УДК 637.1

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-1-60-69

**ЗАГРЯЗНЯЕМОСТЬ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЕМКостей
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАЗНАЧЕНИЙ**¹Анохин Сергей Александрович¹Воронин Николай Владимирович¹Гуськов Артем Анатольевич¹Никитин Дмитрий Вячеславович¹Родионов Юрий Викторович¹Филатов Иван Сергеевич¹ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Реферат. В работе рассмотрены теоретические вопросы загрязняемости поверхностей емкостей, используемых в сельском хозяйстве. Было проведено исследование на степень загрязняемости поверхностей, в зависимости от рода материала, технологической обработки и пространственного положения поверхности. Качественный показатель загрязняемости определялся по косвенным количественным параметрам остаточной массы продукта на поверхности и скорости протекания продукта по поверхности. Определение скорости протекания производилось с целью имитации слива продукта из системы оборудования, так как остатки продукта в процессе стекания по поверхности подвергаются высыханию, что способствует увеличению адгезии. В качестве загрязнителя было выбрано молоко жирностью 3,5%, соответствующее ГОСТ Р 31449 – 2013, как наиболее распространенный пищевой продукт сельского хозяйства. В качестве исследуемой поверхности рассматривали сталь 15 с параметром шероховатости (Ra) 0,15; 0,2; 0,4; 0,8 мкм, и полимерные материалы ПВХ, ПЭВП. Исследование состояло из трех отдельных экспериментов, в которых определяли зависимости остаточной массы загрязнителя от шероховатости пластины при капельном и пленочном течении и от ее пространственного положения. Эксперимент проводился при углах наклона 30°, 45° и 60°. Установили, что загрязнение поверхности в массовом выражении возрастает в прямо пропорциональной зависимости от увеличения шероховатости поверхности. Скорость загрязнения обратно пропорциональна изменению пространственного положения поверхности.

Ключевые слова: агротехнологии, технологии мойки и очистки, шероховатость, адгезионные свойства, полимеры.

**POLLUTION OF INTERNAL SURFACES OF RESERVOIRS OF AGRICULTURAL
PURPOSES**¹Anokhin Sergey¹Voronin Nikolay¹Guskov Artem¹Nikitin Dmitriy¹Rodionov Yuriy¹Philatov Ivan¹FSBEI HE "Tambov State Technical University"

Abstract: Theoretical issues of contamination of the surfaces of containers used in agriculture are considered in the work. A study on the degree of contamination of surfaces was carried out, depending on the type of material, technological processing and spatial position of the surface. A qualitative indicator of contamination was determined by indirect quantitative parameters of the residual mass of the product on the surface and the speed of the product on the surface. The determination of the flow rate was carried out in order to simulate the discharge of the product from the equipment system, since product residues during drying over the surface undergo drying, which helps to increase adhesion. Milk with a fat content of 3.5%, corresponding to GOST R 31449 - 2013, was chosen as a pollutant, as the most common agricultural food product. Steel 15 with a roughness parameter (Ra) of 0.15 was considered as the

investigated surface; 0.2; 0.4; 0.8 microns, and polymeric materials PVC, HDPE. The study consisted of three separate experiments, in which the dependences of the residual mass of the pollutant on the roughness of the plate during the drip and film flow and on its spatial position were determined. The experiment was conducted at tilt angles of 30 °, 45 °, and 60 °. It was found that surface contamination in mass terms increases in direct proportion to the increase in surface roughness. The rate of contamination is inversely proportional to the change in the spatial position of the surface.

Keywords: agricultural technologies, washing and cleaning technologies, roughness, adhesive properties, polymers.

Введение. Развитие современной науки и техники предоставляет инженерам-конструкторам, инженерам-технологам и другим заинтересованным лицам практически неограниченный выбор материалов для проектирования отдельных деталей, установок и производственных линий с более выгодными технико-эксплуатационными параметрами. Не менее важным является и применение новых технологий обработки данных материалов, снижающие стоимость изготовления и ремонтных работ [1, 2].

