

УДК 625.745.55

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
ПРОЦЕССА АНТИКОРРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ СКРЫТЫХ  
ПОЛОСТЕЙ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

**Елфимов Олег Николаевич**

магистрант

**Стукалин Александр Юрьевич**

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)

**Абросимов Александр Геннадьевич**

кандидат технических наук, доцент

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** В статье рассмотрены теоретические предпосылки к исследованию рабочего органа устройства для антикоррозионной обработки скрытых полостей транспортно-технологических машин. В результате проведенных теоретических исследований авторами получены зависимости для определения массового и объемного расходов антикоррозионной жидкости.

**Ключевые слова:** транспортно-технологические машины, антикоррозионная обработка, форсунка, коррозия.

Проблема борьбы с коррозией металлоконструкций остается неизменно актуальной во всех цивилизованных странах. Только за один год в мире «съедается» коррозией 1,5% металла, применяемого в промышленности, строительстве и транспорте. По экспертным оценкам от 5 до 10% строительных конструкций ежегодно выходят из строя, требуют усиления или ремонта из-за коррозионных повреждений [1].

Сохранить кузов от коррозии – одна из основных задач при эксплуатации любой транспортно-технологической машины, которая позволяет продлить ее срок службы [2, 3].

При эксплуатации автомобилей, особенно в зимний период, когда дорожное полотно для улучшения сцепных свойств обрабатывается агрессивными реагентами, на поверхности кузовных элементов образуются очаги коррозии, что негативным образом отражается на их сроке службы. Поэтому для защиты кузова транспортно-технологических машин необходима антикоррозионная обработка [1-3].

На Российском рынке в настоящее время появилось множество различных антикоррозионных составов для обработки кузовных элементов автомобилей, позволяющих длительное время защитить кузов от коррозии [2, 3].

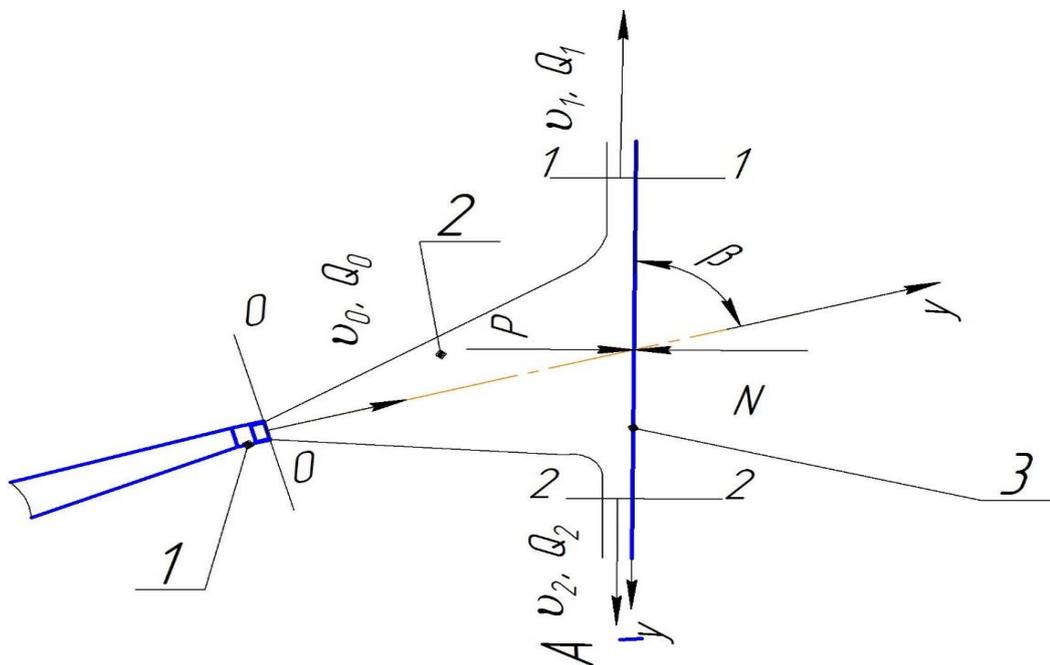
Принцип антикоррозионной защиты достаточно прост – на поверхности появляется пленка, предотвращающая образование коррозии. Регулярное и правильное использование антикора помогает существенно замедлить процесс коррозии [2, 4, 5].

