

on a mixture with ethyl alcohol, it is advisable to use emulsions of the following composition: ethanol C2N5ON – 25.0%, detergent-dispersing additive succinimide C-5A – 0.5%, water – 7.0%, diesel fuel – 67.5%.

This promising solution to improving the environmental performance of a tractor diesel engine by using ethanol-fuel emulsions, which allows to reduce the content in the exhaust gas of nitrogen oxides 50.2%, black 5.2%, carbon dioxide at 23.8 percent, carbon monoxide by 25.0%, thus there is saving of oil fuel is 32.5%.

Key words: biofuels, alcohol, ethanol, emulsion, diesel, toxicity, exhaust gases.

References

1. Ispol'zovanie rastitel'nyh masel i topliv na ih osnove v dizel'nyh dvigatelyah: monografiya / V. A. Markov [i dr.]. – M.: OOO NIC «Inzhener» (Soyuz NIO), OOO «Oniko-M», 2011. – 536 p.
2. Aydin, F. Effects of Ethanol-Biodiesel-Diesel Fuel in Single Cylinder Diesel Engine to engine Performance and Emissions / F. Aydin, H. Ogut // Renewable Energy. –2017. – V.103. – P. 688-694.
3. A Semi-detailed chemical Kinetic Mechanism of Acetone-Butanol-Ethanol (ABE) and Diesel blend for Combustion Simulations / S. Zhang [et al.] // SAE International Journal of Engines. – 2016. – V.9. – № 1. – P. 631-640.
4. Datta. A. Impact of Alcohol Addition to Diesel on the Performance Combustion and Emissions of a Compression Ignition Engine / A. Datta, B. K. Mandal // Applied Thermal Engineering. –2016. – V.98. – P. 670-682.
5. Likhanov, V. A. The Study of the Process of Combustion of the Alcohol-Fuel Emulsions and Natural Gas in a Diesel Engine / V. A. Likhanov, O. P. Lopatin // International Journal of Applied Engineering Research. – 2018. – V.13. – № 3. – P.1703-1709.
6. Likhanov, V. A. Study of Loading Regimes of Diesel Engines Operating on Natural Gas / V. A. Likhanov, O. P. Lopatin // International Journal of Applied Engineering Research. – 2018. – V.13. – № 5. – P.2936-2939.
7. Likhanov, V.A. Use of Natural Gas, Methanol, and Ethanol Fuel Emulsions as Environmentally Friendly Energy Carriers for Mobile Heat Power Plants / V. A. Likhanov, O. P. Lopatin // Thermal Engineering. – 2017. – V.64. – № 12. – P.935 - 944.

Information about authors

1. **Likhanov Vitaly Anatolievich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vyatka State Agricultural Academy, Head of the Department of Heat Engines, Automobiles and Tractors, Russian Federation, 610017, Kirov, October prospect, 133;

2. **Lopatin Oleg Petrovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Heat Engines, Automobiles and Tractors, Vyatka state agricultural Academy, Russian Federation, 610017, Kirov, October prospect, 133.

УДК 620.193.23

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОРРОЗИИ СТАЛИ СТ.3 И ЦИНКА В ВОДНОЙ СРЕДЕ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ И ПТИЦЕВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

В.С. Павлов¹⁾, А.Г. Смирнов¹⁾, И.А. Павлов²⁾

¹⁾Чувашская государственная сельскохозяйственная академия
428003, Чебоксары, Российская Федерация

²⁾Чебоксарский институт (филиал) Московского политехнического университета
428000, Чебоксары, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлены результаты исследования скорости коррозии стали Ст.3 в водной среде животноводческих помещений. Коррозия оборудования и средств механизации, изготовленных из сталей разных марок, в животноводческих помещениях в значительной степени зависит от минерального состава водной среды. Нормируемыми параметрами, формирующими микроклимат помещений при содержании крупного рогатого скота, свиней, овец, являются: углекислый газ (CO_2), аммиак (NH_3), сероводород (H_2S), окись углерода (CO). Природная питьевая вода в своем составе содержит более 70 химических элементов, главными из которых являются три катиона (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) и три аниона (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-), поэтому процесс коррозии металлов в этих условиях становится многофакторным. Кинетика коррозии деталей оборудования, применяемого в животноводстве и птицеводстве, при многофакторном воздействии компонентов водной среды, в частности, Cl^- , CO_2 , NH_3 , солей жесткости (катионов Ca^{2+} и Mg^{2+}), а также SO_4^{2-} , недостаточно изучена, поэтому возникает необходимость разработки надежных методов противокоррозионной защиты. В работе исследовано влияние компонентов водной среды следующих концентраций: C_{Cl^-} , $C_{HCO_3^-}$, $C_{NH_4^+}$, $C_{SO_4^{2-}}$, солей жесткости $C_{сж}$, – на коррозионное поведение стали Ст.3. Содержание остаточного активного хлора определяли йодометрическим методом, концентрацию углекислого газа – с использованием титрованных растворов едкого бария и щавелевой кислоты, содержание аммиака в воде – фотометрическим методом.

