверхности вакуумного отсоса барабана (радиуса отверстий в обечайке барабана, их шага) и от принятой величины натяжения ленты.

Для решения этой задачи рассмотрим представленные на рис. 1, а зависимости $\Delta P = \varphi(l)$, полученные при лабораторных экспериментальных исследова-

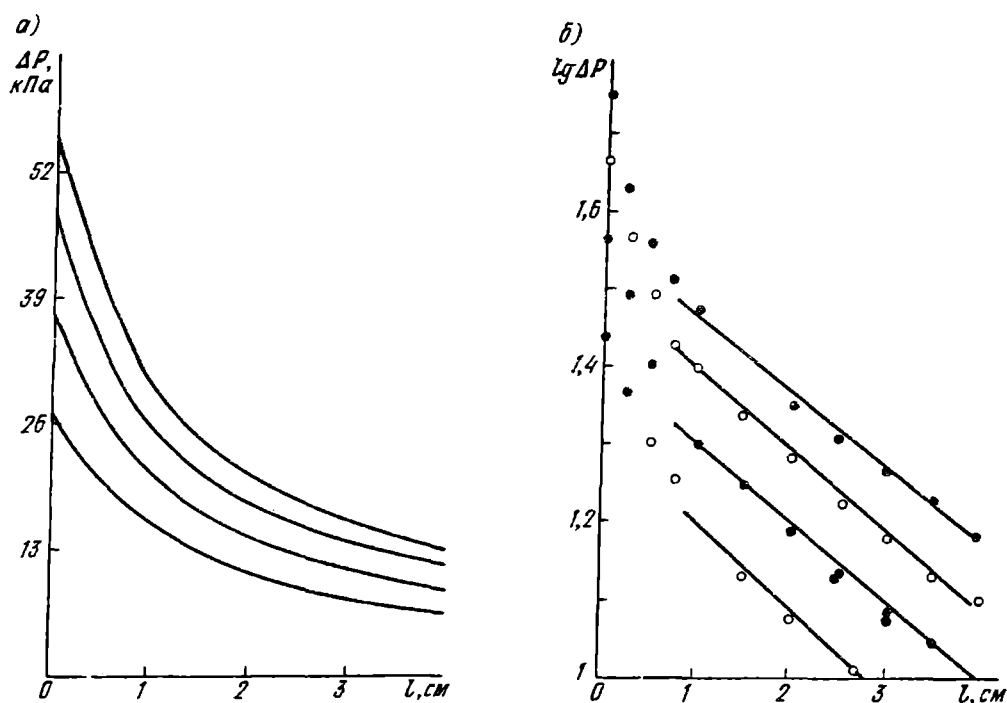


Рис. 1. Зависимости, характеризующие распределение вакуума вокруг изолированного отверстия по поверхности обечайки при $S_{НБ} = 80 \text{ даН}$: а - экспериментальные; б - логарифмические, подтверждающие экспоненциальный характер падения величины вакуума с увеличением расстояния от края отверстия

ований и показывающие изменение удельной разности давлений ΔP с изменением расстояния l точки его измерения от края отверстия. Ход экспериментальных кривых на графике позволяет сделать предположение об экспоненциальном характере их изменения, который может быть описан уравнением

$$\Delta P = \Delta P_0 e^{-kl}, \quad (2)$$

где k - некоторый коэффициент, характеризующий крутизну падения кривых.

Для проверки сделанного предположения прологарифмируем обе части уравнения и построим графические зависимости $\ln(\Delta P)$ от l [I], используя уравнение

$$\ln(\Delta P) = \ln(\Delta P_0) - kl.$$

Полученные зависимости (рис. I,б) при $l \geq 1$ см представляют собой прямые линии, что подтверждает наше предположение.

В кольцевой зоне около отверстия шириной 1 см падение вакуума происходит не по экспоненте и более интенсивно, что объясняется, на наш взгляд, некоторым прогибом ленты над отверстиями, при котором лента несколько вдавливается в их края. Это приводит к уменьшению суммарного поперечного сечения микротрещин и микроканалов поверхности контакта ленты и барабана, по которым осуществляется отсос воздуха в направлении к отверстиям в обечайке, что и обуславливает более резкое падение вакуума на краях отверстий. Высказанная гипотеза подтверждается тем, что при постоянной величине

вакуума с увеличением натяжения ленты, а следовательно, и с уменьшением стрелы прогиба ленты над отверстиями, интенсивность падения величины вакуума у края отверстия уменьшается. Учитывая, что отклонение от общего хода кривых происходит на весьма малом участке, принимаем его изменение на этом участке также по экспоненциальному закону, описанному уравнением (2).