Рассмотрим схему распыла антикоррозионной жидкости под произвольным углом к обрабатываемой поверхности (рисунок 1).

Согласно теореме количества движения - изменение количества движения  $\Delta m v$  равно импульсу внешних сил  $\Delta F$ , приложенных в выделенному участку потока:

$$\Delta F = \Delta m v \quad (1)$$

Рассмотрим действие потока антикоррозионной жидкости, наносимой на обрабатываемые поверхности при произвольном угле поворота  $\beta$  форсунки в плоскости  $xu$ :



1 – форсунка, 2 – поток антикоррозионной жидкости, 3 – обрабатываемая поверхность

Рисунок 1 – Схема распыла антикоррозионной жидкости на обрабатываемую поверхность

Поток, истекающий из сопла форсунки, во фронтальной плоскости  $xz$  попадает на балку под углом  $\alpha$ , Этот поток будем называть факелом распыла.

Начальные параметры обозначим через расход  $Q_0$  и скорость  $v_0$ . Со стороны обрабатываемой поверхности будет возникать противодействующая сила  $N$ , которая равна силе давления жидкости  $P$ . Силы  $N$  и  $P$  направлены в противоположные стороны.

Изменение количества движения  $\Delta m\vartheta$  за время  $dt$  в проекции на ось  $u$  определится по следующей зависимости [5, 6]:

$$\Delta m\vartheta = (m_1\vartheta_1 \cos\beta - m_2\vartheta_2 \cos\beta) - m_0\vartheta_0 \quad (2)$$

Где  $m_0\vartheta_0, m_1\vartheta_1$  и  $m_2\vartheta_2$ , – проекции количества движения жидкости на ось  $u$  в сечениях 0 – 0, 1 – 1 и 2 – 2 соответственно.

Импульс внешних сил за время  $dt$  будет равен:

$$\Delta F = -N \sin\beta dt \quad (3)$$

Тогда:

$$-N\sin\beta dt = m_1 v_1 \cos\beta - m_2 v_2 \cos\beta - m_0 v_0 \quad (4)$$

Учитывая, что  $\frac{m}{dt} = \frac{\rho V}{dt} = \rho Q$ , где  $\rho$  – плотность антикоррозионного состава, кг/м<sup>3</sup>,  $V$  – объем жидкости, м<sup>3</sup> получим

$$N\sin\beta = \rho(Q_0 v_0 - Q_1 v_1 \cos\beta + Q_2 v_2 \cos\beta) \quad (5)$$

Из условия неразрывности потока расход в сечении 0 – 0 за время  $dt$  будет равен сумме расходов в сечениях 1 – 1 и 2 – 2:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 \quad (6)$$

Для определения расходов в сечениях 1 – 1 и 2 – 2 составим уравнение количества движения относительно оси  $y^1$  (см. рис. 2.5).

Так как силы  $P$  и  $N$  перпендикулярны выбранной оси, то проекции этих сил будут равны нулю.

Тогда:

$$0 = \rho(Q_0 v_0 \cos\beta - Q_1 v_1 + Q_2 v_2) \quad (7)$$

Отсюда

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

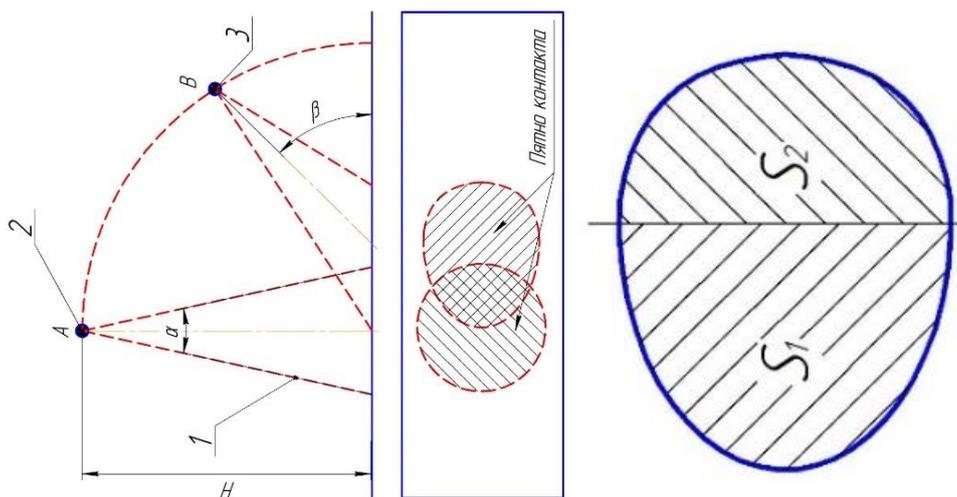
$$Q_0 = \frac{Q_1 - Q_2}{\cos\beta} \quad (8)$$