При производстве и переработке жидких продуктов и полуфабрикатов сельскохозяйственной отрасли традиционно используют в конструкциях алюминиевые сплавы, сплавы нержавеющей стали, резиновые материалы, стекло, а также происходит внедрение полимеров. Поверхности указанных материалов обладают различными адгезионными и коррозионными свойствами, что сказывается на эффективности их очистки [3].

В производстве молока коррозионные свойства материалов влияют на износостойкость оборудования, а его адгезионные свойства на подготовку оборудования к производственным процессам [4]. В первую очередь подготовка оборудования включает в себя этап мойки поверхностей, соприкасающихся с продуктом [5, 6]. Выбор технологии мойки зависит в первую очередь от вида продукта, который выступает в данном случае загрязнителем, и материала поверхности. Сложность заключается в том, что оборудование может состоять из деталей, изготовленных из разных материалов, что особенно проявляется в замкнутой производственной линии [7-9].

Как правило, поверхности, соприкасающиеся с продуктом, являются внутренними с множеством искривлений и разной степенью обработки, которая определяется в первую очередь шероховатостью.

Материалы и методы.

В настоящей работе было проведено исследование на степень загрязняемости поверхностей в зависимости от рода материала, степени шероховатости и пространственного положения поверхности, тем самым проверялись адгезионные свойства молока и материала в разных условиях. Исследовались 6 образцов, рисунок 1: сталь 15 с шероховатостями Ra (0,15; 0,2; 0,4; 0,8 мкм), № образца 1 – 4; ПВХ, № образца 5; ПЭВП, № образца 6.

Рисунок 1 – Испытуемые образцы материалов

За рабочую гипотезу было принято следующее – шероховатость поверхности и ее пространственное расположение прямо пропорционально влияет на степень ее загрязнения. Это влияние характеризуется тем, что с увеличением степени шероховатости увеличивается площадь соприкасающейся с загрязнителем поверхности, что в свою очередь усиливает такие адгезионные эффекты как капиллярность и смачиваемость. На рисунке 2 «а» и «б» представлены линейные размеры профилей поверхностей пластин с шероховатостями $Ra = 0$ и $Ra > 0$, из которых следует, что модель «б» имеет большие геометрические размеры поверхности контактирующей с загрязнителем на 10 %.

- а) модель поверхности пластины с шероховатостью $Ra = 0$;
- б) модель поверхности пластины с шероховатостью $Ra > 0$;
- в) модель имитации «капилляров» на поверхности пластин;
- г) модели менисков в узких «капиллярах» на поверхности

Рисунок 2 – Свойства поверхности пластин

Кроме того, расположение отдельных неровностей в пространстве формируют различные углы наклона течения жидкости. В целом поверхность пластин с шероховатостью отличной от нуля имеет рельефную структуру, напоминающую сеть капилляров, рисунок 2 «в», с соответствующими особенностями адгезионных свойств, в том числе образования менисков, рисунок 2 «г».

Известно, что поверхностное натяжение оказывает существенное влияние на механику движения загрязнителя по поверхности и форму его капель, в первую очередь на скорость течения. Скорость важна при оценке времени извлечения продукта и удаления его с внутренней поверхности емкости [10, 11]. Низкая скорость может являться причиной потери влаги в загрязнителе, например, в процессе испарения, повышением его вязкости и прилипанию к поверхности.

На представленных геометрических моделях наблюдается изменение угла смачиваемости в зависимости от угла наклона поверхности пластины в пространстве, рисунок 3 «а» – «г».

Качественный показатель загрязняемости определялся по косвенным количественным параметрам остаточной массы продукта на поверхности и скорости протекания продукта по поверхности. Определение скорости протекания производилось с целью имитации слива продукта из системы оборудования, так как остатки продукта в процессе стекания по поверхности подвергаются высыханию, что способствует увеличению адгезии [12]. В качестве загрязнителя было выбрано молоко жирностью 3,5%, соответствующее ГОСТ Р 31449 – 2013, как наиболее распространенный пищевой продукт сельского хозяйства.

