

Literatura

1. Murko V.I., Delfagin V.N., Baranova M.P. i dr. Diversifikacija istochnikov jenerгии v sel'skom hozjajstve Sibiri // Vestn. KrasGAU. – 2015. – № 11. – S. 103–109.
2. Bastron A.V. Vozmozhnosti biojenergetiki Krasnojarskogo kraja // Agrotehnologii XXI veka: mat-ly Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem, posvjashh. 85-letiju osnovanija Permskoj GSHA i 150-letiju so dnja rozhdenija akademika D.N. Prjanish-nikova. – Perm', 2015. – S. 8–13.
3. Baranova M.P., Bastron A.V., Shahmatov S.N. i dr. Kompleksnaja tehnologija pererabotki othodov svi-novodstva dlja poluchenija biogaza i organicheskikh udobrenij dlja klimaticheskikh uslovij APK Sibiri // Vestn. KrasGAU. – 2017. – № 1 (124). – S. 92–99.
4. Sher'jazov S.K. Metodologija racional'nogo sochetanija tradiconnyh i vozobnovljaemyh jenergoresursov v sisteme jenergosnabzhenija sel'skoho-zajstvennyh potrebitelej: avtoref. dis. ... d-ra tehn. nauk / Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. – Krasnojarsk, 2011.
5. Bojko E.A., Timofeev V.N., Bobrov A.V. i dr. Investicii v vozobnovljaemuju jenergetiku // Pojasnitel'naja zapiska k issledovatel'skoj rabote «Tehniko-jekonomicheskaja ocenka vozmozhnosti ispol'zovanija vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии na territorii Krasnojarskogo kraja v razreze municipal'nyh obrazovanij kraja». T. 5. Biojenergetika. – URL: <http://gkh24.ru/pages/view/61> (data obrashhenija: 26.12.2017 g.).
6. Promyshlennye kotly v Tul'skoj oblasti // kotly HERLT serii HSV na solome. – URL: <http://bizorg.su/tulskaya-obl-rg/promyshlennye-kotly-r> (data obrashhenija: 26.12.2017 g.).
7. Pellety. Biotoplivo // Proizvodstvennaja kompanija «Metallika». – URL: <http://www.teplomet.ru/pellet/> (data obrashhenija: 26.12.2017 g.).
8. Pelletnye kotly. Produkcija // ZOTA. – URL: http://www.zota.ru/catalog/pelletnie_kotli (data obrashhenija: 26.12.2017 g.).

УДК 631.03

С.И. Торопынин, М.С. Медведев

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА КОРРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ
ОБОРУДОВАНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ

S.I. Toropynin, M.S. Medvedev

THE INFLUENCE OF ENVIRONMENT PARAMETERS ON CORROSION PROCESSES
OF LIVESTOCK FARMS EQUIPMENT

Торопынин С.И. – канд. техн. наук, проф. каф. механизации и технического сервиса в АПК Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: misha_08_80@mail.ru

Медведев М.С. – канд. техн. наук, доц. каф. механизации и технического сервиса в АПК Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: misha_08_80@mail.ru

Toropynin S.I. – Cand. Techn. Sci., Prof., Chair of Mechanization and Technical Service in AIC, Krasnojarsk State Agrarian University, Krasnojarsk. E-mail: misha_08_80@mail.ru

Medvedev M.S. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Mechanization and Technical Service in AIC, Krasnojarsk State Agrarian University, Krasnojarsk. E-mail: misha_08_80@mail.ru

Разработан метод определения скорости коррозии в зависимости от параметров и условий среды внутри животноводческих помещений. Целью исследования является установление зависимостей скорости коррозии металлических конструкций от типа лакокрасочного покрытия и параметров окружающей среды. Для достижения поставленной цели предложена зависимость количественного показателя скорости коррозии от состава и состояния среды. Основными компонентами, влияющими на скорость коррозии, выбраны концентрация диоксида серы, диоксида хлоридов и аммиака, а также относительная влажность и температура воздуха внутри животноводческой фермы. Предложенная модель позволила определить скорость коррозии деталей конструкции изделия и срок службы объекта в целом. Модель подтверждена экспериментально. Сов-