С учетом 2.10 определим значения  $Q_1$  и  $Q_2$ :

$$Q_1 = \frac{Q_0(1 + \cos\beta)}{2} \quad (9)$$

$$Q_2 = \frac{Q_0(1 - \cos\beta)}{2} \quad (10)$$

На качественные показатели нанесения антикоррозионной смеси влияют расстояние от форсунки до обрабатываемой поверхности, угол факела распыла и угол, под которым осуществляется подача смеси (рисунок 2) [2, 7, 8]:



1 – факел распыла; 2 – форсунка, расположенная перпендикулярно поверхности; 3 – форсунка, расположенная под углом  $\beta$ ;  $H$  – расстояние от форсунки до поверхности;  $\alpha$  – угол факела распыла;  $\beta$  – угол наклона оси факела распыла относительно горизонтали;  $S_1, S_2$  – составляющие общей площади распыливания.

Рисунок 2 – Схема для определения площади нанесения антикоррозионной смеси

С целью выявления взаимосвязей описанных выше параметров рассмотрим характер изменения диаметра пятна и площади распыливания при изменении высоты расположения и угла наклона распылителей.

Общую площадь распыливания при расположении распылителя под различными углами наклона относительно горизонтали  $\beta$  и углами факела распыла  $\alpha$  можно выразить суммой составляющих  $S_1$  и  $S_2$ , которые определяются следующими зависимостями [5, 8]:

$$S_1 = \frac{\pi * H^2}{2} * \frac{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\cos \frac{\alpha}{2} * \sin \left( \beta + \frac{\alpha}{2} \right)} \quad (11)$$

$$S_2 = \frac{\pi * H^2}{2} * \frac{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\cos \frac{\alpha}{2} * \sin \left( \beta - \frac{\alpha}{2} \right)} \quad (12)$$

В общем виде суммарная площадь распыливания при обработке распылителем с круглой формой распыла определяется выражением:

$$S = \frac{\pi * H^2}{2} * \frac{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\cos \frac{\alpha}{2}} * \left[ \frac{1}{\cos\left(\beta + \frac{\alpha}{2}\right)} + \frac{1}{\cos\left(\beta - \frac{\alpha}{2}\right)} \right] \quad (13)$$

где  $S$  – общая площадь обработки поверхности, см<sup>2</sup>;

$H$  – высота установки распылителя относительно обрабатываемой поверхности, см;

$\alpha$  – угол факела распыла, град;  $\beta$  – угол наклона оси факела распыла относительно поверхности, град;

Форма площади пятна распыла изменяется в зависимости от величины угла установки распылителя от круга при  $\beta=90^0$  до эллипса.

Значение параметров распыливания (размер пятна распыла антикоррозионной смеси  $b$ , площадь распыла  $S$  при разных значениях расстояния  $H$ , углы факела распыла  $\alpha$  и наклона его оси  $\beta$ ), полученные графическим способом в программе Компас 3D.

Зависимость площади пятна контакта от параметров распыливания при фиксированных углах наклона оси факела распыла относительно обрабатываемой поверхности представлена на обобщенном графике (рисунок 3).

Кривые, представленные на рисунке 3 отражают зависимость площади пятна контакта на обрабатываемой поверхности от расстояния до поверхности при различных углах  $\beta$ , который варьировался от 45 до 75°. Площадь пятна контакта растет с уменьшением угла наклона форсунки при нанесении антикоррозионных материалов.

