

## Оптимизация ингибированного состава для обеспечения сохранности сельскохозяйственной техники.

М.Ю. Карелина, зав. кафедрой  
«Детали машин и теория механизмов»,  
канд.техн. наук, профессор  
(ФГБОУ ВПО Московский автомобильно-дорожный государственный техни-  
ческий университет, г. Москва,  
тел.: 8-499-155-08-92; E-mail: karelinamu@mail.ru)  
Е.А. Петровская, ст. преподаватель кафедры  
«Технический сервис машин и оборудования»  
(ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА  
им. К.А. Тимирязева, г. Москва,  
тел.: 8-903-276-02-20; E-mail: ea-petrovskaya@rambler.ru)  
А.В. Пыдрин, аспирант  
(Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Ти-  
мирязева, г. Москва, pydrin89@mail.ru)

**Аннотация.** *С использованием метода планирования эксперимента проведена серия опытов, в результате которых создан оптимальный ингибированный состав для эффективной защиты сельскохозяйственной техники от атмосферной коррозии.*

**Ключевые слова:** *коррозия, планирование эксперимента, эксперимент, ингибитор.*

В условиях сложной экономической обстановки особенно острой остаётся тема сохранности сельскохозяйственной техники (СХТ). Из-за огромного роста цен на сельскохозяйственную технику характерным признаком современных сельхозпроизводств является использование машин и механизмов, фактический срок службы которых превысил нормативный в 1,2-1,5 раза, также сильно уменьшились объёмы поставок новой техники. В таких условиях несомненным является то, что при явном недостатке техники значение мероприятий, направленных на сохранение ресурса действующих машин, возрастает многократно [1].

В то же время наблюдается дефицит отечественных защитных материалов. Это связано с рядом проблем:

прекращение производства ряда химического сырья, используемого в производстве ингибиторов коррозии, например, синтетических жирных кислот;

прекращение выпуска эффективного дешевого ингибитора коррозии из нефтяного сырья АКОР-1 крупными нефтеперерабатывающими заводами в связи с низкой рентабельностью и малотоннажным производством;

отсутствие научно обоснованной концепции создания ингибиторов коррозии [2].

Все вышеперечисленные факторы привели к появлению готовых к применению консервационных масел, представляющих сложную композицию, состоящую иногда более чем из 10 ингредиентов. Такие составы обладают низкой стабильностью, и, как следствие, малым сроком хранения [2].

В данной работе рассмотрен процесс разработки оптимального ингибированного состава для эффективной защиты СХТ.

Для выбора оптимального состава, предназначенного для защиты СХТ от коррозии, использовался метод планирования эксперимента.

Определялись оптимальные составы ингибированных смесей, обеспечивающих максимальный защитный эффект. Смесей составлялись из следующих компонентов:

однокомпонентный маслорастворимый ингибитор коррозии ТЕЛАЗ [3];

герметизирующая жидкость АГ-4И;  
окисленный петролатум;  
борат диэтаноламина;  
петролатум.

Ингибитор ТЕЛАЗ представляет собой органические соединения, молекулы которых обладают хемосорбционной способностью, в качестве активного ингредиента использованы карбоновые кислоты. При синтезе использованы карбоновые кислоты с углеводородными или перфторированными радикалами. Радикалы участвуют в формировании гидрофобной части молекулы [5].

Герметизирующая жидкость АГ-4И (ТУ 26-02-592-83) представляет собой структурированный, вязкоэластичный состав коричневого цвета с высокой газопроницаемостью и адгезией.

Для достижения синергетического эффекта по защитным свойствам в сочетании с ингибитором ТЕЛАЗ использовались окисленный петролатум и борат диэтаноламина (ТУ 2461-060-27991970-02).

Окисленный петролатум (ТУ 38.301-96-83) представляет собой однородный вязкий продукт коричневого цвета с кислотным числом 60 мг КОН/г и температурой каплепадения не ниже 440С.

