

Отходящие от автомата химического полирования вентиляционные газы имеют температуру в интервале 50-60 °С. Вентиляционный воздух насыщен парами воды. Парциальное давление последних в воздухе при температуре 51,6 °С составляет 100 мм. рт. ст. При температуре 20 °С парциальное давление паров воды составляет 17,5 мм. рт. ст. Поэтому при охлаждении вентиляционных газов происходит конденсация воды и в образовавшихся капельках H<sub>2</sub>O происходит растворение газообразных соединений фтора – HF и SiF<sub>4</sub>.

Для более полного перевода соединений фтора в жидкую фазу наиболее эффективным способом является орошение газохода водой, сбор образовавшегося водного раствора, охлаждение его до температуры 25 °С. Количество подаваемой воды (раствора) на орошение определяется количеством тепла, которое утилизируется при охлаждении вентиляционного воздуха.

Сбор раствора кремнефтористоводородной кислоты осуществляется с помощью устройства слива образовавшегося конденсата из вентиляционного газохода и подачи его в емкость для хранения. Для сбора и хранения раствора кремнефтористоводородной кислоты используется емкость объемом 5-10 м<sup>3</sup>. Объем емкости определяется скоростью накопления кислого раствора.

Кремнефтористоводородная кислота может транспортироваться на складирование или направляться на дальнейшую переработку в различные фторсодержащие препараты.

На практике было установлено, что концентрация кремнефтористоводородной кислоты изменяется в пределах 25-50 мас. %. Фторное число  $\phi$  (отношение числа атомов фтора к числу атомов кремния F/Si) изменяется в пределах 6,11 – 5,81. Содержание серной кислоты не превышает  $C_{H_2SO_4} = 0,2$  мас. %.

УДК 523.72:662.97

И.А. Левицкий, д-р техн. наук  
(БГТУ, г. Минск)

В.В. Кузьмич, д-р техн. наук, И.В. Стефанюк, канд. техн. наук,  
Ю.Г. Маркевич

(НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства)

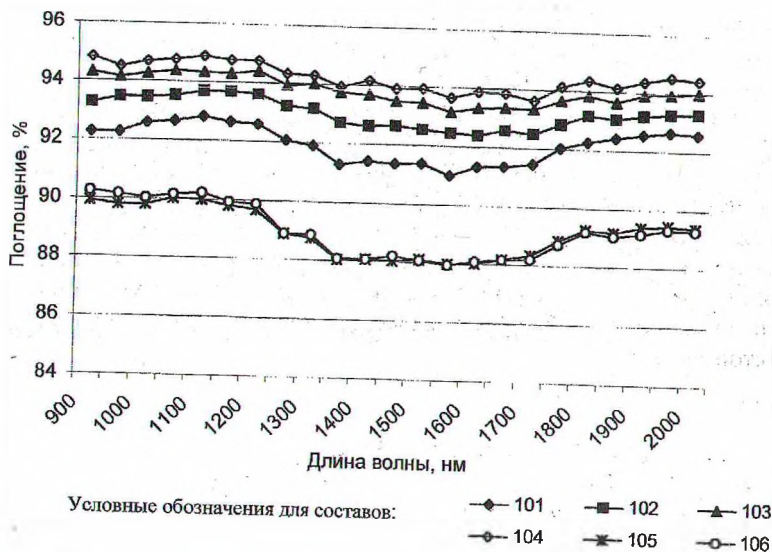
## **ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ СТЕКЛОЭМАЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ СВЕТОПОГЛОЩАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ**

Анализ работы гелиоводонагревательного оборудования показывает, что элементом, оказывающим наибольшее влияние одновременно на энергетическую эффективность, надежность и долговечность, является

ся светопоглощающее покрытие абсорбера гелиоколлектора. По совокупности параметров стойкости, технологичности, возможности получения специальных характеристик [1, 2], наличие производственной базы перспективно применение светопоглощающих покрытий на основе стеклообразных материалов (стеклоэмалей).

Обеспечение высокого поглощения в области видимого и ближнего инфракрасного излучения достигается введением в состав эмалевых стекол стеклопокрытия некоторых химических соединений, преимущественно оксидов металлов переменной валентности – меди, кобальта, никеля, железа и др. В качестве объекта исследования проводимой работы выступают покрытия, сформированные на основе эмалевых стекол сечения высокремнеземистой области системы  $R_2O-B_2O_3-Na_3AlF_6-R_xO_y-SiO_2$  с постоянным содержанием основных оксидов, мас. %:  $SiO_2 - 60$ ;  $Na_2O - 15,5$ ;  $B_2O_3 - 9,7$ ;  $Na_3AlF_6 - 4,8$ , и переменным содержанием модифицирующих сенсibiliзирующих добавок. Изучены светопоглощение и физико-химические характеристики покрытий в зависимости от соотношения в химическом составе стекломатрицы основных окрашивающих оксидов [3–4]. Покрытия формировались шликерным и пудровым способом на подложках размерами 40x60 мм с последующим обжигом при температуре 840–860°C. Термический коэффициент линейного расширения стекол составляет  $(90-95) \cdot 10^{-7} K^{-1}$ , толщина покрытий 200–250 мкм, материал подложки – сталь 08кп. Исследование оптических характеристик проводилось измерением зеркально-диффузного отражения покрытий на спектрофотометре «CARY-500Scan» с приставкой диффузного отражения DRA (геометрия 0/d) в спектральном диапазоне 400–2500 нм. Определение химической устойчивости, прочности сцепления, температуры обжига покрытий осуществлялось по методикам, принятым в технологии стеклоэмалирования.

