

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ЗАПОЛНЕНИЯ СУШИЛЬНОГО БАРАБАНА МАТЕРИАЛОМ НА ВЕЛИЧИНУ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ОПОРНЫЕ РОЛИКИ

Александр Григорьевич Водолажченко¹, Иван Платонович Медведев²

^{1,2} Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия

¹vodsasha2007@rambler.ru, ²medvedev.i.p-ptm-37a@donnasa.ru

Аннотация. В работе рассмотрен процесс заполнения сушильного барабана просушиваемым материалом и влияние количества поступившего материала на величину нагрузок, которые возникают в местах контакта бандажей с опорными роликами. Представлено уравнение зависимости массы материала от времени заполнения сушильного барабана. Составлены уравнения для определения опорных нагрузок и движущих сил на примере сушильного барабана с фрикционным приводом, в котором все четыре опорных ролика выполнены приводными. Для сушильного барабана асфальтосмесительной установки ДС-168 были получены графики зависимостей опорных реакций и движущих сил от времени заполнения барабана материалом. Полученные зависимости позволяют определить максимальные и минимальные нагрузки, действующие на опорные ролики и значение движущих сил, необходимые для разработки привода сушильного барабана.

Ключевые слова: барабан сушильный, ролик опорный, ролик упорный, бандаж, привод фрикционный

Для цитирования: Водолажченко А. Г., Медведев И. П. Исследование влияния степени заполнения сушильного барабана материалом на величину нагрузок, действующих на опорные ролики // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. 2024. Выпуск 2024-6(170) Технология, организация, механизация и геодезическое обеспечение строительства. С. 65–73. doi: 10.71536/vd.2024.6c170.8. edn: gfnzeh.

Original article

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE DEGREE OF FILLING OF THE DRYING DRUM WITH MATERIAL ON THE VALUE OF THE LOADS ACTING ON THE SUPPORT ROLLERS

Aleksandr G. Vodolazhchenko¹, Ivan P. Medvedev²

^{1,2} Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia

¹vodsasha2007@rambler.ru, ²medvedev.i.p-ptm-37a@donnasa.ru

Abstract. The paper considers the process of filling the drying drum with the dried material and the effect of the amount of incoming material on the magnitude of the loads that occur at the points of contact of the bandages with the support rollers. The equation of the dependence of the mass of the material on the filling time of the drying drum is presented. The equations for determining the supporting loads and driving forces are compiled using the example of a drying drum with a friction drive, in which all four support rollers are driven. For the drying drum of the DS-168 asphalt mixing plant, graphs of the dependences of the support reactions and driving forces on the time of filling the drum with material were obtained. The obtained dependences allow us to determine the maximum and minimum loads acting on the support rollers and the value of the driving forces necessary for the development of the drying drum drive.

Keywords: drying drum, support roller, thrust roller, bandage, friction drive



For citation: Vodolazhchenko A. G., Medvedev I. P. Investigation of the effect of the degree of filling of the drying drum with material on the value of the loads acting on the support rollers. *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Technology, organization, mechanization and geodetic support of construction*. 2024;6(170):65–73. (In Russ.). doi: 10.71536/vd.2024.6c170.8. edn: gfnzeh.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Протяженность автомобильных дорог в Российской Федерации с твердым покрытием неуклонно возрастает. Так, например, в 2014 году протяженность автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения с твердым покрытием составляла 664 566 км, а в 2023 году – 1 124 115 км, рост составил 69 %. На долю дорог с асфальтобетонным покрытием приходится 98 % от общего количества дорог с твердым покрытием [3]. На себестоимость приготовления асфальтобетонной смеси большое влияние оказывает процесс просушивания и нагрева до рабочей температуры (от 150 до 200 °С) каменных материалов и песка в сушильном барабане. По данным [14] для приготовления одной тонны горячей смеси требуется затратить 85 кВт·ч энергии. Поэтому совершенствование систем привода сушильных барабанов является актуальной проблемой, решение которой позволяет повысить надежность агрегата, свести к минимуму простои, связанные с обслуживанием и ремонтом и повысить эффективность работы сушильного барабана в целом.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Традиционная методика расчета сушильного барабана, которая изложена в работах таких авторов как Н. Я. Хархута, К. А. Артемьев, В. И. Баловнев [1–3], предполагает равномерное распределение нагрузки от веса просушиваемого материала на опорные ролики. Однако при вращении сушильного барабана происходит смещение сегмента материала в направлении вращения. Таким образом, нагрузка на опорные ролики распределяется неравномерно и этот факт необходимо учитывать в расчетах.