Рисунок 3 – Графическая модель механики движения капли молока по поверхности в разных пространственных положениях: а) угол наклона пластины 0°; б) 30°; в) 45° и г) 60°

Исследование состоит из трех отдельных экспериментов:

1. Определение зависимости остаточной массы загрязнителя от шероховатости пластины при капельном течении. На поверхности пластин с разной степенью шероховатости на одинаковом расстоянии наносилось определенное количество загрязнителя ($m_z = 0,02$ г). Через заданный промежуток времени пластины взвешивались и определяли массу загрязнителя на них, зная массу чистых пластин.

2. Определение зависимости остаточной массы загрязнителя от шероховатости при пленочном течении. Пластины одной гранью погружали в загрязнитель. Затем пластину вывешивали параллельно действию силы тяжести, давая возможность стечь части загрязнителя, которая не прилипла к поверхности. Затем проводилось взвешивание, определяя массу загрязнителя.

3. Определение зависимости скорости капельного течения от шероховатости пластины, а также от ее пространственного положения. При помещении определенного количества молока в заданную точку поверхности, расположенную по определенному углу, производилась видеосъемка стекания загрязнителя по поверхности. После чего, проводя покадровый анализ, по известному расстоянию и скорости съемки определяли скорость течения по поверхности. Эксперимент проводился при углах наклона 30°, 45° и 60°.

Результаты экспериментов сведены в таблицы 1 – 2.

Таблица 1 – Сводные данные по массовым экспериментам (1 и 2) загрязнения материалов

№ обр.	$m_{пл}$, г	m_k , г	m_n , г	F , мм ²	$m_{зк}$, г	$m_{зн}$, г	$m_{зд}$, г · 10 ⁻⁵	Ra, мкм
1	55,9609	55,9628	56,0083	3729,6731	0,0019	0,0474	1,27089	0,15
2	51,4991	51,5124	51,5765	3486,1239	0,0133	0,0774	2,22023	0,2
3	43,5149	43,519	43,5871	2995,2181	0,0041	0,0722	2,41051	0,4
4	43,0077	43,0154	43,0736	2948,4958	0,0077	0,0659	2,23504	0,8
5	2,1552	2,1629	2,1784	1892,0592	0,0077	0,0232	1,22618	0
6	2,4184	2,4301	2,4634	2249,7775	0,0117	0,045	2,0002	0,1

В таблице 1 представлены номера образцов, шероховатости их исследуемых поверхностей (Ra), массы чистых пластин ($m_{пл}$), массы пластин, после обработки загрязнителем заданного количества (m_k), массы пластин после погружения гранью в загрязнитель (m_n), площади

поверхностей пластин (F), массы остатка загрязнителя, после обработки пластин заданным количеством ($m_{зк}$), массы остатка загрязнителя на пластинах, после их погружения в загрязнитель ($m_{зн}$) и удельные массы загрязнителя на пластинах ($m_{уд}$).

Удельная масса загрязнителя на пластинах была принята за наиболее объективный показатель загрязненности поверхностей пластин, так как она учитывает площадь поверхностей, реагирующей с загрязнителем, и рассчитывалась по формуле:

$$m_{уд} = \frac{m_{зн}}{F}, \text{ г/мм}^2$$

Таблица 2 – Данные зависимости скорости течения загрязнителя по поверхностям пластин в зависимости от шероховатости и угла наклона

№ стр.	№ обр.	n, шт.	N, с ⁻¹	l, мм	v, м/с	v _{ср} , м/с	Ra, мкм
$\alpha = 30^\circ$							
1	1	102	35	35	0,01201	0,01201	0,15
2	2	491	37	35	0,002637	0,003084	0,2
3		1007	36	30	0,001072		
4		221	35	35	0,005543		
5	3	197	34	35	0,006041	0,006041	0,4
6	4	189	36	35	0,006667	0,006667	0,8
7	5	52	35	25	0,016827	0,016827	0
8	6	58	35	35	0,021121	0,021121	0,1
$\alpha = 45^\circ$							
9	1	139	36	35	0,009065	0,009065	0,15
10	2	113	36	35	0,01115	0,012004	0,2
11		98	36	35	0,012857		
12	3	9,5	35	35	0,128947	0,128947	0,4
13	4	342	35	35	0,003582	0,003582	0,8
14	5	6	35	25	0,145833	0,145833	0
15	6	6	36	35	0,21	0,21	0,1
$\alpha = 60^\circ$							
16	1	9	36	35	0,14	0,14	0,15
17	2	7	37	35	0,185	0,177885	0,2
18		6,5	37	30	0,170769		
19	3	7	35	35	0,175	0,175	0,4
20	4	6,5	35	35	0,188462	0,188462	0,8
21	5	6	35	25	0,145833	0,145833	0
22	6	3	35	35	0,408333	0,408333	0,1