В серии образцов изучалось влияние соотношения окрашивающих оксидов на оптические характеристики покрытий в диапазоне ближнего инфракрасного излучения. Модификация синтезированного безгрунтового покрытия осуществлялась введением оксида железа (до 2 мас. %) вместо оксида никеля через 0,2 мас. % при постоянном составе стекломатрицы. В видимой области спектра покрытия серии характеризовались различными оттенками черного цвета. Максимальное возрастание оптического поглощения наблюдалось при соотношении  $NiO:Fe_2O_3 = 1$  (состав 104), что иллюстрирует рисунок 1. Введение оксида меди вместо оксида никеля в составах 105, 106 (0,3–0,4 мас. %) привело к снижению поглощения в исследуемом спектральном диапазоне до 88–90%.



**Рисунок 1 – Поглощение серии экспериментальных образцов стеклопокрытий в инфракрасном диапазоне**

Анализ эксплуатационных характеристик образцов указанной серии, приведенный в таблице, показал высокую химическую и термическую стойкость, достаточную адгезию покрытия на границе "светопоглощающая стекломаль – металл". Согласно проведенным расчетам и десятибалльной шкале стойкости по методике ГОСТ 13819, скорость коррозии разработанных покрытий составляет 0,015–0,02 мм/год, покрытия относятся к группе стойких.

**Таблица 1 – Анализ эксплуатационных характеристик опытных образцов стекломалей**

№ образца	Устойчивость в 10% HCl, %	Атмосферостойчивость, класс	Прочность сцепления, %
101	0,45	AA	99,3
102	0,50	AA	99,8
103	0,55	AA	99,1
104	0,75	AA	97,5
105	0,85	A	95,9
106	0,9	A	95,5

Испытания на термостойкость проводились методами определения сопротивления термоудару и термовыносливости согласно методике ОСТ 26-01-105-78. Определение сопротивления термоудару по-

казало, что разработанные покрытия многократно выдерживают предельные значения нагрева и охлаждения образцов ( $220-20^{\circ}\text{C}$ ) без появления трещин и сколов. При испытаниях термовыносливости резкое изменение температуры от  $100$  до  $20^{\circ}\text{C}$  в течение 20 циклов не привело к разрушению покрытий или нарушению их сплошности.

Спектрофотометрические исследования экспериментальных покрытий показали, что поглощение образцов оптимизированных составов (112, 115) в спектральном диапазоне  $0,88-2,0$  мкм составляет 92–95% (рисунок 2). По указанному показателю разработанные покрытия находятся в одном ряду с электрохимическими и вакуумными. Однако стекломали, имея полностью неорганический состав, обладают более высокой химической и термической стойкостью, прочностью сцепления с поверхностью абсорбера, характеризуются значительно меньшей стоимостью.



**Рисунок 2 - Оптическое поглощение оптимизированных покрытий**

Таким образом, в ходе работы подтверждена возможность получения безгрунтовых химически стойких стекломалевых покрытий, обеспечивающих высокое (свыше 90%) поглощение солнечного излучения, с целью использования их в качестве базового состава светопоглощающих покрытий абсорберов гелиоколлекторов. Себестоимость подобного стеклопокрытия составляет  $4,5-5,0$  долларов США/м<sup>2</sup>, что сравнимо с себестоимостью лакокрасочных и значительно ниже стоимости электрохимических и вакуумных покрытий, применяемых в гелиотехнике. Технологические режимы нанесения и обжига разрабатываемого покрытия не отличаются значительно от применяемых в стекломалировочной отрасли (температура обжига  $800-860^{\circ}\text{C}$ ), что способствует вовлечению незагруженных мощностей существующих

эмалировочных производств при серийном освоении гелиоводонагревательного оборудования.

В настоящее время проводятся расчетные и опытно-экспериментальные работы по созданию и отработке конструкторских решений гелиоколлекторов. Разрабатывается конструкция модульного гелиоколлектора апертурой  $1,7 \text{ м}^2$  на основе светопоглощающих стеклопокрытий, изготовлен экспериментальный образец гелиоколлектора площадью  $0,8 \text{ м}^2$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1 Ходский, Л.Г. Химически устойчивые стеклоэмали / Л.Г. Ходский. – Минск.: Навука і тэхніка, 1991. – 112 с.

2 Аппен, А.А. Температурустойчивые неорганические покрытия / А.А. Аппен. – Л.: Химия, 1976. – 296 с.

3 Повышение эффективности и рентабельности сельского гелиоводонагревательного оборудования путем использования светопоглощающих стеклоэмалевых покрытий / В.В. Кузьмич [и др.] // Современные технологии и комплексы технических средств в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. научн.-практ. конф., Минск, 25–27 мая 2005 г./ БГАТУ; редкол.: Л.В. Мисун [и др.]. – Минск, 2005. – С. 156–157.

4 Светопоглощающие покрытия повышенной термо- и водостойкости для гелиоводонагревательного оборудования сельскохозяйственного назначения / В.В. Кузьмич [и др.] // Аграрная энергетика в XXI столетии: материалы 3-й междунар. научн.-техн. конф., Минск, 21–23 ноября 2005 г. / Институт энергетики АПК НАН Беларуси; редкол.: В.И. Русан [и др.]. – Минск, 2005. – С. 269–271.

УДК 631.841

И.С. Белогур, научн. сотр., И.М. Рыщенко, канд. техн. наук,  
А.С. Савенков, д-р техн. наук, Ю.И. Вецнер студент  
(НТУ "ХПИ", г. Харьков)

## ПОЛУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО АЗОТНО-ФОСФОРНОГО УДОБРЕНИЯ ИЗ ОБЕДНЕННОГО ФОСФОРИТА НОВО-АМВРОСИЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Применение минеральных удобрений - один из главных рычагов повышения урожайности в растениеводстве. В этом особенное место занимают азотные удобрения. Это объясняется тем, что азот - один из