

УДК 625.745.55

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К ИССЛЕДОВАНИЮ  
УСТРОЙСТВА ДЛЯ МОЙКИ ГРУЗОВОГО И ПАССАЖИРСКОГО  
АВТОТРАНСПОРТА НА АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

**Мистрюков Дмитрий Геннадьевич**

магистрант

**Дьячков Сергей Владимирович**

кандидат технических наук, доцент

[dsv13.06@mail.ru](mailto:dsv13.06@mail.ru)

**Соловьёв Сергей Владимирович**

доктор сельскохозяйственных наук, доцент

[sergsol6800@yandex.ru](mailto:sergsol6800@yandex.ru)

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** В статье рассмотрены результаты теоретических исследований рабочего органа устройства для бесконтактной мойки пассажирского автотранспорта на автотранспортных предприятиях. В результате проведенных теоретических исследований авторами разработаны теоретические предпосылки математического описания давления струи моющей жидкости на объект подвергающийся мойке.

**Ключевые слова:** пассажирский автотранспорт, мойка, форсунка, автотранспорт, устройство для бесконтактной мойки.

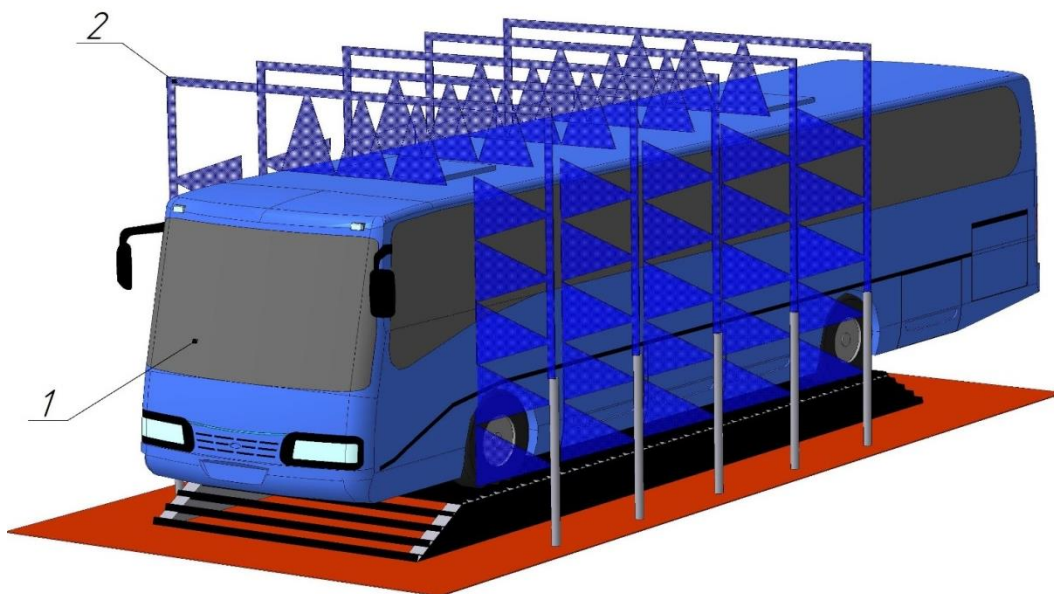
Грузовой автотранспорт нуждается в мойке не меньше, чем легковые автомобили. Большинство автосервисов не предоставляет услуг по уходу за этим видом транспортных средств. Кроме того следует отметить, что многие грузовики используются в качестве носителей рекламы, на изображении которой не должно быть грязи.

Сегодня в больших городах встречаются редкие автомойки для грузовиков. В провинции подобного нет вообще. Спрос на эти услуги достаточно высокий. На отечественных дорогах насчитывается около 5,5 млн. единиц грузовой автотехники [1].

Из этого можно сделать вывод, что этот бизнес объективно является перспективным. Рентабельность мойки для грузовиков изначально является высокой [2, 3]. Прибыль, которую приносит такой тип СТО, будет выше, чем у автомоек для легковых авто [3, 4]. Стоимость услуг этих двух направлений сервиса значительно отличается. Цена мойки грузовика в 5-8 раз выше [5, 6].