падение теоретических данных, найденных с помощью математических зависимостей и полученных опытным путем, подтверждает актуальность и работоспособность математической модели. Выявлена зависимость срока службы защитного лакокрасочного покрытия от интенсивности вибрации на разных участках защитных щитков. На первом участке глубина проникновения коррозии выше, чем на втором, а на втором выше, чем на третьем, это происходит из-за уменьшения вибрации на разных участках. Результаты исследования: 1) определено, что скорость коррозии металлоконструкций зависит от типа лакокрасочного покрытия, состава и состояния окружающей среды, таких как влажность, температура, концентрации примесей воздуха, своевременного проведения технических обслуживаний металлоконструкций, а также интенсивности вибрации;

2) сформулирована модель протекания процессов коррозии с учетом параметров окружающей среды, которая позволяет определить скорость коррозии металла, защищенного лакокрасочным покрытием. Расчет по данной модели позволяет получить точный результат даже без практических экспериментов. Результат расчета глубины коррозии модели составил 0,59 мм, а средний при эксперименте – 0,60 мм; 3) доказана возможность применения данной модели на практике для выбора приемлемой композиции лакокрасочного покрытия.

Ключевые слова: коррозия, скорость коррозии, животноводческие помещения, параметры среды внутри замкнутого пространства, математическая модель.

The method of definition of corrosion speed depending on the parameters and conditions of environment in cattle-breeding premises has been developed. The research objective is the establishment of dependencies of speed of corrosion of metal designs from the type of paint and varnish covering and environment parameters. For the achievement of goal dependence of quantitative index of speed of corrosion on structure and condition of the environment is offered. The concentration of dioxide of sulfur, dioxide of chlorides and ammonia, and also relative humidity and air temperature in a livestock farm are chosen as the main components influencing corrosion speed. The offered model allowed determining the speed of corrosion of details of the design of the product and the term of service of the object in general. The model was confirmed experimentally. The coincidence of theoretical data found by means of mathematical dependences and received by practical consideration confirmed the relevance and operability of mathematical model. The dependence of life time of protective paint and varnish covering on the intensity of vibration on different sites of protective guards was revealed. On the first site the depth of corrosion penetration was higher, than on the second, and on the second it was above than on the third, it occurred because of the reduction of vibration on different sites. The results of the research: 1) it was defined that the speed of corrosion of metalwork depended on the type of paint and varnish covering, structure and the state of environment, such as humidity, temperature, concentration of impurity of air, timely carrying out maintenance of a metalwork, and also the intensity of vibration; 2) the model of course of processes of corrosion taking into account parameters of environment which allows to determine the speed of corrosion of the metal protected by paint and varnish covering was formulated. On this model the exact result even without practical experiments allows to be discharged. The result of calculation of the depth of corrosion of model made 0.59 mm, and average at experiment – 0.60 mm; 3) the possibility of application of this model is proved in practice for a choice of the acceptable composition of a paint and varnish covering.

Keywords: corrosion, corrosion speed, cattle-breeding premises, environment parameters in closed space, mathematical model.

Введение. Работоспособность металлоконструкций, окрашенных защитными покрытиями, зависит от многих факторов, которые непосредственно влияют как на дол-

говечность лакокрасочного покрытия, так и на конструкцию изделия. Часто при выборе лакокрасочного покрытия не учитывают такие параметры, влияющие на ресурс покрытия, как влажность, температура и состав окружающей среды. Даже при учете известных факторов, воздействующих на лакокрасочное покрытие, не всегда гарантирована защита изделия из-за специфических условий эксплуатации различного технологического оборудования.

Так, на животноводческих фермах во время кормления животных в зимнее время при заезде и выезде коммунатора в помещение проникает холодный воздух. При смешивании воздуха помещения с холодным воздухом атмосферы выпадает конденсат, который оседает на металлические конструкции, окрашенные защитными покрытиями. Конденсат концентрируется в капельки росы и насыщается агрессивными примесями из окружающей среды помещения и атмосферы. На лакокрасочные покрытия и детали конструкции начинают оказывать влияние дополнительные факторы, которые не были учтены при выборе покрытия [1].

