

Скорость коррозии образцов Ст. 3 при различных значениях рН

Скорость коррозии $v$ , г/(м <sup>2</sup> ·ч)							
рН	Концентрация ингибитора, г/л						
	Без ингибитора	0,01	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20
7	0,122	$6,31 \cdot 10^{-2}$	$1,68 \cdot 10^{-2}$	$2,44 \cdot 10^{-3}$	$1,42 \cdot 10^{-3}$	$7,68 \cdot 10^{-4}$	$3,26 \cdot 10^{-4}$
6	0,144	$7,94 \cdot 10^{-2}$	$2,11 \cdot 10^{-2}$	$3,20 \cdot 10^{-3}$	$1,61 \cdot 10^{-3}$	$9,50 \cdot 10^{-4}$	$4,18 \cdot 10^{-4}$
5	0,185	0,107	$2,79 \cdot 10^{-2}$	$5,10 \cdot 10^{-3}$	$2,39 \cdot 10^{-3}$	$1,28 \cdot 10^{-3}$	$5,55 \cdot 10^{-4}$
4	0,245	0,148	$4,50 \cdot 10^{-2}$	$9,04 \cdot 10^{-3}$	$6,03 \cdot 10^{-3}$	$3,87 \cdot 10^{-3}$	$2,16 \cdot 10^{-3}$
3	0,630	0,401	0,149	$3,67 \cdot 10^{-2}$	$2,77 \cdot 10^{-2}$	$1,80 \cdot 10^{-2}$	$1,03 \cdot 10^{-2}$
2	1,34	0,936	0,531	0,181	0,102	$6,19 \cdot 10^{-2}$	$4,19 \cdot 10^{-2}$
1	3,26	2,44	1,36	0,762	0,505	0,404	0,280

значительный защитный эффект достигается при концентрациях ингибитора от 80 до 200 мг/л.

Авторы полагают, что натриевые соли тритерпеновых кислот как органические соединения дефицитной природы, т. е. состоящие из полярных и неполярных частей, обладают выраженными поверхностно-активными свойствами.

В водном растворе ионы тритерпеновых кислот, приближаясь к поверхности металла на расстояние ионного радиуса, частично или полностью дегидратируются и сорбируются на поверхности стали. Далее происходит нуклеофильное замещение лигандов в поверхностном комплексе железа на анионы ингибитора. Связь между поверхностно-активными ионами тритерпеновых кислот и поверхностью металла приближается к прочности химической связи, а атомы металла приобретают меньшую реакционную способность, что приводит к снижению электрохимической коррозии.

При увеличении концентрации ионов  $H^+$  в растворе происходит протонирование анионов тритерпеновых кислот и разрушение их координационной связи с железом, образующиеся молекулы тритерпеновых кислот являются более слабыми лигандами и хуже сорбируются на поверхности желе-

за, поэтому степень защиты ингибитора при  $pH < 4$  снижается. Для достижения высокой степени защиты металла при низких значениях рН требуется увеличение концентрации ингибитора или его химическая модификация.

Таким образом, натриевые соли тритерпеновых кислот, полученные из возобновляемого растительного сырья, могут быть использованы как высокоэффективные ингибиторы коррозии в нейтральных и слабокислых средах.

#### Список литературы

1. Андреев, И.Н. Введение в коррозиологию / И.Н. Андреев. — Казань: Изд-во Казанского государственного технологического ун-та, 2004. — 132 с.
2. Ананьева, Г.Ф. Кинетические показатели ингибитора, полученного из растительного сырья / Г.Ф. Ананьева, Е.В. Школьников, Б.Ф. Никандров // Борьба с коррозией в нефтеперераб. и нефтехим. пром-сти: тез. докл. Всес. науч.-техн. конф. — Кириши, 1988. — С. 140.
3. Школьников, Е.В. Ингибирование кислотной коррозии сталей водорастворимыми веществами еловой коры / Е.В. Школьников, Г.Ф. Ананьева // Изв. С.-Петербург. лесотехн. акад. — 1997. — № 5. — С. 81–87.
4. Изучение ингибирующего действия веществ, выделенных из отходов переработки растительного сырья / Г.П. Щетинина [и др.] // Транспортное дело России. — 2005. — № 3. — С. 135–136.