Жесткость воды – в соответствии со стандартной методикой. В общем случае зависимость скорости коррозии Ст.3 в водной среде можно представить в виде следующего выражения: $K = f(C_{Cl}, C_{CO_2}, C_{NH_3}, C_{SO_4}, C_{сж})$. После обработки результатов экспериментов при проверке 5%-ного уровня значимости и достоверности коэффициентов уравнения регрессии при использовании t критерия Стьюдента было получено уравнение:

$$Y_k = 0,8987 + 0,0813X_1 + 0,0272X_2 - 0,0566X_3 + 0,0128X_4 + 0,0092 X_5.$$

Результаты были получены с помощью многофакторного эксперимента с использованием модели полинома первой степени.

Ключевые слова: скорость коррозии, многофакторный эксперимент, уравнение регрессии, влияние факторов.

Введение. Процесс коррозии стальных изделий в животноводческих и птицеводческих помещениях в значительной степени зависит от минерального состава водной среды. Нормативные требования зоогиены обусловлены параметрами микроклимата помещений, предназначенных для содержания крупного рогатого скота, свиней, овец: количеством углекислого газа (CO_2), аммиака (NH_3), сероводорода (H_2S), окиси углерода (CO) [8]. Природная питьевая вода в своем составе содержит целый перечень химических веществ и соединений. Известно [11], что в природных водах присутствует более 70 химических элементов, главными из которых являются три катиона (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+) и три аниона (HCO_3^-, SO_4^{2-}, Cl^-), поэтому процесс коррозии металлов в этих условиях и становится многофакторным.

Однако информация о кинетике коррозии деталей машин и оборудования, используемого в животноводстве и птицеводстве, при многофакторном воздействии компонентов водной среды, в частности, Cl^-, CO_2, NH_3 , солей жесткости (катионов Ca^{2+} и Mg^{2+}), а также SO_4^{2-} , недостаточно изучена, поэтому возникает необходимость разработки надежных методов противокоррозионной защиты [5, 7, 9].

Материалы и методы. Целью работы является выбор надежной модели проведения исследования процесса коррозии конструкционных материалов под воздействием различных факторов водной среды.

Экспериментальным путем было исследовано влияние компонентов водной среды соответствующих концентраций: $C_{Cl^-}, C_{HCO_3^-}, C_{NH_4^+}, C_{SO_4^{2-}}$, солей жесткости $C_{сж}$, на – на коррозионное поведение стали Ст.3.

Содержание остаточного активного хлора определяли йодометрическим методом [3], концентрацию углекислого газа – с помощью титрованных растворов едкого бария и щавелевой кислоты [6]. Содержание аммиака в воде – фотометрическим методом [1]. Жесткость воды – в соответствии со стандартной методикой [2]. С 1 января 2014 г. введен стандарт, в соответствии с которым жесткость выражается в градусах (Ж). 1 Ж соответствует 1 мг-экв/л, или содержанию в воде 20,04 мг/л ионов Ca^{2+} или 12,16 мг/л ионов Mg^{2+} . Содержание сульфатов в воде оценивали в соответствии с ГОСТом 31940-2012 [4].

В общем случае зависимость скорости коррозии Ст. 3 в водной среде можно представить в виде следующего выражения:

$$K = f(C_{Cl}, C_{CO_2}, C_{NH_3}, C_{SO_4}, C_{сж}). \quad (1)$$

Предположим, что эту зависимость можно с достаточной точностью аппроксимировать уравнением регрессии степенного вида:

$$K = m C_{Cl}^{n_1} C_{CO_2}^{n_2} C_{NH_3}^{n_3} C_{SO_4}^{n_4} C_{сж}^{n_5}, \quad (2)$$

где m – коэффициент; n_1, n_2, n_3, n_4, n_5 – показатели степени.