В работах таких авторов как С. Т. Антипов, В. Я. Валуйский, В. Н. Меснянкин, С. В. Шахов [9] были рассмотрены различные схемы фрикционного привода сушильных барабанов и даны рекомендации по выбору наиболее рациональных схем привода. В работах А. Г. Сергеева [10, 11] представлены различные конструктивные схемы реализации фрикционного привода сушильных барабанов.

В работе Сиджиа Чен и Цзяньхун Ян [13] приведены результаты исследования эффективности процесса сушки в сушильном барабане на основании разработанной трехмерной модели. При этом в качестве параметров оценки эффективности использовались параметры расположения и равномерности распределения материала внутри барабана. В статье [14] представлен энергетический и эксергетический анализы работы сушильного барабана, применяемого для приготовления горячей асфальтобетонной смеси на асфальтосмесительной установке.

Цель данной работы установить зависимость распределения нагрузки на опорные ролики в процессе заполнения сушильного барабана материалом.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

На современных асфальтосмесительных установках применяются сушильные барабаны, в приводе которых применяются зубчатые, цепные либо фрикционные передачи [1, 2].

В последнее время в конструкциях сушильных барабанов, очень широко применяется фрикционный привод, который отличается простотой конструкции, меньшей стоимостью и достаточной надежностью. В случае применения фрикционного привода опорные ролики выполняются приводными и между роликом и бандажом образуется фрикционная передача [4].

При запуске привода в сушильном барабане нет просушиваемого материала, поэтому нагрузка на опорные ролики, а следовательно, и силы сопротивления на приводных роликах, будут обусловлены только массой самого сушильного барабана.

В соответствии с данными [2] длину сушильного барабана можно определить по формуле:

$$L_6 = m h_{cp} n \tan \alpha t, m, \quad (1)$$

где m – число падений частиц материала за один оборот барабана, $m = 1,75 \dots 2,5$;
 h_{cp} – средняя высота подъема просушиваемого материала при вращении сушильного барабана (рисунок 1), м;

n – частота вращения барабана, об/мин;
 α – угол наклона барабана к горизонту, $\alpha = 3..5$;
 t – время, необходимое для подогрева материала, мин.

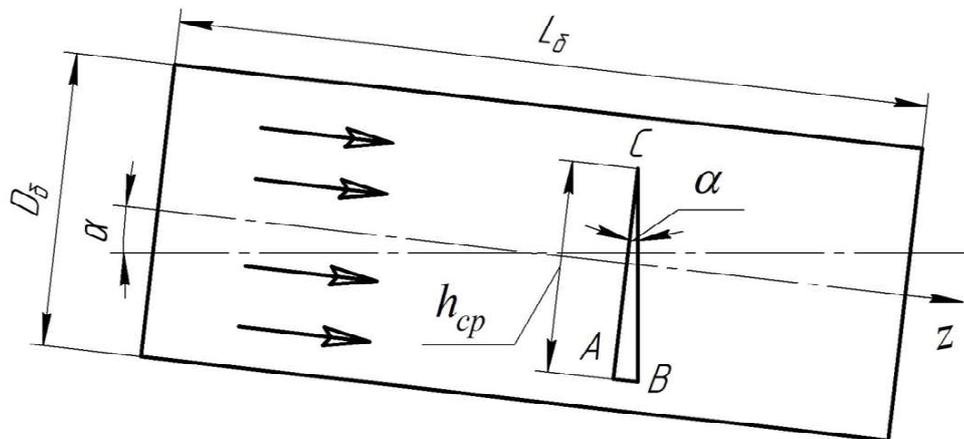


Рисунок 1 – Схема перемещения материала в сушильном барабане.

При вращении сушильного барабана частицы просушиваемого материала поднимаются лопастями на определенную высоту по траектории AC (рисунок 1), а затем падают по вертикальной траектории CB вниз. В результате за один оборот барабана происходит перемещение частицы материала на расстояние AB .

Средняя высота подъема материала может быть определена по формуле [2]:

$$h_{cp} = 0,6D_{\delta}, \text{ м,} \quad (2)$$

где D_{δ} – внутренний диаметр сушильного барабана, м.

В процессе работы просушиваемый материал располагается в сушильном барабане в виде сегмента, который поворачивается относительно вертикальной оси на угол β_m (рисунок 2).