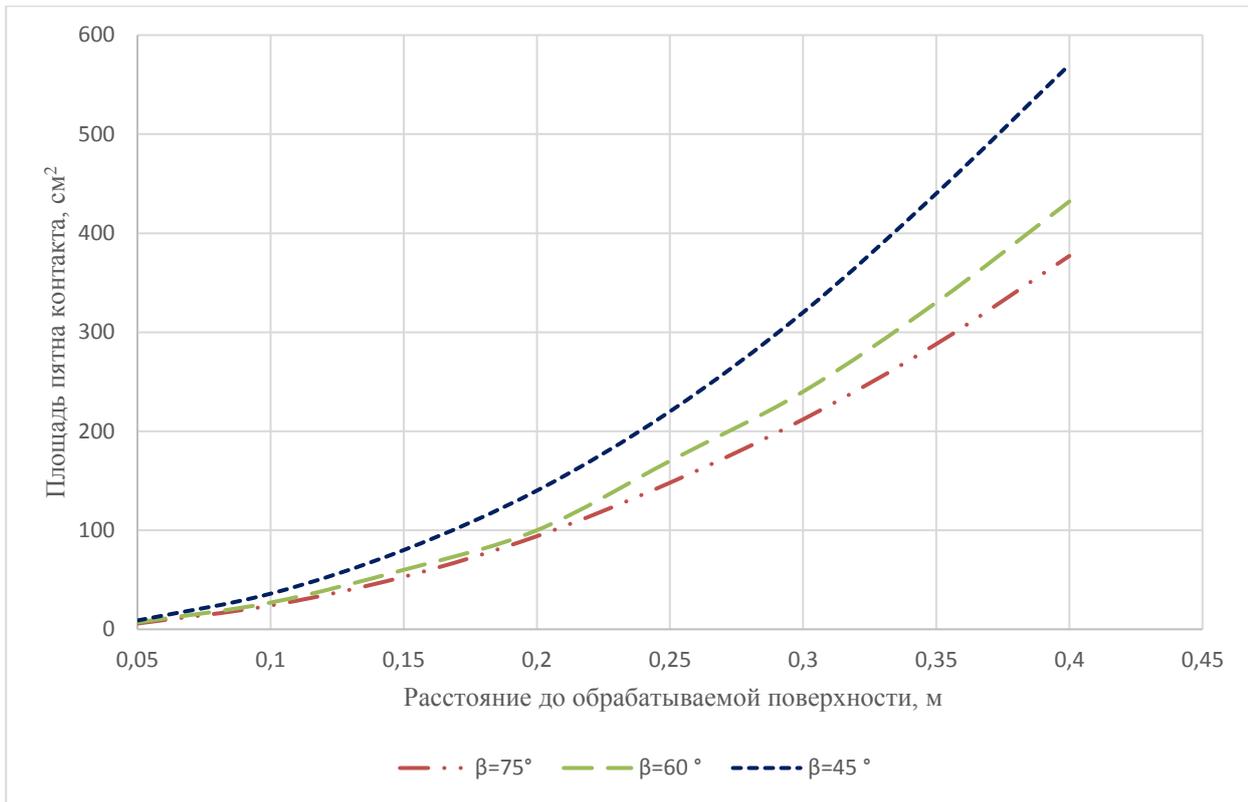


Рисунок 3 – Зависимость площади пятна контакта на обрабатываемой поверхности от расстояния до поверхности

Известно, что расход жидкости равен (при условии, что поток неразрывен):

$$Q = v \cdot S$$

где  $v$  – скорость потока жидкости,  $S$  – площадь поперечного сечения потока.

Тогда, с учетом уравнения 2.7, будет справедливо равенство

$$Q = v \cdot \left( B_0 + 2ltg \frac{\alpha}{2} \right) \cdot \delta = vB_0\delta + 2v\delta l t g \frac{\alpha}{2} \quad (14)$$

Расход на единицу площади определится зависимостью:

$$Q_{уд} = \frac{Q \cdot t}{S_{обр}} \quad (15)$$

где  $t$  – время антикоррозийной обработки,

$S_{обр}$  – площадь обработанной поверхности, м²

$$S_{обр} = B \cdot L$$

где  $L = v_{обр} \cdot t$

$v_{\text{обр}}$  - скорость перемещения форсунки относительно обрабатываемой поверхности, м/мин

Тогда площадь обработанной поверхности определится выражением:

$$S_{\text{обр}} = B \cdot v_{\text{обр}} \cdot t \quad (16)$$

И с учетом уравнения 2.5, получим выражение для определения толщины слоя нанесенного покрытия, мм:

$$\Delta = \frac{1000 \cdot Q}{(B_0 + 2ltg \frac{\alpha}{2}) \cdot v_{\text{обр}}}$$

Толщина слоя нанесенного покрытия будет меняться по зависимостям представленным на рисунке 4.