Определение скорости движения заданного количества загрязнителя по поверхности производилось с помощью видеосъемки по известному расстоянию (l). Отношение количества кадров (n) перемещения на известную скорость съемки (N) представляет собой время, затрачиваемое загрязнителем на преодоление расстояния. Отношение расстояния на время позволило рассчитать скорость загрязнителя с учетом шероховатости (Ra) и угла наклона поверхности пластины (α). Общая формула для расчета скорости представляет собой следующий вид:

$$v = \frac{N \cdot l}{n \cdot 1000}, \text{ м/с}$$

В таблице 2 $v_{ср}$ является усредненным значением скорости повторных экспериментов для некоторых образцов. Данные зависимости скорости от угла наклона пластины выделены в таблице 3.

Таблица 3 – Зависимость скорости загрязнителя по поверхности пластины в зависимости от угла наклона

№ обр.	α			Ra, мкм
	30°	45°	60°	
1	0,012	0,009	0,14	0,15
2	0,003	0,012	0,178	0,2
3	0,006	0,13	0,175	0,4
4	0,007	0,004	0,189	0,8
5	0,017	0,15	0,15	0
6	0,02	0,21	0,41	0,1

В результате применения метода интерполяции данных по Лагранжу были получены функциональные зависимости рассматриваемых количественных и качественных параметров загрязненности поверхности от степени шероховатости пластин.

Зависимость удельного веса загрязнителя от изменения шероховатости:

$$m_{y\phi}(Ra) = 0.1444 Ra^5 - 0.2173 Ra^4 + 0.1022 Ra^3 - 0.01788 Ra^2 + 0.001047 Ra + 1.226 \cdot 10^{-5}.$$

Зависимость скорости течения загрязнителя по поверхности при наклоне 30° от изменения шероховатости:

$$v_c(Ra) = 9.751 Ra^5 - 21.35 Ra^4 + 15.95 Ra^3 - 4.553 Ra^2 + 0.3591 Ra + 0.01683.$$

Зависимость скорости течения загрязнителя по поверхности при наклоне 45° от изменения шероховатости:

$$v_c(Ra) = 1746 Ra^5 - 2704 Ra^4 + 1336 Ra^3 - 250.8 Ra^2 + 14.89 Ra + 0.1458.$$

Зависимость скорости течения загрязнителя по поверхности при наклоне 60° от изменения шероховатости:

$$v_c(Ra) = 2851 Ra^5 - 4391 Ra^4 + 2157 Ra^3 - 407 Ra^2 + 25.87 Ra + 0.1458.$$

На рисунке 5 представлены графики указанных полиномов.

а) $m_{y\phi}(Ra)$; б) $v_c(Ra)$ при 30°; в) $v_c(Ra)$ при 45°; г) $v_c(Ra)$ при 60°

Рисунок 4 – Графики полиномов

При этом следует отметить, что коррелируемость полученных значений скорости со степенью шероховатости при увеличении угла наклона уменьшается, однако всегда обратно пропорциональна. Удельная масса загрязнителя коррелируется прямо пропорционально. Коэффициенты корреляции представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Коэффициенты корреляции параметров загрязнителя с шероховатостью

Соотношение $f(x)$	Угол, α°	Коэффициент корреляции, C
$m_{\text{до}}(\text{Ra})$	-	0.6180272
$v_c(\text{Ra})$	30	-0.57436954
$v_c(\text{Ra})$	45	-0.47656159
$v_c(\text{Ra})$	60	-0.14774532

Анализ также показал, что независимо от степени шероховатости существует устойчивое соотношение скорости течения загрязнителя от пространственного положения поверхности пластины, коэффициент корреляции $C > 0,8$.