Положение многих животноводческих комплексов усугубляется тем, что они построены с нарушениями установленных нормативов или даже переоборудованы из других хозяйственных построек. Например, птичник переоборудуют в коровник, и все показатели состояния и состава окружающей среды меняются. Нормативные требования невозможно соблюсти из-за того, что для содержания крупного рогатого скота необходимы другие объемы помещения, вентиляция, системы водоснабжения и навозоудаления.

Поэтому в подразделениях животноводческих комплексов часто причиной высокой скорости коррозионных процессов металлических конструкций является несоответствие вида лакокрасочного покрытия условиям эксплуатационных параметров и изменчивости агрессивности окружающей среды.

Цель исследования: установление зависимостей скорости коррозии металлических конструкций от типа лакокрасочного покрытия и параметров окружающей среды.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие **задачи исследования:**

- 1) подобрать основные показатели, определяющие скорость коррозии металлоконструкций;
- 2) сформулировать модели протекания процессов коррозии с учетом параметров окружающей среды;
- 3) обосновать возможность применения данной модели на практике.

Условия и методы исследования. Решение поставленных задач производилось на основе рекомендаций по применению лакокрасочных покрытий, нормативов наличия агрессивных факторов окружающей среды на животноводческих фермах.

Применение конкретного лакокрасочного покрытия допускается только в тех условиях, которые указаны заводом-изготовителем. Однако эти условия на этикетке товара описаны довольно обобщенно. В связи с этим подобрать тип лакокрасочного средства для определенных условий проблематично даже специалисту [2].

В большинстве случаев на животноводческих фермах при длительном воздействии коррозионных процессов на

металлоконструкции их проще заменить, чем ремонтировать. Это происходит из-за того, что преобладает локальная коррозия, способствующая потере металла по всей поверхности оборудования. Если неправильно подобрано лакокрасочное покрытие, не определено присутствие агрессивных факторов окружающей среды и мероприятия по обслуживанию металлоконструкций не проводятся, ресурс оборудования резко сокращается.

Для определения периодичности технического обслуживания металлоконструкций необходимо знать скорость коррозии в конкретных условиях. Для определения скорости коррозии (C) обычно используем формулу [1]

$$C = \bar{h} / \tau_{об}, \quad (1)$$

где \bar{h} – средняя глубина проникновения коррозии в металл, мм/год; $\tau_{об}$ – время эксплуатации объекта, годы.

Это выражение является основным для определения скорости коррозии металлического оборудования. Но оно в качестве математической модели определения скорости коррозии в условиях животноводческих ферм не учитывает многих параметров состава и состояния окружающей среды помещения. В обобщенном виде принимается

$$C = A \tau_{об}^m, \quad (2)$$

где A , m – эмпирические коэффициенты, которые являются функциями, определяющими параметры среды и материалов.

В условиях животноводческих ферм на скорость коррозии влияние оказывают такие параметры, как концентрация агрессивных примесей в окружающей среде. Наибольшее влияние на ускорение процессов коррозии оказывает концентрация диоксидов серы SO_2 , хлоридов Cl и аммиака NH_3 . Тогда математическая модель будет иметь следующий вид:

$$M'_c = a(C_{SO_2} + C_{NH_3})^m + \frac{B_{Cl}}{2}, \quad (3)$$

где M'_c – скорость коррозионных процессов по чистому металлу в определенный момент времени, когда будут учитываться только те условия, которые влияют на скорость коррозии, мм/год; a , m – параметры, определяемые для каждого конкретного материала; так, для стали марки ст. 3 кп $a = 0,095$ мм/год, $m = 0,52$; C_{SO_2} , C_{NH_3} , B_{Cl} – нормальная концентрация примесей в атмосфере животноводческих ферм, $C_{SO_2} = 0,015$ мг/м³, $C_{NH_3} = 0,3$ мг/м³, $B_{Cl} = 0,000286$ мм/год.

Если учитывать тот факт, что коррозионный процесс не может проходить без повреждения фазовой пленки, необходимо добавить время сохранения этой защитной пленки $\tau_{ф}$, которое составляет 4000 ч/год [3].

$$M_c = [a(C_{SO_2} + C_{NH_3})^m + \frac{B_{Cl}}{2}] \tau_{ф}, \quad (4)$$

где M_c – скорость коррозионных процессов по чистому металлу, мм/год.