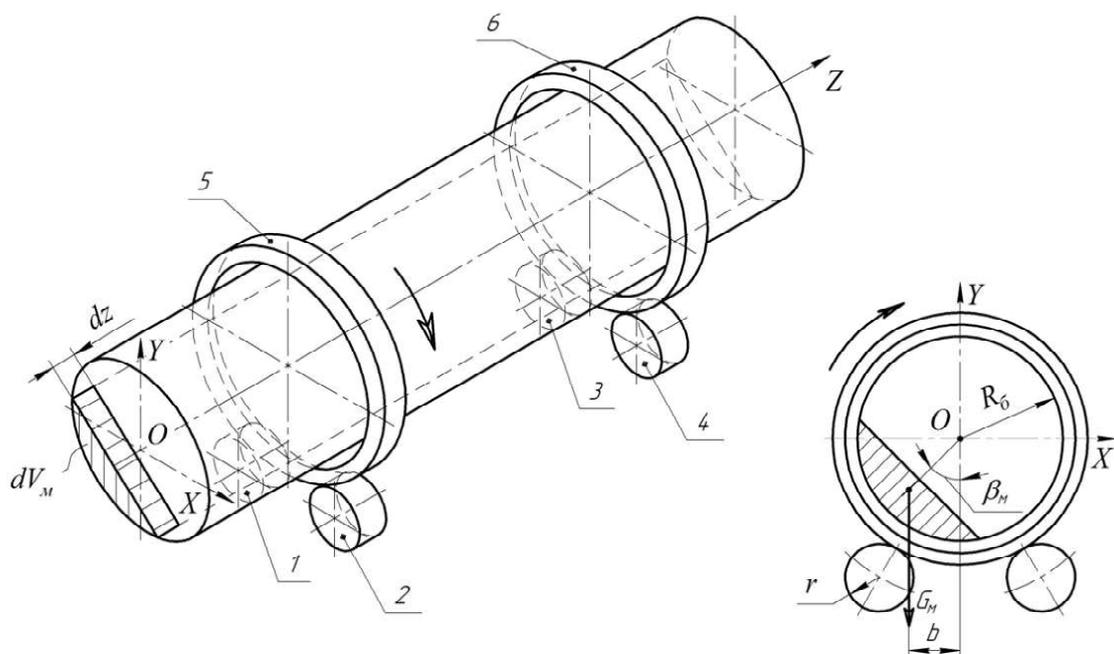


Рисунок 2 – Схема заполнения сушильного барабана материалом: 1, 2, 3, 4 – опорные ролики; 5 – бандаж со стороны загрузочного отверстия; 6 – бандаж со стороны разгрузочного отверстия.

Единичное перемещение материала внутри сушильного барабана в зависимости от времени можно определить по следующей зависимости:

$$dz = 0,6 m D_6 n \operatorname{tg}(\alpha) dt, \quad (3)$$

Масса материала, поступающая в сушильный барабан за единицу времени dt , определяется с учетом плотности просушиваемого материала:

$$dM = \rho dV_M, \quad (4)$$

где ρ – плотность просушиваемого материала, кг/м³;
 dV_M – объем материала, поступающий в сушильный барабан за единицу времени, м³.

Объем материала в сушильном барабане зависит от внутреннего (конструктивного) объема барабана:

$$V_M = \beta V_6, \text{ м}^3, \quad (5)$$

где V_6 – внутренний объем сушильного барабана, м³;
 β – коэффициент заполнения барабана материалом, обычно $\beta = 0,1 \dots 0,3$.

Объем сушильного барабана можно определить по формуле:

$$V_6 = \frac{\pi D_6^2}{4} L_6, \text{ м}^3, \quad (6)$$

где L_6 – длина барабана (рисунок 1), м.

С учетом формул (4), (5), (6) получим выражение для определения массы материала поступающего в сушильный барабан:

$$dM = \rho \beta \frac{\pi D_6^2}{4} dz. \quad (7)$$

Зная единичную массу материала можно определить соответствующий вес материала, подставив в формулу (7) значение dz из формулы (3):

$$dG_M = 0,47 \rho \beta D_6^3 m n \operatorname{tg}(\alpha) g dt. \quad (8)$$

Вращающаяся часть сушильного агрегата состоит из непосредственно обечайки барабана, к которой с внутренней стороны крепятся лопасти, обеспечивающие продвижение материала внутри барабана и образующие завесу материала для интенсификации процессов теплообмена, а также двух бандажей, которые крепятся к обечайке барабана при помощи компенсаторов. Таким образом, массу сушильного барабана можно определить по следующей формуле:

$$m_6 = m_{об} + m_{л} + m_{из} + m_{бан1} + m_{бан2} + m_{ком} + m_{кр}, \text{ кг}. \quad (9)$$

где $m_{об}$ – масса обечайки сушильного барабана, кг;
 $m_{л}$ – масса лопастей, кг;
 $m_{из}$ – масса теплоизоляции, кг;
 $m_{бан1}, m_{бан2}$ – соответственно масса первого и второго бандажей, кг;
 $m_{ком}$ – масса компенсаторов, кг;
 $m_{кр}$ – масса элементов крепления лопастей и компенсаторов к обечайке барабана, кг.