Для линеаризации последнего выражения необходимо его прологарифмировать:

$$\lg K = \lg m + n_1 \lg C_{Cl} + n_2 \lg C_{CO_2} + n_3 \lg C_{NH_3} + n_4 \lg C_{SO_4} + n_5 \lg C_{сж}. \quad (3)$$

Возможность аппроксимации выражения (1) уравнением (2) можно оценить путем проверки гипотезы адекватности линейной модели полиномом вида:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + \dots + b_5 X_5 + b_{12} X_1 X_2 + \dots + b_{45} X_4 X_5, \quad (4)$$

где $Y = \lg K$ – функция отклика; b_0 – коэффициент уравнения регрессии; b_1, \dots, b_5 – коэффициенты при линейном влиянии факторов; b_{12}, \dots, b_{45} – коэффициенты при парном влиянии факторов; X_1, \dots, X_5 – кодированные значения факторов.

Значения коэффициентов уравнения регрессии (4) определяли при помощи экспериментов. При этом использовали полуреплику 2^{5-1} от полного факторного эксперимента 2^5 .

Потерю массы исследуемых образцов из-за коррозии металла в пробах воды определяли взвешиванием на аналитических весах с точностью до 0,0001 г.

В соответствии с методикой, описанной в трудах А. А. Спиридонова [10], находили кодированные значения факторов, составляли матрицу планирования экспериментов, вычисляли значения коэффициентов регрессии, производили оценку их статистической достоверности.

Кодированные значения факторов определяли по формуле:

$$X_i = \frac{2(\lg X_i - \lg \tilde{X}_i^B)}{(\lg \tilde{X}_i^B - \lg \tilde{X}_i^H)} + 1, \quad (5)$$

где X_i – кодированное значение i -го фактора; \tilde{X}_i – натуральное значение i -го фактора; \tilde{X}_i^B – натуральное значение верхнего уровня i -го фактора; \tilde{X}_i^H – натуральное значение нижнего уровня i -го фактора.

Уровни факторов и их варьирование показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Уровни факторов и их варьирование

Наименование факторов	Единица измерения	Кодовое обозначение	Уровни факторов			Интервал варьирования
			верхний	основной	нижний	
Активный хлор	мг/л	X_1	28,7	16,1	3,5	12,6
Углекислый газ	мг/л	X_2	24,0	14,0	4,0	10,0
Аммиак	мг/л	X_3	2,8	1,5	0,2	1,3
Сульфаты	мг/л	X_4	141,0	71,0	1,0	70,0
Общая жесткость	мг-экв/л	X_5	9,3	4,8	0,3	4,5

Адекватность линейной части полинома оценивали с помощью критерия Фишера. Проводили сопоставительный анализ расчетных значений скорости коррозии \hat{Y}_k и экспериментальных значений Y_k . Оценку относительной ошибки определения скорости коррозии металла проводили по формуле

$$\delta = \frac{|Y_k - \hat{Y}_k|}{\hat{Y}_k},$$

где Y_k, \hat{Y}_k – экспериментальное и расчетное значения функции отклика.

Результаты исследования и их обсуждение. При использовании линейной модели полинома первой степени были получены экспериментальные расчетные значения скорости коррозии металла под влиянием компонентов водной среды. Матрица планирования эксперимента и его результаты представлены в таблице 2, в последней графе которой приведены экспериментальные значения функции отклика Y_k .

Таблица 2 – Матрица планирования и результаты экспериментов

№ № п/п	X_0	Линейное влияние факторов					Парное влияние факторов										Y_k
		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_1X_2	X_1X_3	X_1X_4	X_1X_5	X_2X_3	X_2X_4	X_2X_5	X_3X_4	X_3X_5	X_4X_5	
1	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	0,8293
2	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	0,9934
3	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	0,8866
4	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	1,0512
5	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	0,7285
6	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	0,9268
7	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	0,7888
8	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	0,9112
9	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	0,8482
10	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	1,0334
11	+	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	0,9468
12	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	1,0532
13	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	0,7285
14	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	0,8838
15	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	0,7819
16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0,9868

В таблице 3 представлены результаты расчета значений функции \hat{Y}_k отклика, которые были сопоставлены с экспериментальными Y_k .