Тангенсы углов наклона прямых к оси абсцисс (рис. I,б) позволяют найти значения коэффициента k в формуле (2) при различном натяжении ленты. В частности, при $S_{\text{нб}}$, равном 80 и 150 даН, коэффициент соответственно равен 0,0215 и 0,023. Полученные значения коэффициента k дают возможность, используя уравнение (2), вычислить ре-

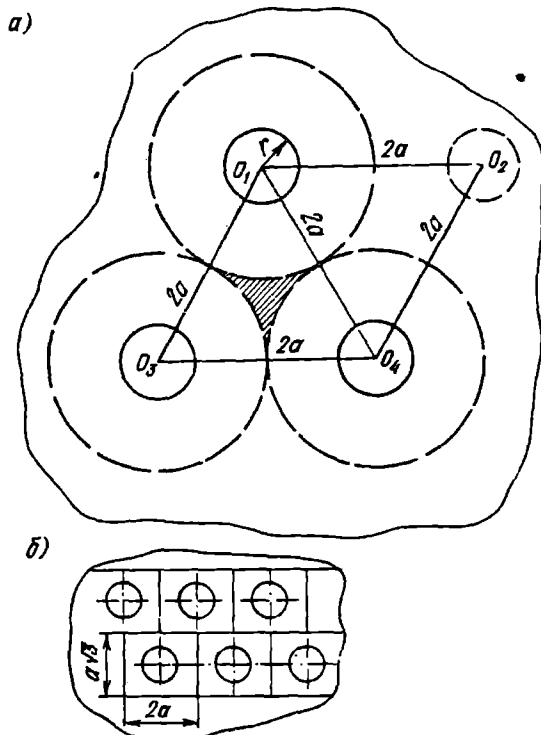


Рис.2. Схемы расположения отверстий в обечайке барабана: а - фрагмент оптимального расположения отверстий в обечайке, б - схема для определения суммарного числа отверстий в обечайке, распределенных по площади вакуумной зоны барабана

личину удельной разности давлений ΔP в любой точке на поверхности вакуумного отсоса барабана при известных значениях ΔP_0 и $S_{\text{нб}}$. Уравнение (2) можно использовать для определения среднего удельного давления, прижимающего ленту к барабану при наличии n отверстий в его обечайке.

Рассмотрим фрагмент оптимального расположения отверстий с радиусом r в обечайке барабана (рис. 2,а), при котором центр каждого из отверстий будет равноудален от центров всех соседних отверстий на величину $2a$.

Давление, прижимающее ленту к барабану в результате действия вакуума на одном отверстии, будет складываться из давления на самом отверстии и давления на кольце шириной $(a-r)$ вокруг отверстия. Давление на самом отверстии

$$N_0 = \Delta P_0 \pi r^2. \quad (3)$$

Удельное давление в точке вакуумной зоны, удаленной на расстояние ρ от края отверстий,

$$\Delta P = \Delta P_0 e^{-k(\rho-r)} \quad (4)$$

Элементарное нормальное давление на ленту по кольцу шириной $d\rho$ вокруг i -го отверстия

$$dN_i = \Delta P 2\pi \rho d\rho = \Delta P_0 e^{-k(\rho-r)} 2\pi \rho d\rho;$$

после интегрирования

$$N_i = \int_r^a \Delta P_0 e^{-k(\rho-r)} 2\pi \rho d\rho = 2\pi \Delta P_0 e^{kr} \int_r^a e^{-k\rho} \rho d\rho; \quad (5)$$

после интегрирования по частям

$$\begin{aligned} \int_r^a e^{-k\rho} \rho d\rho &= -\frac{1}{k} (\rho e^{-k\rho}) \Big|_r^a + \frac{1}{k} \int_r^a e^{-k\rho} d\rho = \\ &= \frac{r e^{-kr}}{k} - \frac{a e^{-ka}}{k} - \frac{e^{-ka}}{k^2} + \frac{e^{-kr}}{k^2}. \end{aligned}$$

Подставляя полученное выражение в (5), получим

$$N_i = 2\pi \Delta P_0 \left[\left(\frac{r}{k} + \frac{1}{k^2} \right) e^{-k(a-r)} \left(\frac{a}{k} + \frac{1}{k^2} \right) \right]. \quad (6)$$

Если обозначить площадь поверхности вакуумного отсоса барабана A , то число отверстий на этой поверхности при принятом нами их расположении (рис. 2,б)

$$n = A / 2a^2 \sqrt{3}$$

Для определения суммарного давления, прижимающего ленту к барабану, необходимо учитывать давление на участках между кольцевыми зонами отверстий (заштрихованные участки на рис. 2,а). Экспериментально установлено, что удельное давление на этих участках распределено равномерно, а его величину с достаточным приближением можно принять равной удельному давлению на границе кольцевой зоны радиуса a .