УДК 633.1:631.563.2

*А.И. Купреенко, доктор техн. наук*

*Х.М. Исаев, канд. экон. наук*

*Е.М. Байдаков*

Брянская государственная сельскохозяйственная академия

## К ОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ БАРАБАННОЙ ГЕЛИОСУШИЛКИ ЗЕРНА

На основании анализа существующих конструкций гелиосушилок авторы статьи создали и испытали барабанную гелиосушилку зерна, которая обеспечивает в сравнении с на-

польной сушилкой и барабанной с электроподогревом воздуха одинаковую скорость сушки при значительном снижении энергозатрат на процесс [1].

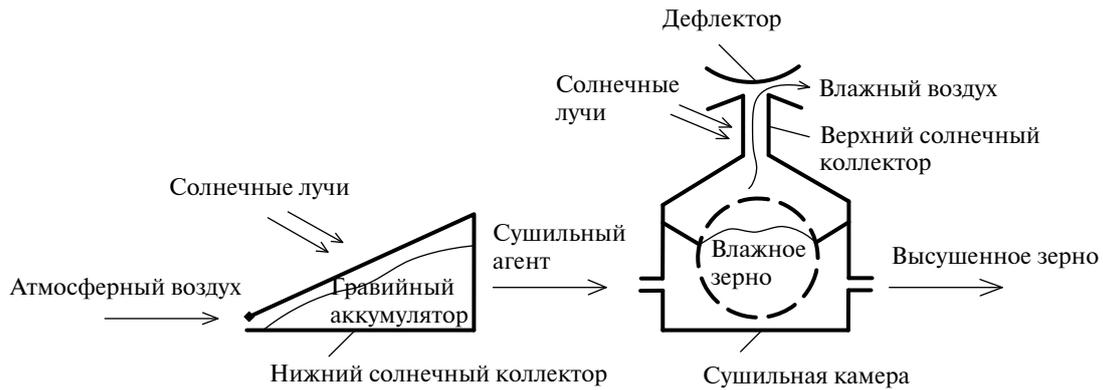


Схема гелиосушки

Потребляемая электрическая мощность составляет всего 0,2 кВт на вращение барабана в отличие от напольной сушилки, имеющей установленную мощность 13 кВт.

Повышение эффективности сушки обеспечивается организацией движения воздуха в сушилке через гравийный аккумулятор тепла, наличием вертикального солнечного коллектора в виде вытяжной трубы, а также соплообразного дефлектора, позволяющих значительно усилить тягу в сушилке (рисунок).

Конструкция сушилки обеспечивает сушку зерна и в ночное время за счет накопления в течение дня тепловой энергии в гравийном аккумуляторе и отдачи ее в ночное время. Гравийный аккумулятор и увеличенная тяга в вытяжной трубе препятствуют образованию конденсата в сушилке и повышению влажности зерна в период дождей. Это позволяет хранить в сушилке влажное зерно без опасности его самосогревания.

При этом возникает задача обоснования конструктивных параметров гелиосушки по критерию минимума прямых эксплуатационных затрат на сушку зерна.

Прямые эксплуатационные затраты на сушку зерна

$$C_{\text{э}} = Z_{\text{а}} + Z_{\text{то}} + Z_{\text{зп}} + Z_{\text{эл}} \rightarrow \min, \text{ р./т}, \quad (1)$$

где  $Z_{\text{а}}$  — затраты на реновацию сушилки;  $Z_{\text{то}}$  — затраты на техническое обслуживание и ремонт сушилки;  $Z_{\text{зп}}$  — затраты на заработную плату обслуживающего персонала;  $Z_{\text{эл}}$  — затраты на электроэнергию.