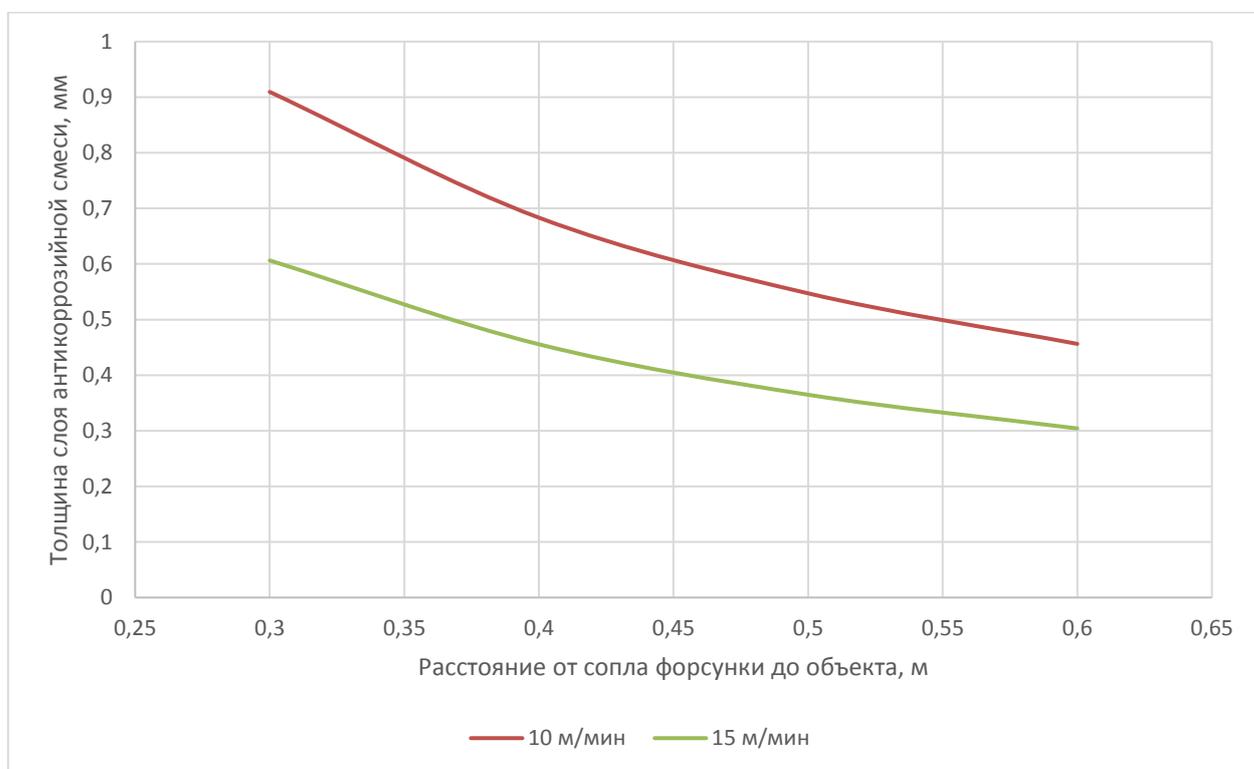


Рисунок 4 – Зависимость толщины антикоррозийного слоя от расстояния от сопла форсунки до обрабатываемой поверхности

Транспортно-технологические машины хранятся в основном открытым способом. Их антикоррозионную обработку выполняют в апреле-мае при достаточно высокой влажности воздуха [1, 3, 9, 10]. Качество их хранения зависит от выбора того или иного антикоррозионного состава, так как

использование малоэффективных консервантов минимизирует их срок хранения [1, 9].

Баланс времени  $t_n$ , на антикоррозионную обработку рассчитывается по формуле:

$$t_n = t_1 + t_2 + t_3, \quad (17)$$

где  $t_1$ —время на подготовку и сушку поверхности, ч;

$t_2$ —время, затрачиваемое на нанесение антикоррозионных составов, ч;

$t_3$ —продолжительность обслуживания, ч.