Вес сушильного барабана в процессе работы остается постоянным, поэтому:

$$G_6 = m_6 g, \text{ Н}. \quad (10)$$

В местах контакта бандажей с опорными роликами возникают силы реакций, которые будем обозначать соответственно T_1, T_2, T_3, T_4 . Величина этих сил определяется весом барабана G_6 , весом просушиваемого материала G_M , а также распределением составляющих этих сил на каждый бандаж.

Координаты центра тяжести сушильного барабана (точка O_6) и просушиваемого материала (точка O_M) вдоль оси Z зависит от особенностей конструкции барабана и степени заполнения его материалом. Положение центров тяжести относительно мест установки бандажей определяются размерами a_1, a_2, c_1, c_2 (рисунок 3).

Для определения реакций в местах контакта бандажей и роликов необходимо силы тяжести разложить на радиальные и осевые составляющие, учитывая угол наклона сушильного барабана, а затем еще раз разложить полученные радиальные составляющие на силы, действующие на каждый бандаж.

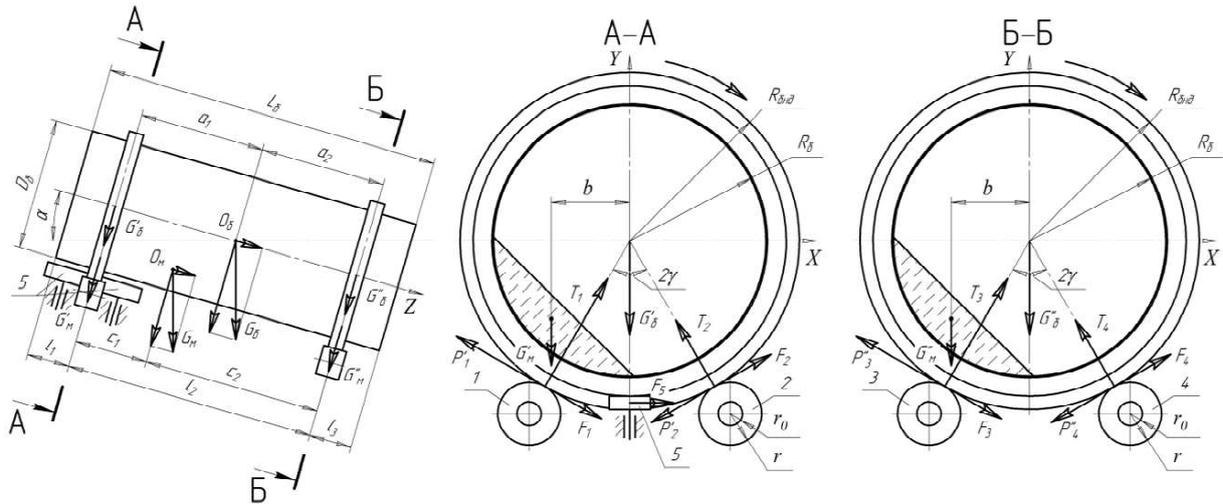


Рисунок 3 – Расчетная схема сушильного барабана: 1, 2, 3, 4 – опорные ролики; 5 – упорные ролики.

Радиальные нагрузки, возникающие от действия сил тяжести просушиваемого материала и барабана на каждый бандаж можно определить по формуле:

$$G_6^I = \frac{G_6 a_2}{(a_1 + a_2)} \cos \alpha, \text{ Н}, \quad (11)$$

$$G_6^{II} = \frac{G_6 a_1}{(a_1 + a_2)} \cos \alpha, \text{ Н}, \quad (12)$$

$$G_M^I = \frac{G_M c_2}{(c_1 + c_2)} \cos \alpha, \text{ Н}, \quad (13)$$

$$G_M^{II} = \frac{G_M c_1}{(c_1 + c_2)} \cos \alpha, \text{ Н}. \quad (14)$$

Осевые составляющие нагрузки воспринимаются упорными роликами, установленными на бандаже I, и определяются по следующим формулам:

$$G_{6,z} = G_6 \sin \alpha, \text{ Н}, \quad (15)$$

$$G_{M,z} = G_M \sin \alpha, \text{ Н}. \quad (16)$$

Положение центра тяжести барабана в процессе заполнения его материалом не изменяется и может быть определено с учетом конструкции барабана считая, что масса распределена равномерно по длине барабана:

$$a_1 = \frac{L_6}{2} - l_1, \text{ м}, \quad (17)$$

$$a_2 = l_2 - \frac{L_6}{2} + l_1, \text{ м}. \quad (18)$$

Положение центра тяжести просушиваемого материала относительно бандажей по мере заполнения барабана изменяется и будет определяться по следующим зависимостям:

$$c_1 = \frac{z}{2} - l_1, \text{ м}, \quad (19)$$

$$c_2 = l_2 - \frac{z}{2} + l_1, \text{ м}, \quad (20)$$

где z – координата, определяющая расстояние, на которое просушиваемый материал заполнил сушильный барабан за определенное время, м.

Координата z определяется интегрированием уравнения (3)

$$z = \int_{t_1}^{t_2} 0,6 m D_6 n \operatorname{tg}(\alpha) dt. \quad (21)$$

Силы трения между бандажом и опорными 1, 2, 3, 4 (рисунок 3) и упорными 5 роликами определяются по формулам [9, 12]:

$$F_1 = T_1 \frac{k_1 + k_2 r_0}{r}, \quad (22)$$

$$F_2 = T_2 \frac{k_1 + k_2 r_0}{r}, \quad (23)$$

$$F_3 = T_3 \frac{k_1 + k_2 r_0}{r}, \quad (24)$$

$$F_4 = T_4 \frac{k_1 + k_2 r_0}{r}, \quad (25)$$

$$F_5 = (G_{6.z} + G_{m.z}) \frac{k_1 + k_2 r_2}{r_1}, \quad (26)$$

где k_1 – коэффициент трения качения бандажа по роликам, $k_1 = 5 \cdot 10^{-4}$ [12];
 k_2 – коэффициент трения в подшипниках опорных и упорных роликов, $k_2 = 0,015$ [12];
 r – радиус опорного ролика, м;
 r_0 – радиус цапфы опорного ролика, м;
 r_1 – радиус упорного ролика, м;
 r_2 – радиус цапфы упорного ролика, м.

В случае фрикционного привода месте контакта бандажей с опорными приводными роликами будут приложены движущие силы, которые обозначим соответственно P_1, P_2, P_3, P_4 , для случая, когда все опорные ролики выполнены приводными. Тогда для каждого бандажа (в сечениях А-А и Б-Б) можем составить уравнения суммы проекций всех сил на ось ОХ и на ось ОУ, а также уравнение суммы моментов всех сил относительно оси вращения барабана ОZ. Для первого бандажа в сечении А-А эти уравнения будут выглядеть следующим образом:

$$\sum F_{xA-A} = 0, \quad T_1 \cos(90 - \gamma) - T_2 \cos(90 - \gamma) + F_1 \cos \gamma + F_2 \cos \gamma + F_5 - P_1 \cos \gamma - P_2 \cos \gamma = 0, \quad (27)$$

$$\sum F_{yA-A} = 0, \quad T_1 \cos \gamma + T_2 \cos \gamma - F_1 \cos(90 - \gamma) + F_2 \cos(90 - \gamma) + P_1 \cos(90 - \gamma) - P_2 \cos(90 - \gamma) - (G_6^I + G_m^I) = 0, \quad (28)$$

$$\sum M_{zA-A} = 0, \quad P_1 R_{\text{бнд}} + P_2 R_{\text{бнд}} - F_1 R_{\text{бнд}} - F_2 R_{\text{бнд}} - G_m^I b - F_5 \frac{R_{\text{бнд}} + r_{\text{бнд}}}{2} = 0, \quad (29)$$

где γ – угол установки опорных роликов по отношению к вертикальной оси;
 $R_{\text{бнд}}$ – наружный радиус бандажа, м;
 $r_{\text{бнд}}$ – внутренний радиус бандажа, м.