Суммарная площадь всех этих участков

$$A' = A - n \pi a^2 = A \left(1 - \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \right) \approx 0,092 A.$$

Суммарное давление, прижимающее ленту на этих участках, определится как

$$N' = 0,092 A \Delta P_0 e^{-k(a-r)}. \quad (7)$$

Полное давление, прижимающее ленту к поверхности вакуумного отсоса барабана с n отверстиями в обечайке, определяется с учетом формул (3), (6) и (7) уравнением

$$N = \frac{A \Delta P_0}{2 a^2 \sqrt{3}} \left\{ \pi r^2 + 2 \pi \left[\left(\frac{r}{k} + \frac{1}{k^2} \right) - e^{-k(a-r)} \left(\frac{a}{k} + \frac{1}{k^2} \right) \right] + 0,092 e^{-k(a-r)} \right\}.$$

Слагаемое $0,092 e^{-k(a-r)}$, как показывают расчеты, весьма мало ($< 0,09$) и им можно пренебречь. Тогда

$$N = \frac{A \pi \Delta P_0}{2 a^2 \sqrt{3}} \left\{ r^2 + \frac{2}{k} \left[\left(r + \frac{1}{k} \right) - e^{-k(a-r)} \left(a + \frac{1}{k} \right) \right] \right\} \quad (8)$$

Для определения значения k_H представим уравнение (8) в виде

$$N = k_H \Delta P_0 A. \quad (9)$$

Совместное решение уравнений (8) и (9) даст

$$k_H = \frac{0,9}{a^2} \left\{ r^2 + \frac{2}{k} \left[\left(r + \frac{1}{k} \right) - \frac{a + \frac{1}{k}}{e^{-k(a-r)}} \right] \right\} \quad (10)$$

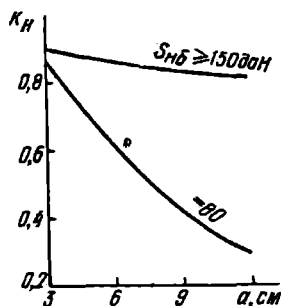


Рис. 3. Изменение коэффициента неравномерности распределения вакуума по площади вакуумной зоны барабана в зависимости от ее конструктивных параметров ($r = 20$ мм)

Уравнение (10) позволяет численно оценить коэффициент неравномерности k_H при известных конструктивных параметрах поверхности вакуумного отсоса (a и r) и величине натяжения ленты (рис. 3).

Анализ кривых рис. 3 показывает, что существенное уменьшение коэффициента неравномерности k_H наблюдается при натяжении ленты, не превышающем 150 даН. В этом случае уже при значении $a = 10$ см, соответствующем шагу t отверстий, равному 20 см ($t = 2a$), $k_H = 0,373$. При натяжениях ленты свыше 150 даН, имеющих место в реальных условиях, с увеличением шага отверстий в обечайке темп снижения k_H значительно снижается. При $t = 20$ см коэффициент $k_H = 0,845$, что дает основание при эксплуатационных расчетах тяговой спо-

собности вакуум-барабанов с перфорированной обечайкой принимать с достаточной точностью $k_H = 0,8$.

При проектировании зоны вакуумного отсоса вакуум-барабанов и прогнозировании их тяговой способности значение k_H следует определять более точно, что может быть сделано использованием уравнений (I) и (IO) при $k_H = 0,023$ и выбранных конструктивно радиусе отверстий r и их шаге на поверхности обечайки барабана $t=2a..$

ЛИТЕРАТУРА

1. Ванин В.И. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным. М., Наука, 1979.
2. Васильев К.А. Использование приводных вакуум-барабанов для увеличения тяговой способности однобарабанных приводов ленточных конвейеров. - Механизация и автоматизация производства, 1980, № 4.
3. Васильев К.А., Во Куанг Фьен. Экспериментальные исследования приводного вакуум-барабана. В кн.: Шахтный и карьерный транспорт. М., Недра, 1980, вып. 5.