Затраты на реновацию

$$Z_{\text{а}} = K_{\text{м}} H_{\text{а}} C_{\text{гс}} / (100 T_{\text{з}} W_{\text{ч}}), \quad (2)$$

где  $K_{\text{м}}$  — коэффициент, учитывающий затраты на монтаж сушилки;  $H_{\text{а}}$  — коэффициент амортизационных отчислений на реновацию сушилки;  $C_{\text{гс}}$  — балансовая стоимость сушилки;  $T_{\text{з}}$  — сезонная загрузка сушилки;  $W_{\text{ч}}$  — условная часовая производительность сушилки.

Балансовую стоимость сушилки с учетом ее конструкции можно представить в виде

$$C_{\text{гс}} = C_{\text{нк}} + C_{\text{га}} + C_{\text{к}} + C_{\text{б}} + C_{\text{вк}}, \quad (3)$$

где  $C_{\text{нк}}$  — стоимость нижнего солнечного коллектора сушилки;  $C_{\text{га}}$  — стоимость гравийного аккумулятора;  $C_{\text{к}}$  — стоимость сушильной камеры;  $C_{\text{б}}$  — стоимость сушильного барабана с приводом;  $C_{\text{вк}}$  — стоимость верхнего солнечного коллектора с дефлектором.

Стоимость нижнего солнечного коллектора сушилки

$$C_{\text{нк}} = C_{\text{F1}} F_1,$$

где  $C_{\text{F1}}$  — стоимость 1 м<sup>2</sup> нижнего солнечного коллектора сушилки, р./м<sup>2</sup>;  $F_1$  — площадь нижнего солнечного коллектора сушилки, м<sup>2</sup>.

Стоимость гравийного аккумулятора

$$C_{\text{га}} = M_{\text{ак}} C_{\text{ак}} + F_{\text{ак}} C_{\text{ог}} + C_{\text{ш}} + C_{\text{сет}},$$

где  $M_{\text{ак}}$  — масса гравия в аккумуляторе сушилки, кг;  $C_{\text{ак}}$  — стоимость 1 кг гравия, р./кг;  $F_{\text{ак}}$  — площадь ограждений гравийного аккумулятора;  $C_{\text{ог}}$  — стоимость 1 м<sup>2</sup> ограждений гравийного аккумулятора, р./м<sup>2</sup>;  $C_{\text{ш}}$  — стоимость шторки гравийного аккумулятора, р.;  $C_{\text{сет}}$  — стоимость сетки гравийного аккумулятора.

Массу гравия, стоимость шторки и стоимость сетки гравийного аккумулятора примем в функции площади нижнего солнечного коллектора:

$$M_{\text{ак}} = K_{\text{ак}} F_1, \quad C_{\text{ш}} = K_{\text{ш}} F_1, \quad C_{\text{сет}} = K_{\text{сет}} F_1,$$

где  $K_{\text{ак}}$  — масса гравия, приходящаяся на 1 м<sup>2</sup> площади нижнего солнечного коллектора, кг/м<sup>2</sup>;  $K_{\text{ш}}$  — стоимость шторки, приходящаяся на 1 м<sup>2</sup> площади нижнего солнечного коллектора, р./м<sup>2</sup>;  $K_{\text{сет}}$  — стоимость сетки, приходящаяся на 1 м<sup>2</sup> площади нижнего солнечного коллектора, р./м<sup>2</sup>.

Стоимость сушильной камеры

$$C_{\text{к}} = F_{\text{к}} K_{\text{к}} + 2C_{\text{ф}},$$

где  $F_{\text{к}}$  — площадь ограждений сушильной камеры, м<sup>2</sup>;  $K_{\text{к}}$  — стоимость 1 м<sup>2</sup> ограждений сушильной камеры, р./м<sup>2</sup>;  $C_{\text{ф}}$  — стоимость фартука сушильной камеры, р.