Данные, представленные в таблице 3, свидетельствуют о достаточно близких суммарных значениях Y_k и \hat{Y}_k , квадрат разностей между которыми в ряде экспериментов близок к нулю. Например, в опытах № 3, 7,

10, 14. Сумма квадратов отклонений составила 0,003784. Относительная ошибка определения скорости коррозии по суммарным значениям составила всего

$$\delta = \frac{|Y_k - \hat{Y}_k| = |14,3784 - 14,3792|}{\hat{Y}_k} = 0,0000556.$$

После обработки результатов экспериментов при проверке 5%-ного уровня значимости достоверности коэффициентов уравнения регрессии, используя *t*- критерий Стьюдента, было получено уравнение:

$$Y_k = 0,8987 + 0,0813X_1 + 0,0272X_2 - 0,0566X_3 + 0,0128X_4 + 0,0092 X_5 \quad (6)$$

Таблица 3 – Результаты расчета значений функции \hat{Y}_k отклика, сопоставленные с экспериментальными Y_k .

№№ п/п	\hat{Y}_k	Y_k	$Y_k - \hat{Y}_k$	$(Y_k - \hat{Y}_k)^2$
1	0,8504	0,8293	-0,0211	0,000445
2	0,9874	0,9934	0,0060	0,000036
3	0,8792	0,8866	0,0074	0,000055
4	1,0674	1,0512	-0,0162	0,000262
5	0,7116	0,7285	0,0169	0,000286
6	0,8998	0,9268	0,0270	0,000729
7	0,7916	0,7888	-0,0028	0,000008
8	0,9286	0,9112	-0,0174	0,000303
9	0,8432	0,8482	0,0050	0,000025
10	1,0314	1,0334	0,0020	0,000004
11	0,9232	0,9468	0,0236	0,000557
12	1,0602	1,0532	-0,0070	0,000049
13	0,7556	0,7285	-0,0271	0,000734
14	0,8926	0,8838	-0,0088	0,000077
15	0,7844	0,7819	-0,0025	0,000006
16	0,9726	0,9868	0,0142	0,000202
Сумма	14,3792	14,3784	-0,0008	0,003784

Как видно из уравнения (6), коэффициенты при парных взаимодействиях факторов статистически незначимы и по этой причине отсутствуют в уравнении. Линейное влияние всех факторов, за исключением аммиака (X_3), приводит к повышению скорости коррозии стали Ст.3 (коэффициенты матрицы планирования положительны), влияние аммиака способствует некоторому снижению скорости коррозии (коэффициент при X_3 отрицателен). Проверка на соответствие полученной модели показала, что линейная часть полинома адекватна.

Таким образом, зависимость скорости коррозии стали Ст. 3 в водной среде от линейного влияния изучаемых факторов с достаточной точностью можно аппроксимировать уравнением (6).

После перехода от кодированных значений к натуральным получаем логарифмическое уравнение:

$$\lg K = 0,631 + 0,178 \lg C_{Cl} + 0,0656 \lg C_{CO_2} - 0,0988 \lg C_{NH_3} + 0,0119 \lg C_{SO_4} + 0,0123 \lg C_{сж} \quad (7)$$

После потенцирования уравнения (7) можно его представить в виде:

$$K = 4,2756 \frac{C_{Cl}^{0,178} C_{CO_2}^{0,0656} C_{SO_4}^{0,0119} C_{сж}^{0,0123}}{C_{NH_3}^{0,0988}} \quad (8)$$

Выводы.

Сопоставительный анализ результатов экспериментов и данных, полученных с помощью уравнения регрессии, свидетельствует о правильности выбора описанной модели. Полученное уравнение регрессии позволяет с достаточной точностью определить скорость коррозии стали Ст.3 в водной среде животноводческих помещений.

Литература

- ГОСТ 33045-2014. Вода. Методы определения азотсодержащих веществ. – Введ. 2016. – 01. – 01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 20 с.
- ГОСТ 31954-2012. Вода питьевая. Методы определения жесткости. – Введ. 2014. – 01. – 01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 12 с.
- ГОСТ 18190-72. Вода питьевая. Методы определения содержания остаточного активного хлора. – Введ. 1974. – 01. – 01. – М.: Стандартинформ, 2009. – 6 с.
- ГОСТ. 31940-2012 Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов. – Введ. 2014. – 01. – 01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 16 с.