Коррозионный процесс начнется только после того,

как разрушится лакокрасочное покрытие. Для определения защитной функции лакокрасочного покрытия необходимо найти его срок службы:

$$H_{\delta} = A \cdot e^{\frac{e}{T_3} \eta_3^n \cdot C_3^m}, \quad (5)$$

где H_{δ} – срок службы защитного лакокрасочного покрытия, годы; A , B , n , m – эмпирические коэффициенты, которые являются функциями, определяющими параметры среды и материалов; T_3 – температура, °K; η_3 – относительная влажность воздуха, %; C_3 – концентрация агрессивной среды, %.

На основании данной зависимости можно выразить уравнение, с помощью которого находится долговечность комбинированного защитного покрытия металла от коррозии:

$$H_{\delta} = \begin{cases} A, & \text{если } T_3 = T_{cm}; \eta_3 = \eta_{cm}; C_3 = C_{cm} \\ A \cdot e^{\frac{e}{T_3} \eta_3^n \cdot C_3^m}, & \text{если } T_3 < T_{cm} < T_3; \eta_3 < \eta_{cm} < \eta_3; C_3 < C_{cm} < C_3 \end{cases}, \quad (6)$$

где A , B , n , m – эмпирические коэффициенты, которые являются функциями, определяющими параметры среды и материалов; T_{cm} – температура, которую рекомендует производитель для защитного покрытия, °K; η_{cm} – относительная влажность воздуха, при которой производитель рекомендует эксплуатацию данного вида покрытия, %; C_{cm} – концентрация агрессивной среды, процентное соотношение которой рекомендует производитель для защитного покрытия, %.

Если влажность, температура и агрессивность среды животноводческой фермы соответствуют условиям, рекомендованным для покрытия, срок службы будет соответствовать регламентируемому. В случае несоответствия этих факторов лакокрасочное покрытие может изменить свой ресурс.

На основании зависимостей (1), (4), (6) получили уравнение, позволяющее определить скорость коррозии объекта, изготовленного из металла и защищенного лакокрасочным покрытием:

$$C = \frac{(\tau_{об} - H_{\delta}) \cdot M_c}{\tau_{об}}, \quad \text{мм/год.} \quad (7)$$

Данная модель позволяет определить срок службы металлоконструкций в условиях животноводческих ферм с учетом таких факторов окружающей среды, как агрессивные примеси, влажность и температура.

Результаты исследования. Достоверность математической модели, полученной в результате теоретических исследований, подтверждена экспериментально. Предприятие, характерное для животноводческой зоны региона, выбрано в восточной группе районов Красноярского края. Окрашенные детали периодически контролировались в течение 4 лет. Величину коррозии фиксировали по методике, изложенной в работе [4]. Нанесение лакокрасочного покрытия осуществлялось по следующей технологии.

Окраска осуществлялась в три этапа:

– поверхностная механическая очистка от слоистой ржавчины;

- нанесение преобразователя ржавчины ЭВА-0112;
- окраска в два слоя эмалью ПФ-133.

Для определения зависимости глубины проникновения коррозионных разрушений металла щитков на разном удалении участков от наибольшей вибрации развертку поверхности детали разбили на три участка. При визуальном обнаружении локальных разрушений (каверн, язв, питтингов) минимальное число измерений составляло

$n \geq 100$, при этом доверительная вероятность составляла 0,8 и максимально допустимая ошибка – 0,05.

На рисунке представлена схема расположения точек измерения и глубины проникновения коррозии по всей длине защитного щитка, на который нанесли лакокрасочное покрытие по преобразователю ржавчины ЭВА-0112 и его эксплуатации изделия в течение 4 лет.