Стоимость фартука сушильной камеры также примем в функции площади нижнего солнечного коллектора:

$$C_{\phi} = K_{\phi} F_1,$$

где  $K_{\phi}$  — стоимость фартука, приходящаяся на 1 м<sup>2</sup> площади нижнего солнечного коллектора, р./м<sup>2</sup>.

Стоимость сушильного барабана с приводом

$$C_{\phi} = C_{\text{бар}} + C_{\text{пр}},$$

где  $C_{\text{бар}}$  — стоимость сушильного барабана, р.;  $C_{\text{пр}}$  — стоимость привода барабана, р.

Стоимость сушильного барабана примем в функции массы загружаемого зерна:

$$C_{\text{бар}} = K_{\text{бар}} M_1,$$

где  $K_{\text{бар}}$  — стоимость сушильного барабана, приходящаяся на 1 кг массы загруженного в него зерна, р./кг;  $M_1$  — масса зерна, загруженного в сушильный барабан, кг.

Стоимость верхнего солнечного коллектора с дефлектором

$$C_{\text{вк}} = F_2 C_{\text{F2}} + C_{\text{деф}},$$

где  $F_2$  — площадь верхнего солнечного коллектора, м<sup>2</sup>;  $C_{\text{F2}}$  — стоимость 1 м<sup>2</sup> площади верхнего солнечного коллектора, р./м<sup>2</sup>;  $C_{\text{деф}}$  — стоимость дефлектора, р.

Площадь верхнего солнечного коллектора и стоимость дефлектора также примем в функции площади нижнего солнечного коллектора:

$$F_2 = K_{\text{вк}} F_1, \quad C_{\text{деф}} = K_{\text{деф}} F_1,$$

где  $K_{\text{вк}}$  — площадь верхнего солнечного коллектора, приходящаяся на 1 м<sup>2</sup> площади нижнего солнечного коллектора, м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>;  $K_{\text{деф}}$  — стоимость дефлектора, приходящаяся на 1 м<sup>2</sup> площади нижнего солнечного коллектора, р./м<sup>2</sup>.

Условную часовую производительность сушилки определяют так:

$$W_{\text{ч}} = M_1 / t_{\text{с}},$$

где  $t_{\text{с}}$  — время сушки зерна до кондиционной влажности.

Полезная мощность солнечной энергии, затрачиваемой на процесс сушки зерна:

$$Q_{\text{пол}} = L(i_1 - i_0) = Q_1 F_1 - U_{\text{п}} - Q_{\text{га}} - Q_{\phi}, \quad (4)$$

где  $L$  — расход сушильного агента (подогретого воздуха), кг/с;  $i_1$  — энтальпия сушильного агента на входе в сушильную камеру, Дж/кг;  $i_0$  — энтальпия наружного воздуха, Дж/кг;  $Q_1$  — плотность потока солнечной энергии, поступающей на нижний солнечный коллектор, Вт/м<sup>2</sup>;  $U_{\text{п}}$  — мощность тепловых потерь через ограждения сушилки, Вт;  $Q_{\text{га}}$  — мощность теплового потока, идущая на нагрев гравийного аккумулятора, Вт;  $Q_{\phi}$  — мощность теплового потока, идущая на нагрев сушильного барабана с приводом, Вт.

Мощность тепловых потерь через ограждения сушилки

$$U_{\text{п}} = K_{\text{п}} F_{\text{гс}} (t_{\text{ср}} - t_0), \quad (5)$$

где  $K_{\text{п}}$  — коэффициент теплопередачи от агента сушки в окружающую среду через ограждения гелиосушилки, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $F_{\text{гс}}$  — площадь ограждений гелиосушилки, м<sup>2</sup>;  $t_{\text{ср}}$  — средняя за процесс сушки температура сушильно-

го агента, К;  $t_0$  — средняя за процесс сушки температура окружающего воздуха, К.