5. Дашков, В. Н. Обоснование эксплуатационных методов повышения срока службы стационарного оборудования животноводческих ферм, подверженных коррозионному разрушению: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. Н. Дашков. – Минск: ЦНИИМЭСХ, 1983. – 17 с.

6. Определение содержания углекислого газа [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://helpiks.org/5-87917.html>.

7. Павлов, И. А. Оценка коррозии стали Ст.3 в водных средах сельскохозяйственного производства / И. А. Павлов, В. С. Павлов, А. Г. Смирнов // Современное состояние прикладной науки в области механики и энергетики: материалы Всероссийской научно-практической конференции, проводимой в рамках мероприятий, посвященных 85-летию Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – Чебоксары, 2016. – С. 379-386.

8. Параметры микроклимата животноводческих помещений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zhivotnovodstvo.net.ru/veterinaryj-spravochnik/137-zoogigiena/1120-parametry-mikroklimata-zhivotnovodcheskih-pomeschenii.html>.

9. Рязанов, В. Е. Исследование коррозионного разрушения машин и оборудования свинарников-откормочников и способов их защиты (на примере раздатчика кормов РКС-3000М): дис. ... канд. техн. наук / В. Е. Рязанов – Минск: ГОСНИТИ, 1978. – 165 с.

10. Спиридонов, А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А. А. Спиридонов. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.

11. Таубе, П. Р. Химия и микробиология воды / П. Р. Таубе, А. Г. Баранова. – М.: Высшая школа, 1983. – 280 с.

Сведения об авторах

1. **Павлов Владимир Степанович**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К.Маркса,29, e-mail: pvstolikovo@mail.ru, тел. 8-927-862-30-04;

2. **Смирнов Анатолий Германович**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К.Маркса,29, e-mail: stts@ltnta.ru, тел. 8-927-847-79-49;

3. **Павлов Иосиф Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин, Чебоксарский институт (филиал) Московского политехнического университета, 428000, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 54, e-mail: lpavlov27@mail.ru, тел. 8-927-841-13-25

MODELLING AND RESEARCHING INTO THE PROCESS OF CORROSION OF ST.3 STEEL AND ZINC IN WATER MEDIUM OF LIVESTOCK AND POULTRY BUILDINGS

V.S. Pavlov¹, A.G. Smirnov¹, I.A. Pavlov²

¹Chuvash State Agricultural Academy
428003, Cheboksary, Russian Federation

²Cheboksary Institute (Branch) of Moscow Polytechnic University
428000, Cheboksary, Russian Federation

Abstract. The article presents the results of research into the rate of corrosion of St.3 steel in water medium of livestock buildings. The corrosion of equipment and mechanization means which are made from different steels in livestock buildings largely depends on the mineral composition of the water medium. Normalized parameters creating the microclimate of buildings for cattle, pigs, sheep are: carbon dioxide (CO_2), ammonia (NH_3), hydrogen sulfide (H_2S), carbon monoxide (CO). The composition of natural drinking water is more than 70 chemical elements, the main of which are three cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) and three anions (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-), so the process of corrosion of metals under these conditions becomes multifactorial. The kinetics of the corrosion of equipment parts used in livestock and poultry farming, when affected by water medium components multifactorially, particularly, by Cl^- , CO_2 , NH_3 , hardness salts (cations Ca^{2+} and Mg^{2+}), as well as SO_4^{2-} , is insufficiently studied, therefore, it is necessary to develop reliable methods of corrosion protection. The work researches into the effect of water medium components of the following concentrations: C_{Cl^-} , $C_{HCO_3^-}$, C_{NH_3} , $C_{SO_4^{2-}}$, hardness salts $C_{сж}$ on the corrosion behaviour of St.3 steel. The residual active chlorine content was determined by the iodometric method, the concentration of carbon dioxide – by using titrated solutions of caustic barium and oxalic acid, the content of ammonia in water – by the photometric method. Water hardness was determined as per the standard procedure. In general, the dependence of the corrosion rate of St.3 steel in water medium can be presented as the following equation: $K = f(C_{Cl^-}, C_{CO_2}, C_{NH_3}, C_{SO_4^{2-}}, C_{сж})$. After processing the results of the experiment, when checking the 5% significance level and the reliability of the coefficients

of the regression equation using Student's *T*-test, the following equation was obtained: $Y_k = 0,8987 + 0,0813X_1 + 0,0272X_2 - 0,0566X_3 + 0,0128X_4 + 0,0092 X_5$.

