

# ЗАВИСИМОСТЬ ТЯГИ БУКСИРА ОТ ДАВЛЕНИЯ В ШИНАХ

Имашева Г.М.<sup>1</sup>, Жарымхан Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Имашева Гульнар Махмутовна – академик Международной академии транспорта, доктор технических наук, профессор;

<sup>2</sup>Жарымхан Дастан – магистрант,  
кафедра авиационной техники и технологии,  
Академия Гражданской авиации,  
г. Алматы, Республика Казахстан

**Аннотация:** при проектировании аэродромного буксира помимо кинематики движения колесной техники по поверхности, необходимо правильно рассчитывать и динамические характеристики буксира. Каким бы мощным ни был двигатель буксира и каким бы ни был крутящий момент на валу, если сила трения на колесах меньше силы суммарного трения на всех колесах самолета и (или) меньше силы трения качения на всех подшипниках колес ВС, то самолет не тронется с места. Но сила трения между аэродромной поверхностью и шинами тягача величина непостоянная. Кроме коэффициента трения, она зависит от просадки колес, которая в свою очередь зависит от веса тягача и изначального давления в шинах. Эта работа направлена на установление зависимости силы трения, следовательно и тяги, от просадки.

**Ключевые слова:** буксир, колесная техника, просадка, давление в шинах.

## THE DEPENDENCE OF THE TRACTION OF TUGBOAT ON THE TIRE PRESSURE

Imasheva G.M.<sup>1</sup>, Jarimhan D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Imasheva Gulnar - Academician of the International Academy of Transport, Doctor of Technical Sciences, Professor;

<sup>2</sup>Jarimhan Dastan - Undergraduate,  
DEPARTMENT AVIATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY,  
ACADEMY OF CIVIL AVIATION,  
ALMATY, REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**Abstract:** when designing an airfield tractor, in addition to the kinematics of the movement of wheeled vehicles on the surface, it is necessary to correctly calculate the dynamic characteristics of the tractor. No matter how powerful the tractor engine is and no matter what the torque is on the shaft, if the friction force on the wheels is less than the total friction force on all the wheels of the aircraft and (or) less than the rolling friction force on all the bearings of the wheels of the aircraft, then the aircraft will not move. But the friction force between the airfield surface and the tractor tires is variable. In addition to the coefficient of friction, it depends on the fit of the wheels, which in turn depends on the weight of the tractor and the initial tire pressure. This work is aimed at establishing the dependence of the friction force, therefore, and the thrust on the drawdown.

**Keywords:** tractor, wheeled machinery, drawdown, tire pressure.

Для наглядности обратимся к рис. 1. На рисунке схематически изображена шина. Как и любая шина, она имеет внутренний радиус и внешний радиус. Для простоты предположим, что шина имеет цилиндрическую форму (в реальности объем, в который накачивается воздух или иной газ имеет форму тора, но на точность это мало влияет). В рамках данной работы просадкой называется уменьшение высоты расположения центра колеса от изначального радиуса [1].

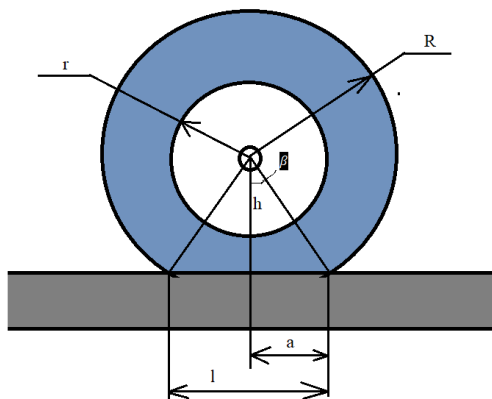


Рис. 1. Шина

Логично предположить, что тяга напрямую зависит от пятна контакта (ПК). Так как предполагается, что аэродромная поверхность ровная, а шина имеет форму цилиндра, то ПК определяется как произведение длины ПК на толщину шины.  $S = lb$

где:  $l = 2a$ . Так как  $a, h, R$ - стороны прямоугольного треугольника,

$$a = \sqrt{R^2 - h^2}$$

следовательно

$$l = 2\sqrt{R^2 - h^2}$$

Как было отмечено ранее тяга не может быть больше, чем сила трения.

$$F_{\text{тяги}} \leq \frac{M_{\text{кр}}}{h}$$

$$F_{\text{тр}} \geq F_{\text{тяги}}$$

где:

$$F_{\text{тр}} = \mu G$$

где:  $G$  - сила тяжести, действующая на колесо. Коэффициент трения определяется как произведение ПК на некоторый показатель, определяемый экспериментально на стадии выбора материала.