Мощность теплового потока, идущая на нагрев гравийного аккумулятора:

$$Q_{\text{га}} = M_{\text{ак}} c_{\text{га}} (t_1 - t_{\text{га}}) / t_{\text{зар}}, \quad (6)$$

где  $c_{\text{га}}$  — теплоемкость гравия, Дж/(кг·К);  $t_1$  — температура сушильного агента в гравийном аккумуляторе, К;  $t_{\text{га}}$  — температура нагрева гравийного аккумулятора, К;  $t_{\text{зар}}$  — время зарядки гравийного аккумулятора, с.

Мощность теплового потока, идущая на нагрев сушильного барабана с приводом:

$$Q_{\phi} = M_{\phi} c_{\phi} (T_2 - T_1) / t_{\text{прогр}}, \quad (7)$$

где  $M_{\phi}$  — масса барабана с приводом, кг;  $c_{\phi}$  — теплоемкость барабана с приводом, Дж/(кг·К);  $T_2$  — температура зерна в конце сушки, К;  $T_1$  — температура зерна в начале сушки, К;  $t_{\text{прогр}}$  — время прогрева барабана с приводом, с.

На основании [2] расход сушильного агента можно представить в виде

$$L = 1000W / (d_2 - d_0), \quad (8)$$

где  $W$  — количество удаляемой влаги, кг/с;  $d_2$  — влагосодержание сушильного агента на выходе из сушильной камеры, г/кг;  $d_0$  — влагосодержание окружающего воздуха, г/кг.

Количество удаляемой влаги

$$W = W_{\text{с}} (\omega_1 - \omega_2) / (100 - \omega_2), \quad (9)$$

где  $W_{\text{с}}$  — производительность сушилки, кг/с;  $\omega_1$  — влажность зерна перед сушкой, %;  $\omega_2$  — влажность зерна после сушки, %.

Выразим из уравнения (4) значение площади нижнего солнечного коллектора:

$$F_1 = (L(i_1 - i_0) + U_{\text{п}} + Q_{\text{га}} + Q_{\phi}) / Q_1. \quad (10)$$

Затраты на техническое обслуживание и ремонт сушилки

$$Z_{\text{то}} = C_{\text{гс}} H_{\text{то}} / (100 T_3 W_{\text{ч}}), \quad (11)$$

где  $H_{\text{то}}$  — коэффициент амортизационных отчислений на техническое обслуживание и ремонт сушилки.

Затраты на заработную плату обслуживающего персонала

$$Z_{\text{зп}} = C_{\text{т}} K_{\text{сл}} (1 + K_{\text{доп}}) L / W_{\text{ч}}, \quad (12)$$

где  $C_{\text{т}}$  — тарифная ставка обслуживающего персонала, р./ч;  $K_{\text{сл}}$  — коэффициент сложности работ;  $K_{\text{доп}}$  — размер дополнительной оплаты труда, %;  $L$  — число обслуживающего персонала, чел.

Затраты на электроэнергию

$$Z_{\text{эл}} = N_{\text{эл}} \Pi_{\text{эл}} / W_{\text{ч}}, \quad (13)$$

где  $N_{\text{эл}}$  — мощность привода сушильного барабана, кВт;  $\Pi_{\text{эл}}$  — стоимость 1 кВт·ч.

В выражения (4)...(8) входят величины, имеющие переменное значение в течение периода сушки. Поэтому при реализации модели необходимо

подставлять в выражения средние значения соответствующих величин, полученные на основании статистических данных.

Таким образом, изменяя значение заданной производительности сушилки, по критерию (1) определяем площадь нижнего солнечного коллектора и связанные с ней другие конструктивные параметры гелиосушилки.

УДК 621.37:636.082.453.5

Ю.Г. Иванов, доктор техн. наук

А.А. Абрашин

Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ДАТЧИКА ПОЛОЖЕНИЯ БЫКА-ПРОБНИКА

Предлагаемая радиотехническая система выявления половой охоты коров с использованием быка-пробника основана на считывании идентификационного кода коровы устройством, размещенным на быке [1]. При этом в целях экономии электроэнергии включение считывателя должно происходить в момент допуска коровой садки быка [2].