Испытания защитных свойств покрытий на углеводородной основе проводился согласно ГОСТ 9.054-75.

Информационный анализ показал, что наибольший вклад в формирование защитных свойств вносят компоненты 1-4. Для определения оптимального отношения был принят полный факторный эксперимент 24, так как при планировании по схеме полного факторного эксперимента реализуются все возможные комбинации факторов на всех выбранных для исследования уровнях. Выбранные для исследования факторы, их условные обозначения и интервалы варьирования приведены в таблице 1. Уровни факторов кодируются следующим образом – [-1] нижний уровень, [+1] – верхний уровень. Параметрами оптимизации являлись скорость коррозии и процент пораженной коррозией поверхности. Матрица планирования и результаты экспериментов по определению влияния компонентного состава на скорость коррозии приведена в таблице 2.

Уравнение регрессии для определения оптимального состава в исследуемом интервале значений концентраций компонентов имеет следующий вид:

$$Y=5,62 - 3,58X_1 + 1,54X_2 + 3,93X_3 + 0,5X_4 - 2,4X_1X_2 - 3,4X_1X_3 + 1,59X_1X_4 + 2,07X_2X_3 - 0,45X_2X_4 - 0,05X_3X_4 - 2,45X_1X_2X_3 - 0,23X_1X_2X_4 - 0,96X_2X_3X_4 + 0,46X_1X_2X_3X_4$$

Таблица 1

## Факторы и уровни факторов планирования

Условные обозначения	Факторы	Уровни факторов		Интервалы варьирования	Единица измерения
		-1	+1		
X <sub>1</sub>	концентрация ТЕЛАЗ	2	10	8	% по массе
X <sub>2</sub>	концентрация АГ-4И	0,5	7	6,5	% по массе
X <sub>3</sub>	концентрация окисленного петролатума	0,5	7	6,5	% по массе
X <sub>4</sub>	концентрация бората ДЭА	0,5	1	0,5	% по массе

Таблица 2

## Матрица планирования

№	Концентрация				Значение факторов				Результаты эксперимента	
	ТЕЛАЗ	АГ-4и	окисл. петролатум	бораты ДЭА	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	Скорость коррозии 10 <sup>-2</sup> мм/год	% пораж. поверх.
1	2	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	4,5	0,3
2	10	0,5	0,5	0,5	+	-	-	-	1,9	0,2
3	2	7	0,5	0,5	-	+	-	-	0,9	0,3
4	10	7	0,5	0,5	+	+	-	-	1,3	0,4
5	2	0,5	7	0,5	-	-	+	-	9,8	10
6	10	0,5	7	0,5	+	-	+	-	0,37	0
7	2	7	7	0,5	-	+	+	-	30	90
8	10	7	7	0,5	+	+	+	+	0,27	0
9	2	0,5	0,5	1	-	-	-	+	0,43	1
10	10	0,5	0,5	1	+	-	-	+	2,1	5
11	2	7	0,5	1	-	+	-	+	1,65	1
12	10	7	0,5	1	+	+	-	+	0,8	1
13	2	0,5	7	1	-	-	+	+	6,4	15
14	10	0,5	7	1	+	-	+	+	7,2	10
15	2	7	7	1	-	+	+	+	20	30
16	10	7	7	1	+	+	+	+	2,4	0,3

Анализ уравнений регрессии и результатов эксперимента показал, что концентрационные вклады оптимума необходимо выбирать в окрестности вектора 8-го опыта. В связи с этим была поставлена следующая серия опытов по отысканию оптимум-концентрации. Была дополнительно проведена серия экспериментов на различных композициях, близких по составу к вектору 8.

По результатам наилучшими антикоррозионными свойствами обладал образец со следующими концентрациями (в % по массе): ТЕЛАЗ - 10%, АГ-4И - 7%, окисленный петролатум - 6%, борат ДЭА - 0,5%, остальное - петролатум. Образец показал скорость коррозии в размере  $0,34 \cdot 10^{-2}$  мм/год без видимых очагов коррозии.