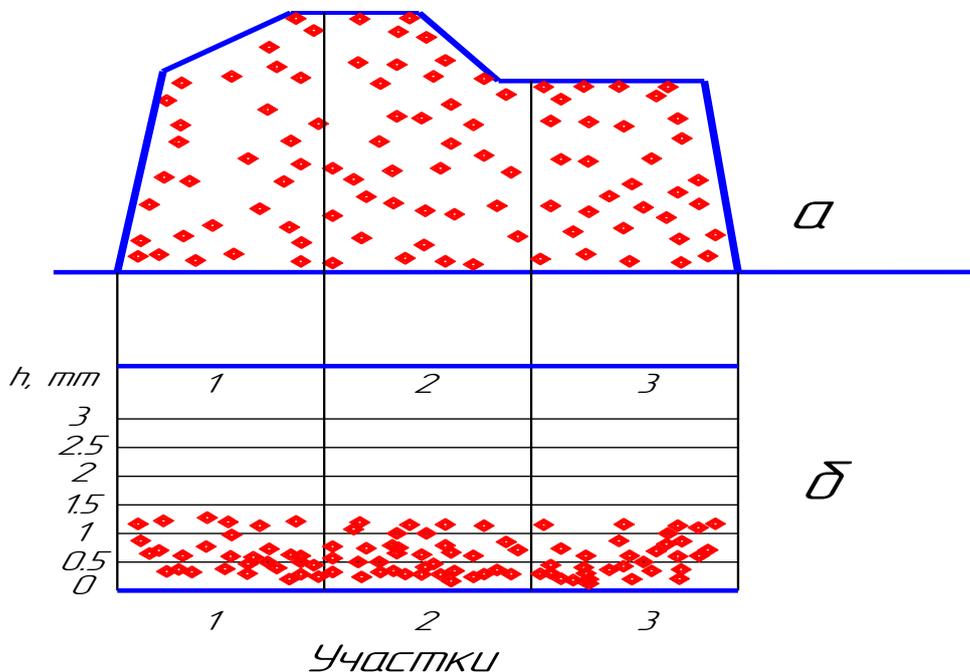


Схема расположения точек измерения и глубин проникновения коррозии на развертке щитка: а – расположение на развертке защитного щитка участков измерения остаточной толщины металла; б – глубина коррозионных повреждений в точках измерений, мм

Глубину проникновения коррозии металла определяли толщиномером марки EASY-CHECK FN. Используя статистические методы обработки опытных данных, определили коэффициенты вариации и среднеквадратичные отклонения. Статистические данные по значениям глубин повреждений, распределенных по различным участкам развертки щитков, приведены в таблице, где

n – число измерений на каждом участке развертки; \bar{h} – средняя глубина проникновения коррозии в металл, равная разности начальной толщины металла защитного щитка, которая составляла 3 мм, и остаточной толщиной, измеренной после 4 лет эксплуатации, мм; σ – среднеквадратичное отклонение, мм; U_h – коэффициент вариации [1].

Статистические характеристики глубин повреждений щитка после 4 лет эксплуатации

Способ ремонта	Номер участка	Статистические характеристики			
		n	\bar{h} , мм	σ , мм	U_h
Нанесение преобразователя ржавчины ЭВА-0112 + 2 слоя ПФ-133	1	30	0,64	0,343	0,54
	2	36	0,6	0,305	0,51
	3	34	0,57	0,331	0,58

Проанализировав величину проникновения коррозии за 4 года – экспериментальную \bar{h} и расчетную (0,59 мм), можно увидеть, что математическая модель адекватно отражает процесс развития коррозии в агрессивной среде. Некоторое отклонение на различных участках щитка объясняется различной степенью вибрации детали, учет которой планируется применить в дальнейших исследо-

ваниях. Разработанная математическая модель позволит теоретически обосновать и сократить время эксперимента по определению скорости коррозии, а также определить срок службы лакокрасочного покрытия и ресурс металлоконструкции в целом.

Выводы

1. Скорость коррозии металлоконструкций зависит от типа лакокрасочного покрытия, состава и состояния окружающей среды, таких как влажность, температура, концентрации примесей воздуха, своевременного проведения технических обслуживаний металлоконструкций, а также интенсивности вибрации.