$$\mu = kS$$

или

$$\mu = klb$$

отсюда следует что

$$F_{\text{тр}} = klbG$$

Учитывая, что

$$a = \sqrt{R^2 - h^2}$$

$$F_{\text{тр}} = 2kbG\sqrt{R^2 - h^2}$$

Так как тяга не может быть больше, чем сила трения

$$F_{\text{тяги}} \leq 2kbG\sqrt{R^2 - h^2}$$

Это один способ определения тяги через просадку. Но так же максимально возможную тягу можно определить отталкиваясь от давления в шинах. Допустим, что при взвешенном состоянии давление в шинах имеет значение  $P_0$  а в нагруженном состоянии имеет значение  $P_1$ . Причем значение  $P_1$  зависит от просадки. То есть,  $P_1 = P_0 f(h)$

Определим эту зависимость. Для этого снова обратимся к рис-1. Как видно из рисунка, ПК формирует сектор окружности (круга). Площадь сектора определяется как:

$$S_{\text{сек}} = \frac{2\beta\pi R^2}{2\pi}$$

или

$$S_{\text{сек}} = \beta R^2$$

При контакте с поверхностью земли площадь окружности сечения колеса сокращается на некоторое значение. Для определения этого значения необходимо отнять от площади сектора площадь треугольника. [2]

$$\Delta S = S_{\text{сек}} - S_{\Delta}$$

где:

$$S_{\Delta} = \frac{2h\sqrt{R^2 - h^2}}{2} = h\sqrt{R^2 - h^2}$$

То есть

$$\Delta S = \beta R^2 - h\sqrt{R^2 - h^2}$$

Следует отметить, что высота зависит от радиуса колеса и угловой величины ПК.

$$h = R \cos \beta$$

отсюда

$$\beta = \arccos\left(\frac{h}{R}\right)$$

$$\Delta S = R^2 \arccos\left(\frac{h}{R}\right) - h\sqrt{R^2 - h^2}$$

В итоге площадь сечения колеса принимает следующее значение.

$$S_1 = \pi(R^2 - r^2) - R^2 \arccos\left(\frac{h}{R}\right) + h\sqrt{R^2 - h^2}$$

Учитывая толщину шины (колеса), нетрудно вычислить объем.

$$V_1 = b \left( \pi(R^2 - r^2) - R^2 \arccos\left(\frac{h}{R}\right) + h\sqrt{R^2 - h^2} \right)$$

Логично предположить, что при изменении объема шины, изменяется и давление в ней.

$$P_1 = \frac{P_0 V_0}{V_1}$$

Подставив в выражение ранее известные формулы, получаем

$$P_1 = \frac{b P_0 \pi (R^2 - r^2)}{b \left( \pi(R^2 - r^2) - R^2 \arccos\left(\frac{h}{R}\right) + h\sqrt{R^2 - h^2} \right)}$$

или

$$P_1 = \frac{P_0 \pi(R^2 - r^2)}{\pi(R^2 - r^2) - R^2 \arccos\left(\frac{h}{R}\right) + h\sqrt{R^2 - h^2}}$$

Так как силы давления на площадь с двух сторон равны, то.

$$F_{\text{дав}} = P_1 S_{\text{кон}}$$

Если вспомнить, что

$$S_{\text{кон}} = 2b\sqrt{R^2 - h^2}$$

то

$$F_{\text{дав}} = \frac{2bP_0\pi(R^2 - r^2)\sqrt{R^2 - h^2}}{\pi(R^2 - r^2) - R^2 \arccos\left(\frac{h}{R}\right) + h\sqrt{R^2 - h^2}}$$

Если ввести в уравнение коэффициент, получаемый экспериментально, то получаем формулу определения максимальной тяги от просадки и изначального давления в шинах. [3]

$$F_{\text{тяги}} \leq F_{\text{тр}} = \frac{2kbP_0\pi(R^2 - r^2)\sqrt{R^2 - h^2}}{\pi(R^2 - r^2) - R^2 \arccos\left(\frac{h}{R}\right) + h\sqrt{R^2 - h^2}}$$

В данной работе рассмотрена зависимость тяги тягача от давления в шинах и просадки. Выявлены два метода определения максимальной тяги: на основе веса тягача и на основе изначального давления в шинах. Закономерности, полученные в этой работе, могут быть использованы в дальнейших разработках колесных тягачей и другой колесной техники для нужд гражданской авиации.

#### *Список литературы / References*

1. Любашевский И.Ф., Маргулис Л.Г., Ниселовский Б.Я. Технология шинного производства. М., 1951. 215 с.
2. Бродский Г.И. Евстратов В.Ф. Сахновский Н.Л. Слюдииков Л.Д. Истирание резин. М., 1974. 175 с.
3. Павлов С.А., Сердобов В.Б. Буксировка воздушных судов. М., 2018. 240 с.
4. Имашева Г.М., Карденов С.М., Махмудлу С.А. Некоторые вопросы по развитию глобальной логистики // Наука, техника и образование. [Электронный ресурс]. 2021. 4(79). Режим доступа: <https://3minut.ru/> (дата обращения: 12.3.2022).
5. Имашева Г.М., Даулеткереева Д.Д. Вопросы повышения качества услуг пассажирам воздушного судна // Наука, техника и образование. [Электронный ресурс], 2021. 4(79). Режим доступа: <https://3minut.ru/> (дата обращения: 12.3.2022).