На следующем этапе путем математического моделирования были рассчитаны оптимальные и контрольные концентрации компонентов согласно [4, 6]. Полученные значения приведены в таблице 3.

Таблица 3

Образец	Концентрация (% по массе)				Результаты эксперимента	
	ТЕЛАЗ	АГ-4и	окисл. петролатум	бораты ДЭА	Скорость коррозии $10^{-2}$ мм/год	% пораж. поверх.
Оптимальный №8А	10,49	7,46	6,71	0,46	0,23	0
Контрольный №8Б	9,57	6,54	7,29	0,54	0,18	0

Выводы:

Анализ результатов стандартных испытаний показывает, что наилучшими защитными свойствами обладает состав № 8Б, несколько худшими свойствами обладают составы № 8А и 8.

В результате проведенных испытаний можно сделать вывод, что для защиты СХТ от коррозии целесообразно использовать образец № 8Б.

### Литература

Пучин Е.А., Гайдар С.М. Хранение и противокоррозионная защита сельскохозяйственной техники: учебно-методическое пособие. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. – 512 с.

Гайдар С.М. Теория и практика создания ингибиторов коррозии для консервации сельскохозяйственной техники. / Монография. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. – 304с.

Гайдар С.М., Тарасов А.С., Лазарев В.А. Ингибитор коррозии металлов: Пат. 2263160 Россия, МКИ7 С 23F 11/14. № 2004130182/02. Заявл. 12.10.04 г. Оpubл. 27.10.05. Бюл. №30.

Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Метод оптимизации эксперимента в химической технологии. М.: Изд-во Высшая школа, 1985. – 320 с.

Гайдар С.М. Новый полифункциональный ингибитор атмосферной коррозии металлов. Международный научный журнал, 2009, №5 С.60-63.

Гайдар С.М. Планирование и анализ эксперимента: учебник. – М.: изд-во ФГБНУ «Росинформагротех», 2015-548 с.

### **Optimization inhibited composition to ensure the persistence of agricultural machinery.**

M.U. Karelina , candidate of technical Sciences, head of the Department  
(The Moscow Automobile and Road Construction University,  
Moscow, karelinamu@mail.ru)

E.A. Petrovskaya, senior lecturer  
(Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after  
K.A. Timiryazev, Moscow, ea-petrovskaya@rambler.ru)

A.V. Pydrin, postgraduate  
(Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after  
K.A. Timiryazev, Moscow, pydrin89@mail.ru)

**Annotation.** *Using the method of experiment planning a series of experiments were made, which generates the optimal composition inhibited the effective protection of agricultural equipment from atmospheric corrosion.*

**Keywords:** *corrosion, experiment planning, experiment, inhibitor.*

#### References

Puchin E.A., Gaidar S.M. Storage and corrosion protection of agricultural machinery: textbook. M.: FSSI "Rosinformagrotech", 2011. – 512 p

Gaidar S.M. Theory and practice of creation of the corrosion inhibitors for conservation of agricultural machines. /A monograph. – M.: the Federal state scientific institution "Rosinformagrotech", 2011. – 304p.

Gaidar S.M., Tarasov A.S., Lazarev V.A. the corrosion inhibitor of metals: Pat. 2263160 Russia, MKI with 23F 11/14. No. 2004130182/02. Appl. 12.10.04 G. Publ. 27.10.05. Bull. No. 30.

Akhazarova S.L., Kafarov V.V. the Method of optimization of experiment in chemical technology. M.: Publishing house "Higher school", 1985. – 320 p.

Gaidar S.M. New polyfunctional inhibitor of atmospheric corrosion of metals. International scientific journal, 2009, No.5. - P. 60-63.

Gaidar S.M. Planning and analysis of experiment: the textbook. – M.: publishing house of FSBI "Rosinformagrotech", 2015.-548 p.