Для второго бандажа в сечении Б-Б уравнения равновесия примут вид:

$$\sum F_{xB-B} = 0, \quad T_3 \cos(90 - \gamma) - T_4 \cos(90 - \gamma) + F_3 \cos \gamma + F_4 \cos \gamma - P_3 \cos \gamma - P_4 \cos \gamma = 0, \quad (30)$$

$$\sum F_{yБ-Б} = 0,$$

$$T_3 \cos \gamma + T_4 \cos \gamma - F_3 \cos(90 - \gamma) + F_4 \cos(90 - \gamma) + P_3 \cos(90 - \gamma) - P_4 \cos(90 - \gamma) - (G_6^{II} + G_M^{II}) = 0, \quad (31)$$

$$\sum M_{zБ-Б} = 0,$$

$$P_3 R_{бнд} + P_4 R_{бнд} - F_3 R_{бнд} - F_4 R_{бнд} - G_M^{II} b = 0, \quad (32)$$

Введем следующие обозначения:

$$\frac{k_1 + k_2 r_0}{r} = e_1,$$

$$\frac{k_1 + k_2 r_2}{r_1} = e_2.$$

Угол установки опорных роликов традиционно принимается равным 30° . В случае применения фрикционного привода сушильного барабана все четыре опорных ролика выполняются приводными с одинаковыми параметрами привода, тогда движущие силы на каждом ролике будут одинаковыми соответственно $P_1 = P_2 = P_3 = P_4$. С учетом этого получим системы уравнений, которые позволяют определить силы реакций и движущие силы.

Получаем систему уравнений для сечения А-А:

$$\begin{cases} T_1(1 + e_1 \sqrt{3}) - T_2(1 - e_1 \sqrt{3}) - 2\sqrt{3}P_1 + 2e_2(G_{6.z} + G_{M.z}) = 0 \\ T_1(\sqrt{3} - e_1) + T_2(\sqrt{3} + e_1) - 2(G_6^I + G_M^I) = 0 \\ T_1 e_1 R_{бнд} + T_2 e_1 R_{бнд} - 2P_1 R_{бнд} + G_M^I b + e_2(G_{6.z} + G_{M.z}) \frac{R_{бнд} + r_{бнд}}{2} = 0 \end{cases}. \quad (33)$$

В сечении Б-Б:

$$\begin{cases} T_3(1 + e_1 \sqrt{3}) - T_4(1 - e_1 \sqrt{3}) - 2\sqrt{3}P_3 = 0 \\ T_3(\sqrt{3} - e_1) + T_4(\sqrt{3} + e_1) - 2(G_6^{II} + G_M^{II}) = 0 \\ T_3 e_1 R_{бнд} + T_4 e_1 R_{бнд} - 2P_3 R_{бнд} + G_M^{II} b = 0 \end{cases}. \quad (34)$$

Параметры сушильного барабана с фрикционным приводом асфальтосмесительной установки ДС-168, необходимые для выполнения расчетов приведены в таблице.

На основании решения систем уравнений (33) и (34) были получены графики зависимостей сил реакций и движущих сил в зависимости от времени наполнения барабана материалом. Диапазон времени

Таблица – Данные для расчета

Параметр	Обозначение	Величина
Диаметр барабана, м	D_6	2,2
Длина барабана, м	L_6	8,0
Угол наклона барабана, град.	α	4
Частота вращения, c^{-1}	n	0,1288
Плотность просушиваемого материала, $кг/м^3$	ρ	1600
Коэффициент заполнения	β	0,1
Размеры (рисунок 3), м	l_1	0,925
	l_2	5,885
	l_3	1,19
Радиус бандажа, м, наружный	$R_{бнд}$	1,275
внутренний	$r_{бнд}$	1,2
Радиус опорного ролика, м	r	0,265
Радиус цапфы опорного ролика, м	r_0	0,045
Радиус упорного ролика, м	r_1	0,215
Радиус цапфы упорного ролика, м	r_2	0,045
Масса барабана, кг	m_6	10 440

брался от $t_1 = 0$ (барабан пустой) до $t_2 = 336$ с (барабан полностью заполнен материалом). Соответствующие графики представлены на рисунке 4.