При разработке радиотехнической системы выявления половой охоты коров предложена математическая модель движения датчика положения, расположенного на быке-пробнике, и проведены его экспериментальные исследования [3]. На основании проведенных расчетов решается математическая задача о движении шарика (чувствительного элемента) в трубке датчика положения. Для этого вводят обозначения (рис. 1):

$Oxy$  — прямоугольная система декартовых координат, жестко связанная с трубкой, ось  $Ox$  которой направлена по оси рабочего участка трубки;  $\xi, \eta$  — координаты точки  $M$  в неподвижной системе координат  $O_1\xi\eta, m$ ;  $x, y$  — координаты точки  $M$  в подвижной системе координат  $Oxy, m$ ;  $l$  — длина рабочего участка  $OK$  трубки,  $m$ ;  $\varphi$  — угол, образуемый осью  $Ox$  и горизонтальной прямой осью  $O_1\xi$ , рад;  $\varphi_0$  — угол, образуемый осью  $Ox$  и горизонтальной прямой осью  $O_1\xi$  в начальный момент, рад;  $m$  — масса материальной точки  $M$ , кг;  $g$  — ускорение свободного падения материальной точки,  $m/c^2$ ;  $\vec{N}$  — нормальная составляющая реакции трубки;  $\vec{T}$  — сила трения скольжения между шариком (чувствительным элементом) и трубкой;  $\vec{F}$  — сила упругости пружины,  $H$ ;  $N, T, F$  — величины сил  $\vec{N}, \vec{T}, \vec{F}, H$ ;  $v$  — величина скорости точки  $M$  относительно трубки,  $m/c$ ;  $c$  — коэффициент упругости пружины,  $H/m$ ;  $\mu$  — коэффициент трения скольжения точки со стенками трубки.

### Список литературы

1. Купреенко, А.И. Результаты испытания барабанной гелиосушилки зерна / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, Е.М. Байдаков // Вестник Брянской ГСХА. — 2009. — № 5. — С. 69–73.
2. Купреенко, А.И. Теплотехника в вопросах и ответах: учеб. пособие / А.И. Купреенко, В.И. Чашинов. — Брянск: Брянская ГСХА, 2010. — 184 с.

Так как точка  $M$  движется вдоль оси  $Ox$ , координата  $y$  ее не изменяется. Будем считать, что  $y = 0$ .

Допустим, что шарик и точка  $M$  связаны с трубкой пружиной, сила упругости которой прямо пропорциональна коэффициенту  $c$  упругости и расстоянию  $x$  от точки  $O$  до точки  $M$ .

Задание коэффициента  $c$  равным нулю равносильно отсутствию пружины.

Запишем уравнения связи между координатами точки в неподвижной и подвижной системах координат (рис. 1):

$$\begin{cases} \xi = \xi_0 - x \cos \varphi; \\ \eta = \eta_0 + x \sin \varphi, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\varphi = \varphi_0 - \varphi_3 + \varphi_{30} = \varphi_0 - \varphi_3 - 0,006$ ;  $\xi_0, \eta_0, \varphi_3$  — функции времени, определенные уравнениями движения трубки на первом и втором участках [3].

Освободим точку  $M$  от трубки, приложив к точке реакции трубки  $\vec{N}$  и  $\vec{T}$ .

Запишем дифференциальные уравнения движения свободной материальной точки  $M$  массы  $m$

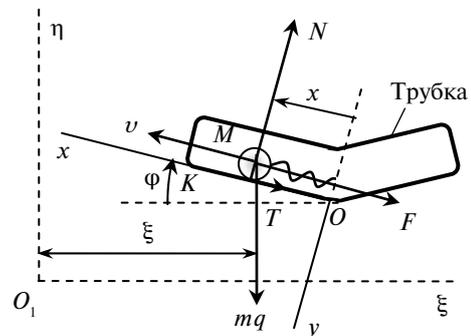


Рис. 1. Схема движения чувствительного элемента в трубке датчика положения