Время на подготовку и сушку поверхности определим по формуле:

$$t_1 = \frac{S_{ki} k_1}{B_1}, \quad (18)$$

где  $S_{ki}$  – площадь антикоррозионной обработки одной машины, м<sup>2</sup>;

$k_1$ —коэффициент ( $k_1 \geq 1,0$ );

$B_1$ —производительность проводимых работ, м<sup>2</sup>/ч.

Время, затрачиваемое на нанесение антикоррозионных составов можно рассчитать по формуле:

$$t_2 = \frac{S_{ki} n_{сл}}{B_2}. \quad (19)$$

где  $B_2$  – производительность устройства для нанесения антикоррозионных материалов, м<sup>2</sup>/ч;

$S_{ki}$ - площадь нанесения антикоррозионных материалов, м<sup>2</sup>;

$n_{сл}$ —количество наносимых слоев, шт.

Техническая производительность определяется по формуле:

$$B_n = 3600 \frac{S_n}{t_n}, \quad (20)$$

где 3600 – переводной коэффициент для перевода секунд в часы;

$S_n$ -площадь обрабатываемой поверхности, м<sup>2</sup>;

$t_n$ —время антикоррозионной обработки, с.

Продолжительность техобслуживания состоит из:

$$t_3 = \frac{t_{3.1} + t_{3.2} + t_{3.3}}{n_m}, \quad (21)$$

где  $t_{3,1}$  – время заправки машины антикоррозионным составом, ч;

$t_{3,2}$ –время на подготовку машины к работе, ч;

$t_{3,3}$ –время нагрева антикоррозионного состава, ч;

$n_m$ –количество обработанных машин.

Производительность антикоррозионной обработки  $W_{\Pi}$  определим по формуле:

$$W_{\Pi} = \frac{1}{t_{\Pi}} = \frac{1}{t_1 + t_2 + t_3}. \quad (22)$$

В результате проведенных теоретических исследований теоретических исследованиях нами были изучены процессы старения конструктивных элементов транспортно-технологических машин; рассмотрено изменение массы продуктов коррозии (на стали Ст.3) от продолжительности выпадения жидких осадков в течение года; определены технологические параметры процесса антикоррозионной обработки; выявлены основные факторы влияющие на толщину антикоррозионного слоя; получена зависимость толщины наносимого антикоррозионного слоя от геометрических, технологических и кинематических параметров установки для нанесения антикоррозионного слоя; построены теоретические зависимости толщины наносимого антикоррозионного слоя в зависимости от расстояния нанесения покрытия.

### Список литературы:

1. 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.
2. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин / М.М. Севернев, Н.Н. Подлекарёв, В.Ш. Сохадзе, В.О. Китиков. - Минск: Беларуская навука, 2011. – 333 с.
3. Дроздов, В.С. Техническое средство консервации машин для разбрасывания пескосоляной смеси при постановке их на длительное хранение/

В.С. Дроздов, С.В. Соловьёв // Наука и образование – 2019. – Т. 2. – № 2. – С. 207.

4. 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.

5. Analysis of the uniformity of the distribution of herbicides in the intercostal 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

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

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

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

9. Консервация машин для разбрасывания пескосоляной смеси / В.И. Горшенин, В.Ю. Ланцев, С.В. Соловьёв, [ и др.] //Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 1. – С. 45.

10. 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.

**UDC 625.745.55**

**DETERMINATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE  
PROCESS OF ANTICORROSIVE TREATMENT OF HIDDEN CAVITIES OF  
TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES**

**Elfimov Oleg Nikolaevich**

master'sstudent

**Stukalin Alexander Yurievich**

master'sstudent

**Dyachkov Sergey Vladimirovich**

candidate of Technical Sciences, Associate Professor of

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

**Solovyov Sergey Vladimirovich**

doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

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

**Abrosimov Alexander Gennadievich**

candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Michurinsk State Agrarian University,

Michurinsk, Russia

**Annotation.** The article considers the theoretical prerequisites for the study of the working body of the device for anti-corrosion treatment of hidden cavities of transport and technological machines. As a result of the theoretical studies carried out, the authors obtained dependences for determining the mass and volume flow rates of the anticorrosive liquid.

**Key words:** transport and technological machines, anti-corrosion treatment, nozzle, corrosion.