В работе также было рассмотрено влияние шероховатости поверхностей металлических и полимерных материалов, распространенных в мировой практике сельского хозяйства, на их биологическую активность и локальную коррозию поверхности по отношению к молочнокислым бактериям. На пластины наносилось равное количество молока. После этого пластины оставлялись на открытом воздухе в течении трех суток при температуре окружающей среды $T = 27^\circ\text{C}$. После выдержки был произведен смыв загрязнителя с поверхности пластин, после чего была произведена визуальная их оценка. На образцах 5 и 6 (полимерные материалы) каких-либо видимых следов коррозии на поверхности обнаружено не было, а на образцах 1 – 4 такие следы присутствовали. Можно сделать вывод, что наиболее стойкими к биологической активности и стойкими к коррозии в сравнении с металлическими образцами являются полимерные материалы.

На рисунке 5 представлены образцы с коррозией на поверхности.

Рисунок 5 – Коррозийные пятна на поверхностях стали 15 с разной степенью шероховатости

Закключение. В результате исследования можно сделать следующие выводы:

- шероховатость поверхности оказывает непосредственное влияние на степень ее загрязняемости;
- скорость течения загрязнителя (молока) зависит от его адгезионных свойств и свойств материала поверхности;
- скорость течения загрязнителя (молока) зависит от пространственного расположения поверхности;
- количество загрязнителя (в массовом выражении) растет прямо пропорционально увеличению шероховатости;
- скорость имеет слабую обратную зависимость от степени шероховатости поверхности;
- зависимость скорости от шероховатости обратно пропорциональна с изменением пространственного положения поверхности.

В итоге наблюдается некоторая зависимость процесса загрязняемости внутренних поверхностей промышленных и транспортируемых емкостей, используемых в сельском хозяйстве (например, для молока такими условными емкостями являются молочные цистерны, фляги, а

также элементы доильных установок, в том числе трубопроводы), от применяемых материалов и технологий их обработки. Такая зависимость подразумевает пересмотреть подходы к выбору конструкционных материалов, их обработки, а также их эксплуатации – выбор технологии мойки и очистки.

Список литературы

1. Петрашев А.И., Клепиков В.В., Князева Л.Г., Зарапина И.В. Экспресс-метод оценки смачивающих свойств консервационных составов // Наука в центральной России. – 2018. – № 4. – С. 73 – 85.
2. Доровских В.И., Доровских Д.В. Анализ влияния качества технологических процессов на эффективность производства молока // Наука в центральной России. – 2018. – № 3. – С. 37 – 41.
3. FeldungDamkjær N., Adler-Nissen J., Jensen B.B.B., Wilson D.I. Flow pattern and cleaning performance of a stationary liquid jet operating at conditions relevant for industrial tank cleaning // Food and Bioproducts Processing, Volume 101, January 2017, Pages 145 – 156.
4. Доровских В.И., Доровских Д.В., Альями С.Ф. Хаснави Обоснование критериев оценки эффективности использования оборудования для первичной обработки молока // Наука в центральной России. – 2016. – № 5. – С. 62 – 69.
5. Матушкин П.А., Завражнов А.И. Обработка молочного оборудования с помощью пены // Импортзамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья: материалы I Всерос. конф. с междунар. участием / под общ. ред. Ю.В. Родионова ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», – 2019. – С. 222 – 226.
6. Ушакова В.Н. Мойка и дезинфекция: Пищевая промышленность, торговля, общественное питание. – СПб.: Профессия, 2009. – 288 с.
7. CarinHagsten, Fredrik Innings, Christian Trägårdh, Lars Hamberg, Marie Paulsson, Tommy Nylander. Removal of UHT dairy fouling – An efficient cleaning process by optimizing the rate controlling alkaline cleaning step // Food and Bioproducts Processing, Volume 113, January 2019, Pages 101-107.
8. Hinton A.R., Trinh K.T., Brooks J.D., Manderson G.J. Thermophile Survival in Milk Fouling and on Stainless Steel During Cleaning // Food and Bioproducts Processing, Volume 80, Issue 4, December 2002, Pages 299 – 304.
9. Dürr H. Milk Heat Exchanger Cleaning: Modelling of Deposit Removal II // Food and Bioproducts Processing, Volume 80, Issue 4, December 2002, Pages 253 – 259.
10. Ikko Ihara, Erina Nakano, Eric McLamore, John K. Schueller, Kiyohiko Toyoda, KazutakaUmetsu, Hitomi Yamaguchi. Cleanability of milk deposits on inner stainless steel tubing surfaces prepared by magnetic abrasive finishing // Engineering in Agriculture, Environment and Food, Volume 10, Issue 1, January 2017, Pages 63 – 68.
11. Керученко Л.С., Троценко В.В., Кулаева А.Г., Союнов А.С., Троценко И.В. Силовые взаимодействия частиц загрязнений с поверхностью молокопровода // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3 (35). – С. 94 – 101.
12. Костюкевич С.А. Усовершенствованная технология промывки доильно-молочного оборудования // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 6. – С. 35 – 38.