Наша работа посвящена совершенствованию технологического процесса и технических средств для транспортно-технологических машин на автотранспортных предприятиях.

Моечная установка высокого давления должна содержать емкость для моющего раствора, насос высокого давления, подводящие патрубки, сопло – щелевую форсунку высокого давления. На рисунке 1 представлена концептуальная модель автобусов.

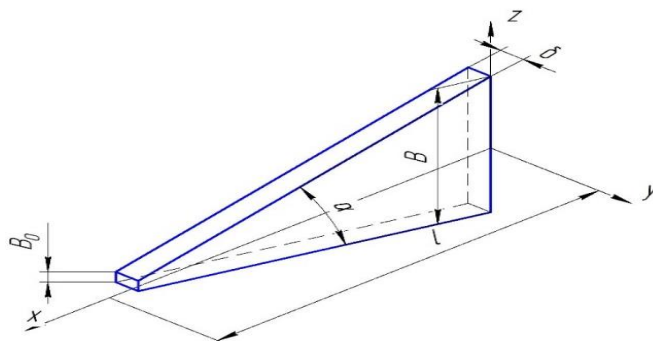


1 – автобус, 2 – моющая рамка

Рисунок 1 – Концептуальная модель мойки автобусов

Рассмотрим геометрию струи вырывающейся из сопла моечной установки.

Схема струи из форсунки высокого давления представлена на рисунке 2. Здесь  $l$  – это расстояние от сопла до поверхности в метрах,  $\alpha$  – угол раствора струи сопла в рад,  $B$  – ширина струи, которая на практике является переменной величиной, и тем она выше, чем больше удаление сопла от поверхности мойки, но изменение ее не значительно в пределах исследований – в метрах;  $\delta$  – толщина струи, м - по факту данная величина также является переменной, однако для упрощения расчетов принимаем ее за константу,  $B_0$  – ширина щели форсунки, м - зависит от конструктивных параметров сопла [7].



$l$  – расстояние от сопла до поверхности, м;  $\alpha$  – угол раствора струи сопла, рад;  $B$  – ширина струи, м;  $\delta$  – толщина струи, м,  $B_0$  – ширина щели форсунки, м

Рисунок 2 – Схема к определению геометрии струи

Ширину струи определим согласно расчетной схеме (рисунок 3).

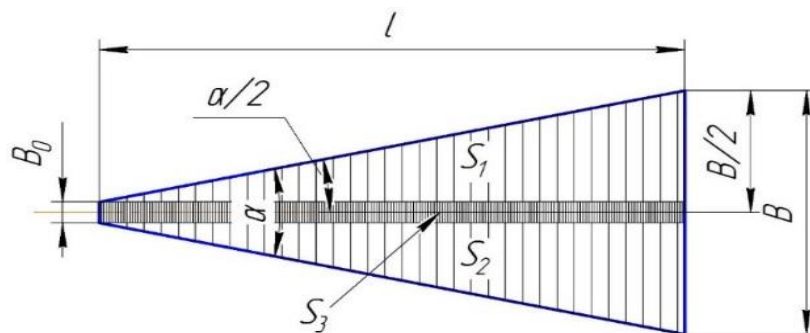


Рисунок 3 – Схема для определения ширины струи  $B$

$$\frac{B/2 - B_0/2}{l} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (1)$$

Откуда:

$$B = B_0 + 2 * l * \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (2)$$

Площадь поперечного сечения струи найдется из выражения

$$S_0 = \delta * B \quad (3)$$

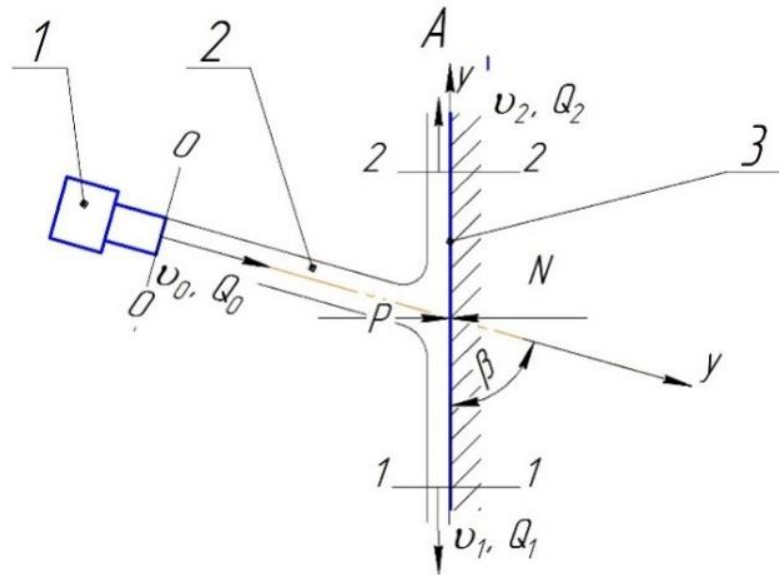
Значит площадь поперечного сечения струи при различных расстояниях от сопла до поверхности мойки можно найти так [7, 8]:

$$S_{\text{сеч}} = \left( B_0 + 2 * l * \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) * \delta = B_0 * \delta + 2 * l * \delta * \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (4)$$

При воздействии струи моющей жидкости на поверхность сила давления определится произведением гидродинамического давления на площадь пятна контакта. Для определения силы воспользуемся теоремой количества движения - изменение количества движения  $\Delta m v$  равно импульсу внешних сил  $\Delta F$ , приложенных в выделенному участку потока [7, 9]:

$$\Delta F = \Delta m v \quad (5)$$

На рисунке 4 представлен общий случай воздействия потока моющей жидкости на поверхность мойки:



1 – форсунка, 2 – струя моющей жидкости, 3 – загрязненная поверхность

Рисунок 4 – Схема воздействия струи моющей жидкости на поверхность мойки

Из сопла моющая жидкость выходит с расходом  $Q_0$  и скоростью  $v_0$ . Поток, сталкиваясь с поверхностью, давит на нее с силой  $P$ , со стороны поверхности возникает противодействующая сила  $N$ .

Тогда, согласно схемы, изменение количества движения  $\Delta m\vartheta$  за время  $dt$  в проекции на ось  $y$  можно записать в следующем виде [10]:

$$\Delta m\vartheta = (m_1 * \vartheta_1 * \cos\beta - m_2 * \vartheta_2 * \cos\beta) - m_0 * \vartheta_0 \quad (6)$$

Здесь  $m_0 * \vartheta_0$ ,  $m_1 * \vartheta_1$  и  $m_2 * \vartheta_2$ , – проекции векторов количества движения потока жидкости.

За время  $dt$  можно определить импульс внешних сил:

$$\Delta F = -N * \sin\beta * dt \quad (7)$$

С учетом вышеизложенного получим:

$$-N \sin\beta dt = m_1 \vartheta_1 \cos\beta - m_2 \vartheta_2 \cos\beta - m_0 \vartheta_0 \quad (8)$$

Если принять к сведению, что  $\frac{m}{dt} = \frac{\rho V}{dt} = \rho Q$ , где  $\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>,  $V$  – объем жидкости, м<sup>3</sup>, то:

$$N \sin\beta = \rho(Q_0 \vartheta_0 - Q_1 \vartheta_1 \cos\beta + Q_2 \vartheta_2 \cos\beta) \quad (9)$$

Согласно движению потока жидкости из гидравлики (о неразрывности потока) справедливо записать следующее выражение [9, 10]:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 \quad (10)$$

Чтобы определить расходы  $Q_1$  и  $Q_2$  необходимо составить уравнение количества движения относительно оси  $y$ :

$$0 = \rho(Q_0 * v_0 * \cos\beta - Q_1 * v_1 + Q_2 * v_2) \quad (11)$$

Тогда

$$Q_0 * \cos\beta = Q_1 - Q_2$$

$$Q_0 = \frac{Q_1 - Q_2}{\cos\beta} \quad (12)$$

Отсюда запишем:

$$Q_1 = \frac{Q_0 * (1 + \cos\beta)}{2} \quad (13)$$

$$Q_2 = \frac{Q_0 * (1 - \cos\beta)}{2} \quad (14)$$

В итоге получим следующее выражение:

$$N * \sin\beta = \rho * (Q_0 * v_0 - \frac{Q_0 * (1 + \cos\beta)}{2} v_0 * \cos\beta + \frac{Q_0 * (1 - \cos\beta)}{2} v_0 * \cos\beta) \quad (15)$$

$$N * \sin\beta = \rho * Q_0 * v_0 * \sin^2\beta$$

Знаем, что начальный расход равен  $Q_0 = v_0 * S_0$ , тогда сила давления есть:

$$N = \rho * \frac{Q_0^2}{S_0} * \sin\beta \quad (16)$$

$$\text{или } N = \rho * S_0 * v_0^2 * \sin\beta$$

Величина  $P_y$ , Н/м<sup>2</sup> гидродинамического давления струи найдется из следующей зависимости [7-9]:

$$P_y = \rho_l v^2 \sin\beta \quad (17)$$

где  $v$  – скорость потока в момент соударения с преградой, м/с;

$\rho_l$  – средняя плотность жидкости на расстоянии  $l$  от форсунки

Средняя плотность жидкости на расстоянии  $l$  от форсунки определим через коэффициент аэрации  $k$ :

$$\rho_l = \frac{\rho_\Phi}{k} \quad (18)$$

$\rho_\Phi$  – плотность моющей жидкости на выходе из форсунки, кг/м<sup>3</sup> ( $\rho_\Phi = 1000$  кг/м<sup>3</sup>)

$$k = \frac{S_{\text{сеч}}}{S_0} = \frac{B_0 * \delta + 2 * l * \delta * \text{tg} \frac{\alpha}{2}}{B_0 * \delta} = 1 + \frac{2 * l * \delta * \text{tg} \frac{\alpha}{2}}{B_0 * \delta} \quad (19)$$

С учетом уравнения выше можем записать:

$$P_y = \frac{\rho_{\phi} * v^2 * B_0 * \delta}{B_0 * \delta + 2 * l * \delta * \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \sin \beta$$

Средняя скорость потока в струе на исследуемом расстоянии  $l$  равна начальной скорости потока  $v_0$ , м/с:

$$v = v_0 = \varphi \sqrt{2 * g * H}$$

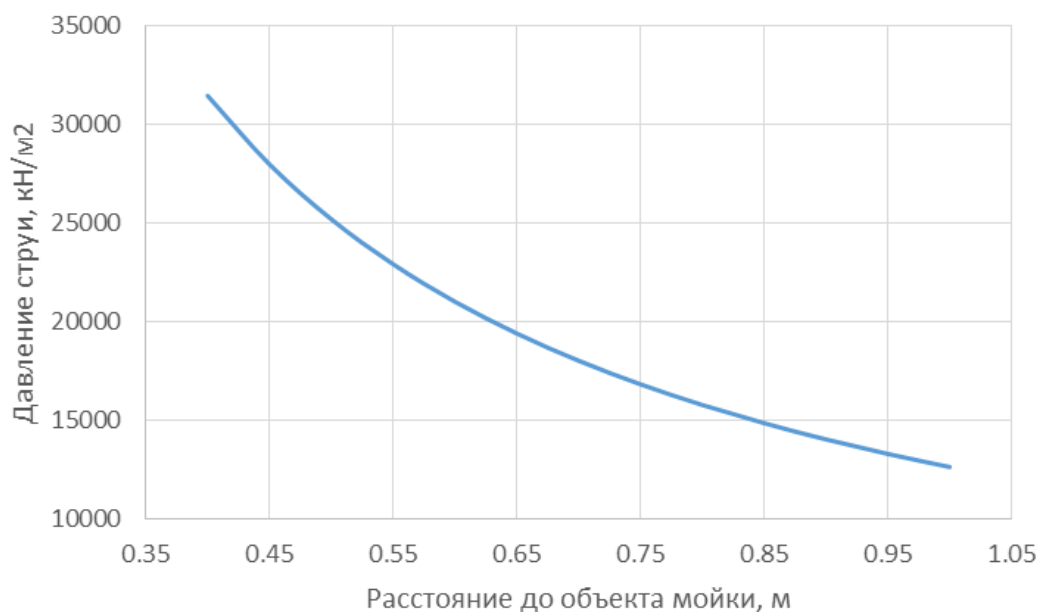


Рисунок 5 – Влияние расстояния от сопла до поверхности на давление потока струи (сопло с углом раствора  $\alpha=40^\circ$ )

В результате проведенных теоретических исследований нами аналитически описаны геометрические параметры струи моющей жидкости; выведена зависимость давления струи моющей жидкости на поверхности транспортного средства; теоретически исследовано изменение давления струи моющей жидкости от применения сопла с углом  $\alpha=25$  и  $40^\circ$  при различных значениях расстояний, с целью выбора диапазонов для экспериментальных исследований.