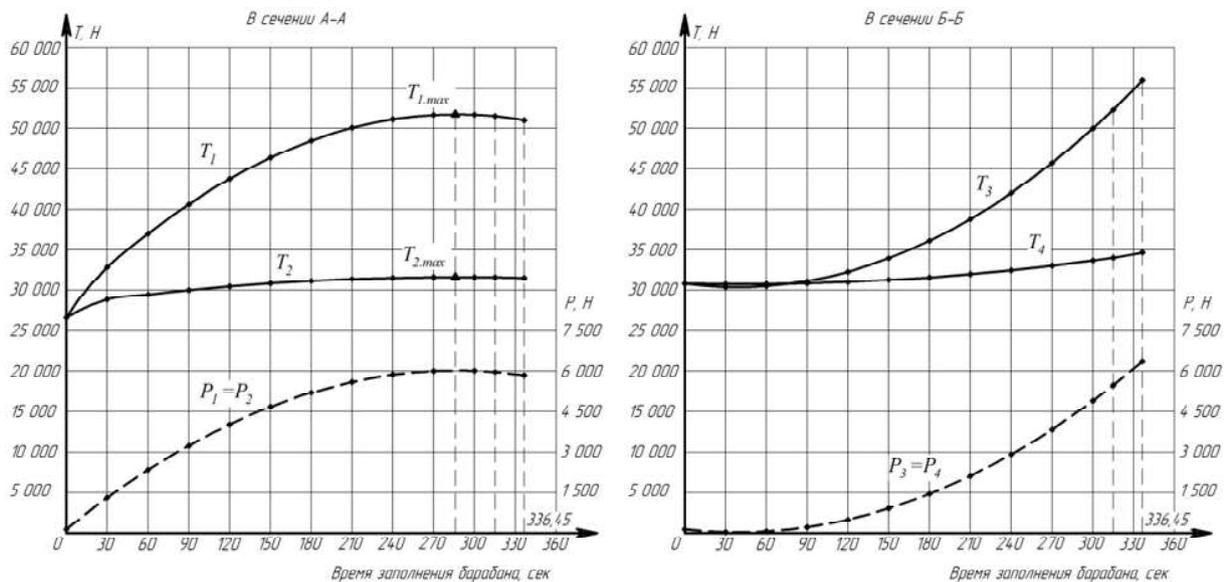


Рисунок 4 – Графики зависимостей реакций и движущих сил в процессе заполнения сушильного барабана материалом.

ВЫВОДЫ

Проведенные вычисления показали, что в сечении А-А, которое расположено ближе к загрузочному отверстию, максимальные нагрузки на опорные ролики возникают при неполном заполнении сушильного барабана материалом (для рассматриваемого сушильного барабана 85 %), а затем несколько снижаются и остаются постоянными при дальнейшей работе барабана. Максимальное усилие на опорный ролик 1 (рисунок 4) оказалось на 19 %, а на ролик 3 на 29 % выше по сравнению с результатами, которая дает традиционная методика расчета. Этот факт необходимо учитывать при расчетах на прочность бандажей и опорных роликов, а также при выборе подшипников.

Характер изменения движущих сил по мере заполнения сушильного барабана также носит нелинейный характер и это необходимо учитывать при разработке привода сушильного барабана и при составлении программы управления приводом в процессе его запуска с целью недопущения проскальзывания приводных роликов относительно бандажей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дорожные машины : учебник для вузов по специальности «Строительные и дорожные машины и оборудование». Часть 2. Машины для устройства дорожных покрытий / К. А. Артемьев, Т. В. Алексеева, В. Г. Белокрылов [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1982. – 396 с. – Текст : непосредственный.
2. Дорожно-строительные машины и комплексы : учебник для вузов по дисциплине «Дорожные машины» для специальностей 170900, 230100, 150600 / В. И. Баловнев, Г. В. Кустарев, Е. С. Локшин [и др.] ; под редакцией В. И. Баловнева. – 2-е изд., доп. и перераб. – Омск : СибАДИ, 2001. – 528 с. – Текст : непосредственный.
3. Бургунутдинов, А. М. Машины для строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог : часть 4 : асфальтобетонные и цементобетонные заводы : учебное пособие / А. М. Бургунутдинов, В. С. Юшков. – Пермь : Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2012. – 170 с. – ISBN 978-5-398-00901-9. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/108466.html> (дата обращения: 08.09.2024). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
4. Водолажченко, А. Г. Анализ зависимости геометрических параметров сушильных барабанов асфальтосмесительных установок от производительности / А. Г. Водолажченко, П. В. Багрий. – Текст : непосредственный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2016. – Выпуск 2016-6(122) Технология, организация, механизация и геодезическое обеспечение строительства. – С. 76–80.
5. О параметрах технологических режимов производства, укладки и уплотнения дорожных асфальтобетонных смесей / В. И. Братчун, О. Б. Конев, В. В. Жеванов [и др.]. – Текст : электронный // Вестник Донбасской