References

1. Petrashev A.I., Klepikov V.V., Knyazeva L.G., Zarapina I.V. E'kspress-metod ocenki smachivayushix svoystv konservacionnyx sostavov // Nauka v central'noj Rossii. – 2018. – № 4. – S. 73 – 85.
2. Dorovskix V.I., Dorovskix D.V. Analiz vliyaniya kachestva texnologicheskix processov na e'ffektivnost' proizvodstva moloka // Nauka v central'noj Rossii. – 2018. – № 3. – S. 37 – 41.
3. FeldungDamkjær N., Adler-Nissen J., Jensen B.B.B., Wilson D.I. Flow pattern and cleaning performance of a stationary liquid jet operating at conditions relevant for industrial tank cleaning // Food and Bioproducts Processing, Volume 101, January 2017, Pages 145 – 156.
4. Dorovskix V.I., Dorovskix D.V., Al'lami S.F. Xasnavi Obosnovanie kriteriev ocenki e'ffektivnosti ispol'zovaniya oborudovaniya dlya pervichnoj obrabotki moloka // Nauka v central'noj Rossii. – 2016. – № 5. – S. 62 – 69.

5. Matushkin P.A., Zavrzhnov A.I. Obrabotka molochnogo oborudovaniya s pomoshh'yu peny // Importozameshchayushhie tekhnologii i oborudovanie dlya glubokoj kompleksnoj pererabotki sel'skoxozyajstvennogo syr'ya: materialy I Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem / pod obshh. red. Yu.V. Rodionova ; FGBOU VO «TGTU». – Tambov: Izdatel'skij centr FGBOU VO «TGTU», – 2019. – S. 222 – 226.
6. Ushakova V.N. Mojka i dezinfekciya: Pishhevaya promyshlennost', trgovlya, obshhestvennoe pitanie. – SPb.: Professiya, 2009. – 288 s.
7. CarinHagsten, Fredrik Innings, Christian Trägårdh, Lars Hamberg, Marie Paulsson, Tommy Nylander. Removal of UHT dairy fouling – An efficient cleaning process by optimizing the rate controlling alkaline cleaning step // Food and Bioproducts Processing, Volume 113, January 2019, Pages 101-107.
8. Hinton A.R., Trinh K.T., Brooks J.D., Manderson G.J. Thermophile Survival in Milk Fouling and on Stainless Steel During Cleaning // Food and Bioproducts Processing, Volume 80, Issue 4, December 2002, Pages 299 – 304.
9. Dürr H. Milk Heat Exchanger Cleaning: Modelling of Deposit Removal II // Food and Bioproducts Processing, Volume 80, Issue 4, December 2002, Pages 253 – 259.
10. Ikko Ihara, Erina Nakano, Eric McLamore, John K. Schueller, Kiyohiko Toyoda, KazutakaUmetsu, Hitomi Yamaguchi. Cleanability of milk deposits on inner stainless steel tubing surfaces prepared by magnetic abrasive finishing // Engineering in Agriculture, Environment and Food, Volume 10, Issue 1, January 2017, Pages 63 – 68.
11. Keruchenko L.S., Trocenko V.V., Kulaeva A.G., Soyunov A.S., Trocenko I.V. Silovye vzaimodejstviya chastic zagryaznenij s poverxnost'yu molokoprovoda // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 3 (35). – S. 94 – 101.
12. Kostyukovich S.A. Uovershenstvovannaya texnologiya promyvki doil'no-molochnogo oborudovaniya // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. – 2017. – № 6. – S. 35 – 38.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Анохин Сергей Александрович – старший преподаватель Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: fwut@mail.ru.