#### Список литературы:

1. Максименко, А. Н. Эксплуатация строительных и дорожных машин: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности

"Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование" направления подготовки "Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы" / А. Н. Максименко. - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2006. - 391 с.

2. Дьячков, С.В. Совершенствование технологического процесса и технических средств для очистки дорожных ограждений от загрязнений / С.В. Дьячков, С.В. Соловьёв, А.А. Урюпин // Наука и образование – 2019. – Т. 2. – № 2. – С. 209.

3. Analysis of the uniformity of the distribution of herbicides in the intercrystal zone with a bar with a deviating section / К.А. Манаенков, V.V. Khatuntsev, A.S. Gordeev, A.A. Korotkov, V.I. Gorshenin // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia. – 2020. – С. 32008

4. Аналитическая оценка свойств дисперсно-упрочненных гальванических композитных многослойных покрытий / С.Ю. Жачкин, Н.А. Пеньков, А.И. Краснов, К.А. Манаенков // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2015. - № 1. - С. 142-149.

5. Горшенин, В.И. Машина для бесконтактной мойки дорожных ограждений / В.И. Горшенин, В.Ю. Ланцев, С.В. Дьячков, С.В. Соловьёв // Наука и образование– 2019. – Т. 2. – № 2. – С. 24.

6. Результаты экспериментальных исследований устройства гидродинамической мойки колес грузовых автомобилей / А.А. Стукалов, С.В. Дьячков, С.В. Соловьёв, А.А. Бахарев, А.Г. Абросимов // Наука и образование. – 2020. – Т.2. - №3. – С. 190

7. Манаенков, К.А. Совершенствование обработки почвы в приствольных полосах интенсивных садов / К.А. Манаенков, М.С. Колдин, Ж.А. Арькова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2017. – № 3 (17). – С. 28-34.



8. Бросалин, В.Г. Исследование садовой гербицидной штанги для обработки приствольных полос / В.Г. Бросалин, А.И. Завражнов, К.А. Манаенков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 10. – С. 8-11.

9. Теоретические предпосылки к исследованию устройства гидродинамической мойки элементов дорожных ограждений / С.В. Дьячков, С.В. Соловьев, В.Ю. Ланцев, А.А. Бахарев, А.Г. Абросимов // Научная жизнь. – 2019. – Т.14. - №5. – С. 666-674

10. Теоретические предпосылки к исследованию устройства для нанесения антигравийных покрытий на кузовные элементы транспортно-технологических машин / А.А Кондрашин, С.В. Дьячков, С.В. Соловьев, А.А. Бахарев, А.Г. Абросимов // Наука и образование. – 2020. – Т.3. - №2. – С. 189

**UDC 625.745.55**

**THEORETICAL PREREQUISITES FOR THE STUDY OF THE  
DEVICE FOR WASHING CARGO AND PASSENGER VEHICLES AT  
MOTOR TRANSPORT ENTERPRISES**

**Mistryukov Dmitry Gennadievich**

master'sstudent

**Dyachkov Sergey Vladimirovich**

candidate of Technical Sciences, Associate Professor

dsv 13.06@mail.ru

**Solovyov Sergey Vladimirovich**

doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

sergsol6800@yandex.ru

Michurinsk State Agrarian University,

Michurinsk, Russia

**Annotation.** The article considers the results of theoretical studies of the working body of the device for contactless washing of passenger vehicles at motor

transport enterprises. As a result of the conducted theoretical studies, the authors developed the theoretical prerequisites for the mathematical description of the pressure of the jet of washing liquid on the object being washed.

**Key words:** passenger vehicles, car wash, nozzle, motor transport, device for contactless washing.