- национальной академии строительства и архитектуры. – 2024. – Выпуск 2024-1(165) Современные строительные материалы. – С. 3–9. – URL: [https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2024/2024-1\(165\)/st_01_bratchun_konev_zhevanov_rasmyslova_shekunova_korshun.pdf](https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2024/2024-1(165)/st_01_bratchun_konev_zhevanov_rasmyslova_shekunova_korshun.pdf) (дата обращения: 25.10.2024). – ISSN 2519-2817.
6. Бражник, Ю. В. Направления совершенствования конструкции сушильных барабанов / Ю. В. Бражник, Д. С. Шибанов. – Текст : непосредственный // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов : Межвузовский сборник статей. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2023. – С. 131–135. – EDN: ARQMEN.
 7. Броднева, В. Е. Подбор сушильных барабанов для асфальтобетонных заводов / В. Е. Броднева, О. А. Логинова. – Текст : непосредственный // Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура. – 2024. – № 2(6). – С. 112–120. – EDN: ZNPZVS.
 8. Применение асфальтозагревательного комплекса для ремонта покрытия автомобильных дорог / П. Ю. Явтуховский, А. М. Кудинов, Н. М. Кудинов, Д. В. Гуляк. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2022. – Выпуск 2022-1(153) Современные строительные материалы. – С. 99–103. – URL: [https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2022/2022-1\(153\)/st_13_yavtuhovskiy_kudinov_kudinov_gulyak.pdf](https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2022/2022-1(153)/st_13_yavtuhovskiy_kudinov_kudinov_gulyak.pdf) (дата обращения: 25.09.2024). – ISSN 2519-2817.
 9. Патент № 2187054 С1 Российская Федерация, МПК F26B 11/04. Сушильный аппарат с фрикционным приводом барабана : № 2001126299/06 : заявл. 27.09.2001 : опубл. 10.08.2002 / С. Т. Антипов, В. Я. Валуйский, В. Н. Меснянкин, С. В. Шахов ; заявитель Государственное образовательное учреждение Воронежская государственная технологическая академия. – 9 с. : ил. – Текст : непосредственный.
 10. Патент на полезную модель № 176123 U1 Российская Федерация, МПК F26B 11/04. Приводной механизм сушильного барабана : № 2017114863 : заявл. 26.04.2017 : опубл. 09.01.2018 / А. Г. Сергеев ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Биоинвест». – 5 с. : ил. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39257839> (дата обращения: 02.09.2024). – EDN: WRSVDV. – Текст : электронный.
 11. Патент на полезную модель № 178453 U1 Российская Федерация, МПК F26B 11/04. Приводной механизм сушильного барабана : № 2017114761 : заявл. 26.04.2017 : опубл. 04.04.2018 / А. Г. Сергеев ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Биоинвест». – 5 с. : ил. – Текст : непосредственный.
 12. Луцко, Т. В. Основы расчета грузоподъемных и транспортирующих машин : учебное пособие / Т. В. Луцко, С. В. Владимиров, Д. Г. Белицкий. – Донецк : ООО «НПП "Фолиант"», 2018. – 365 с. – Текст : непосредственный.
 13. Chen, S. Simulation and experiments on the drying outcome of drying drums / S. Chen, J. Yang. – Текст : электронный // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. – 2016. – Volume 17. – P. 109–117. – <https://doi.org/10.1007/s12541-016-0014-z>.
 14. Energy and Exergy Analysis in an Asphalt Plant's Rotary Dryer / D. Peinado, M. De Vega, N. García-Hernando, Carolina Marugan-Cruz. – Текст : электронный // Applied Thermal Engineering. – 2011. – Volume 31, no. 6-7. – P. 1039–1049. – <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2010.11.029>.

Информация об авторе

Водолажченко Александр Григорьевич – старший преподаватель кафедры наземных транспортно-технологических комплексов и средств Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: машины и оборудование для строительства, содержания и ремонта автомобильных дорог, гидравлический привод транспортно-технологических машин.

Медведев Иван Платонович – магистрант кафедры наземных транспортно-технологических комплексов и средств Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: совершенствование приводов сушильных барабанов для асфальтосмесительных установок.

Information about the author

Vodolazhchenko Aleksandr G. – Senior lecturer, Land Transport and Technological Complexes and Facilities Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: machines and equipment for building, maintenance and repair of roads, hydraulic drive of transport and technological machines.

Medvedev Ivan G. – master's student, Land Transport and Technological Complexes and Facilities Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: improvement of drives of drying drums for asphalt mixing plants.

Статья поступила в редакцию 28.10.2024; одобрена после рецензирования 22.11.2024; принята к публикации 29.11.2024.

The article was submitted 28.10.2024; approved after reviewing 22.11.2024; accepted for publication 29.11.2024.