Воронин Николай Владимирович – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: voronin.nikolay.1994@yandex.ru.

Гуськов Артем Анатольевич – старший преподаватель Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: tyoma-1@mail.ru.

Никитин Дмитрий Вячеславович – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: dmitryndv@gmail.com.

Родионов Юрий Викторович – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru.

Филатов Иван Сергеевич – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: ridder@mail.ru

Author credentials

Affiliations

Anokhin Sergey – Senior lecturer of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: fwut@mail.ru.

Voronin Nikolay – post graduate student of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: voronin.nikolay.1994@yandex.ru.

Guskov Artem – Senior lecturer of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: tyoma-1@mail.ru.

Nikitin Dmitriy – Candidate of Technical Sciences, associate professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: dmitryndv@gmail.com.

Rodionov Yuriy – Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru.

Philatov Ivan – Candidate of Technical Sciences, associate professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: ridder@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 10.01.2020 Принята к публикации (Accepted): 14.02.2020

УДК 631.331

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-1-69-80

ВЛИЯНИЕ АГРЕССИВНЫХ АТМОСФЕР ЖИВОТНОВОДСТВА НА КОРРОЗИЮ МЕТАЛЛОВ

¹Князева Лариса Геннадьевна

¹Дорохов Андрей Валерьевич

^{1,2}Курьято Николай Алексеевич

³Прохоренков Вячеслав Дмитриевич

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

²ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»

³ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Реферат. Особенностью эксплуатации животноводческих помещений является повышенное количество стимуляторов коррозии (СК) в воздухе, являющихся продуктами жизнедеятельности крупного и мелкого скота. Рассмотрены с химической точки зрения коррозионные процессы, протекающие на поверхности металла под действием СК. В присутствии углекислого газа поверхностная твердофазная пленка носит карбонатный характер, а в присутствии аммиака, вероятно, имеет исключительно оксидную природу. Исследования проводили при концентрациях СК, равных или превышающих предельно допустимые для животноводческих помещений: CO_2 – 0,2 об. % (не нормируется), NH_3 – 20 мг/м³ и H_2S – 10 мг/м³. Использовали электрохимические и гравиметрические методы изучения скорости коррозии на стали, меди и латуни. Исследования проводили в герметичном эксикаторе, объемом 7 литров, в котором на капроновых нитях размещали металлические образцы. Для создания относительной влажности воздуха ~100%, в эксикатор помещали дополнительную емкость с дистиллированной водой или с - разбавленными растворами соединений, из которых в газовой фазе можно получить СК в необходимых концентрациях. Приведены методы расчета концентраций веществ, необходимых для получения заданных концентраций СК в воздухе. Установлено, что при относительной влажности воздуха в 100% углеродистая сталь Ст3 в большей степени подвержена общей коррозии, чем медь или латунь, причем скорость коррозии с течением времени возрастает. Эта тенденция сохраняется в атмосфере CO_2 и H_2S . В присутствии аммиака максимальные скорости коррозии отмечены для меди. Для борьбы с коррозией в местах контакта с животными рекомендуются исследовать в модельных атмосферах действие отстоев отработанных масел, в качестве ремонтных материалов рассмотреть действие цинк наполненных материалов, в местах, где возможна герметизация защищаемых объемов – летучие ингибиторы коррозии.

Ключевая слова: атмосферы животноводческих помещений, стимуляторы коррозии, скорость коррозии, углеродистая сталь, медь, латунь.