The results were obtained through the multifactorial experiment using the first-degree polynomial model.

Keywords: corrosion rate, multifactorial experiment, regression equation, influence of factors.

References

1. GOST 33045-2014. Voda. Metody opredeleniya azotsoderzhashchih veshchestv [Water. Methods for determination of nitrogen-containing substances]. – Vved. 2016. – 01. – 01. – M.: Standartinform, 2015. – 20 p.
2. GOST 31954-2012. Voda pit'evaya. Metody opredeleniya zhestkosti [Drinking water. Methods for determining rigidity]. – Vved. 2014. – 01. – 01. – M.: Standartinform, 2013. – 12 p.
3. GOST 18190-72. Voda pit'evaya. Metody opredeleniya sodержaniya ostatochnogo aktivnogo hlora [Drinking water. Methods for determination of the residual active chlorine content]. – Vved. 1974. – 01. – 01. – M.: Standartinform, 2009. – 6 p.
4. GOST. 31940-2012 Voda pit'evaya. Metody opredeleniya sodержaniya sul'fatov [Drinking water. Methods for determining the sulfate content]. – Vved. 2014. – 01. – 01. – M.: Standartinform, 2013. – 16 p.
5. Dashkov, V. N. Obosnovanie ehkspluatatsionnyh metodov povysheniya sroka sluzhby stacionarnogo oborudovaniya zhivotnovodcheskih ferm, podverzhennyh korrozionnomu razrusheniyu [Substantiation of operational methods for increasing the service life of stationary equipment of livestock farms subject to corrosive destruction]: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk / V. N. Dashkov. – Minsk: TsNIIMESH, 1983. – 17 p.
6. Opredelenie sodержaniya uglekislogo gaza [Determination of carbon dioxide content] [Electronic resource] – Access mode: <http://helpiks.org/5-87917.html>.
7. Pavlov, I. A. Ocenka korrozii stali St.3 v vodnyh sredah sel'skohozyajstvennogo proizvodstva [Evaluation of corrosion of St.3 steel in water media in agricultural production] / I. A. Pavlov, V. S. Pavlov, A. G. Smirnov // Sovremennoe sostoyanie prikladnoy nauki v oblasti mekhaniki i ehnergetiki: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii, provodimoy v ramkah meropriyatij, posvyashchennyh 85-letiyu Chuvashskoy gosudarstvennoy sel'skohozyaystvennoy akademii. – Cheboksary, 2016. – P. 379-386.
8. Parametry mikroklimate zhivotnovodcheskih pomeshchenij [Microclimate parameters of livestock buildings] [Electronic resource]. – Access mode: <http://zhivotnovodstvo.net.ru/veterinarnyj-spravochnik/137-zoogigiena/1120-parametry-mikroklimate-zhivotnovodcheskih-pomeshchenii.html>.
9. Ryazanov, V. E. Issledovanie korrozionnogo razrusheniya mashin i oborudovaniya svinarnikov-otkormochnikov i sposobov ih zashchity (na primere razdatchika kormov RKS-3000M) [Research into the corrosion of machines and equipment in fattening pigsties and ways to protect them]: dis. ... kand. tekhn. nauk / V. E. Ryazanov – Minsk: GOSNITI, 1978. – 165 p.
10. Spiridonov, A.A. Planirovanie ehksperimenta pri issledovanii tekhnologicheskikh processov [Planning an experiment on technological processes] / A. A. Spiridonov. – M.: Mashinostroenie, 1981. – 184 p.
11. Taube, P. R Himiya i mikrobiologiya vody [Chemistry and microbiology of water] / P. R. Taube, A. G. Baranova. – M.: Vysshaya shkola, 1983. – 280 p.

Information about the authors

1. **Pavlov Vladimir Stepanovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technology Machines and Complexes, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, 29, K. Marks Str., e-mail: pvstolikovo@mail.ru, tel. 8-927-862-30-04;

2. **Smirnov Anatoly Germanovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technology Machines and Complexes, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, 29, K. Marks Str., e-mail: stts@ltnta.ru, tel. 8-927-847-79-49;

3. **Pavlov Iosif Alexandrovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technology Machines, Cheboksary Institute (Branch) of Moscow Polytechnic University, 428000, Chuvash Republic, Cheboksary, 54 K. Marks Str., e-mail: Ipavlov27@mail.ru, tel. 8-927-841-13-25