2. Сформулирована модель протекания процессов коррозии с учетом параметров окружающей среды, которая позволяет определить скорость коррозии металла, защищенного лакокрасочным покрытием. Расчет по данной модели позволяет получить точный результат даже без практических экспериментов. Результат расчета глубины коррозии модели составил 0,59 мм, а средний при эксперименте – 0,60 мм.

3. Доказана возможность применения данной модели на практике для выбора приемлемой композиции лакокрасочного покрытия.

Литература

1. *Торопынин С.И., Медведев М.С.* Технология и технические средства восстановления лакокрасочных покрытий сельскохозяйственной техники без удаления продуктов коррозии // Вестн. КрасГАУ. – 2009. – № 6. – С. 116–121.
2. *Медведев М.С., Торопынин С.И.* Восстановление противокоррозионных покрытий тонколистных конструкций сельскохозяйственных машин // Молодежь и наука – третье тысячелетие: сб. мат-лов межвуз. науч. фестиваля студентов, аспирантов и молодых ученых. – Красноярск, 2003. – С. 94–95.

3. *Скелльбери Д.Д.* Органические покрытия и перспектива их применения для антикоррозионной защиты. – М.: Металлургия, 1991. – 237 с.
4. *Медведев М.С.* Прогнозирование долговечности лакокрасочных покрытий в сельскохозяйственном производстве // Ресурсосберегающие технологии механизации сельского хозяйства: прил. к «Вестнику КрасГАУ»: сб. ст. Вып. 6. / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2010. – С. 36–39.

Literatura

1. *Toropynin S.I., Medvedev M.S.* Tehnologija i tehničke sredstva vosstanovljenja lakokrasočnyh pokrytij sel'skohožajstvennoj tehniki bez udalenija produktov korrozii // Vestn. KrasGAU. – 2009. – № 6. – S. 116–121.
2. *Medvedev M.S., Toropynin S.I.* Vosstanovlenie protivokorrozionnyh pokrytij tonkolistnyh konstrukcij sel'skohožajstvennyh mashin // Molodezh' i nauka – tret'e tysjacheletie: sb. mat-lov mezhvuz. nauch. festivalja studentov, aspirantov i molodyh učenyyh. – Krasnojarsk, 2003. – S. 94–95.
3. *Skell'beri D.D.* Organicheskie pokrytija i perspektiva ih primenenija dlja antikorrozionnoj zashhity. – M.: Metallurgija, 1991. – 237 s.
4. *Medvedev M.S.* Prognozirovanie dolgovechnosti lakokrasočnyh pokrytij v sel'skohožajstvennom proizvodstve // Resursosberegajushhie tehnologii mehanizacii sel'skogo hozjajstva: pril. k «Vestniku KrasGAU»: sb. st. Vyp. 6. / Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. – Krasnojarsk, 2010. – S. 36–39.

УДК 577.3

Н.Н. Барышева, С.П. Пронин

МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА
КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ВСХОЖЕСТИ

N.N. Barysheva, S.P. Pronin

MEMBRANE POTENTIAL OF WHEAT GRAINS UNDER THE INFLUENCE OF ELECTRIC CURRENT
AS VIABILITY INDICATOR

Барышева Н.Н. – канд. техн. наук, доц. каф. информационных технологий Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, г. Барнаул. E-mail: mnn-t@mail.ru

Пронин С.П. – д-р техн. наук, проф., зав. каф. информационных технологий Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, г. Барнаул. E-mail: spronin@mail.ru

Barysheva N.N. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Information Technologies, Polzunov Altai State Technical University, Barnaul. E-mail: mnn-t@mail.ru

Pronin S.P. – Dr. Techn. Sci., Prof., Head, Chair of Information Technologies, Polzunov Altai State Technical University, Barnaul. E-mail: spronin@mail.ru

Посевное качество зерен пшеницы представляет собой важную составляющую его потребительской стоимости, конкурентоспособности на рынке и сельскохозяйственной производительности. Всхожесть семян пшеницы представляет собой один из основных показателей качества. На сегодняшний день для оценки

всхожести семян пшеницы используется лабораторный метод, основанный на ГОСТ 12038-84. Продолжительность составляет от 10 до 14 дней, что является большим недостатком данного метода. Однако существуют альтернативные методы оценки всхожести семенного материала. Они основываются на исследо-