

УДК 620  
ГРНТИ 81.33

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ ПИЩЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

С.Т. АЛМАГАМБЕТОВА<sup>1</sup>, С.О. АБИЛКАСОВА<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Алматинский технологический университет, Казахстан, Алматы)  
E-mail: s.almag@mail.ru

*В статье рассмотрено воздействие ингибиторов на основе растительного сырья на коррозионную стойкость оборудования пищевой отрасли в технологических агрессивных средах. Изучен эффект воздействия ингибитора концентрата в рабочей среде на основе технологических регламентов для обоснования рекомендаций по применению данного концентрата в защите пищевого оборудования от коррозии. Даны рекомендации по возможности применения данного ингибитора для защиты оборудования предприятий пищевой отрасли от коррозии.*

**Ключевые слова:** ингибиторы, коррозия металлов, коррозионная активность, растворы, пищевая промышленность.

## ТАҒАМ ӨНДІРІСІ ҚҰРАЛ-ЖАБДЫҚТАРЫН ТОТ БАСУДАН ҚОРҒАУ ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

С.Т. АЛМАГАМБЕТОВА<sup>1</sup>, С.О. АБИЛКАСОВА<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Алматы технологиялық университеті, Қазақстан, Алматы)  
E-mail: s.almag@mail.ru

*Мақалада технологиялық агрессивті орталарда тағам өнеркәсібі құрал-жабдықтарының тоттануға беріктілігіне өсімдік шикізаты негізіндегі ингибиторлардың әсері қарастырылған. Тағам өндірісі құрал-жабдықтарын тоттанудан қорғаудағы концентраттың қолданылуы бойынша технологиялық шектеулер негізінде ұсыныстар беру үшін ингибиторлардың жұмыс ортасында әсер ету эффектісі зерттелген. Тағам өндірісі саласындағы құрал-жабдықтарды тоттанудан қорғау үшін ингибиторды қолдану мүмкіндігі бойынша ұсыныстар берілген.*

**Негізгі сөздер:** ингибиторлар, металдардың коррозиясы, коррозиялық белсенділік, ерітінділер, тағам өнеркәсібі.

## RESEARCH OF METHODS OF PROTECTION AGAINST CORROSION OF THE FOOD EQUIPMENT

S.T. ALMAGAMBETOVA<sup>1</sup>, S.O. ABILKASOVA<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Almaty Technological University, Kazakhstan, Almaty)  
E-mail: s.almag@mail.ru

*The article deals with the impact of inhibitors based on vegetable raw materials on the corrosion resistance of food industry equipment in aggressive technological environments. The effect of the concentrate inhibitor's influence in the working environment on the basis of technological regulations was studied to justify recommendations on the use of this concentrate in protecting food equipment from corrosion. Recommendations are given on the possibility of using this inhibitor to protect food industry equipment from corrosion.*

**Key words:** inhibitors, corrosion of metals, corrosion activity, solutions, food industry.

### **Введение**

В настоящее время для Казахстана, как и для стран СНГ в целом, весьма актуальна проб-

лема коррозии металлоконструкций и оборудования, контактирующих с нейтральными водными средами. При этом скорость внутренней

коррозии трубопроводов составляет от 0,2-0,8 мм/год, без использования защитных мероприятий срок их службы составляет менее 10-12 лет. Для типовых конструкционных сталей без защиты скорость коррозии составляет 0,2-0,5 мм/год. Стоимость заменяемых металлических конструкций и механизмов или их частей, стоимость коррозионностойких металлов и сплавов, применяемых вместо материалов, имеющих те же механические свойства, но нестойких к коррозии, стоимость различных видов защиты от коррозии, а также расходы, связанные с простым оборудованием во время замены части машины или аппарата, разрушаемых коррозией, с загрязнением выпускаемых изделий продуктами коррозии влекут за собой экономические потери [1].

Решить данную проблему можно несколькими методами. Ингибиторы вводятся в коррозионно активную среду в небольших количествах, снижают скорость коррозии и уменьшают ее опасные последствия. Применение ингибиторов, по сравнению с другими методами защиты от коррозии, имеет ряд преимуществ, так как не требует перестройки существующей технологической схемы производства и больших капитальных вложений, а также позволяет использовать дешевые конструкционные металлы вместо специальных. Ингибиторы коррозии нашли широкое применение:

- для кислотных промывок оборудования от различного рода минеральных отложений, накипи, что позволяет значительно увеличить теплопередачу;

- в промышленном и бытовом водообеспечении;

- в пищевой промышленности во время очистки оборудования сахароваренных заводов, емкостей, предназначенных для хранения и перевозки молочных и других пищевых продуктов;

- в охлаждающих системах оборудования и транспортных средств, для защиты от атмосферной коррозии изделий машиностроения, при гидроиспытаниях [1].

Оборудование пищевой промышленности используется в условиях влияния коррозионно активной среды с постоянно меняющимися физическими и химическими свойствами, абразивных частиц и множества технологических факторов, таких как температура, давление, скорость движения среды, механические и гидродинамические нагрузки.

В связи с означенным, конструкционные материалы подвергаются коррозионно абразив-

ному износу, которое способствует резкому снижению срока использования оборудования, вызывает огромные невозвратные потери стали и большие затраты, они связаны с проведением трудозатратных ремонтных работ. Косвенные потери, связанные с нарушением технологии и потерями перерабатываемых продуктов в производстве, значительно превосходят расходы из-за потерь разрушенного металла, необходимости регулярного проведения ремонтных работ, стоимости отдельных видов пищевого оборудования [2].

Важным резервом усиления коррозионной стойкости стали, применяемой для производства технологического пищевого оборудования, является поиск, исследование, разработка, внедрение противокоррозионного ингибирования. Так как аппараты, машины, механизмы и коммуникации пищевого производства после очистки, дезинфекции подвергаются влиянию коррозионно активных технологических сред, при этом введение ингибирующих добавок в пищевые продукты исключено в связи с особыми требованиями, регламентированными государственными стандартами по изготовлению продуктов и санитарными нормами, большое значение приобретает влияние ингибиторов коррозии путем сохранения защитного воздействия в течение долгого времени после обработки поверхности стали.

Проведен анализ предложенных к использованию в пищевой промышленности ингибиторов коррозии, таких как ЧМ, КС, ХОСП-10 «Unicol», КПИ-3 для снижения агрессивности дезинфицирующих и моющих средств в процессе обработки оборудования, который показал: большинство из них по токсикологическим показателям не в полной мере соответствуют требованиям санитарной гигиены и экологической безопасности. Разработка ингибиторов коррозии на основе сырья биологического происхождения является актуальной проблемой.

Целью работы является изучение воздействия ингибиторов на основе растительного сырья на повышение коррозионной стойкости оборудования пищевой отрасли в технологических агрессивных средах.

#### **Объекты и методы исследований**

Объект исследования – коррозионная стойкость пищевого оборудования.

Методы исследования – теоретический, метод сопоставления и анализа качественных и количественных показателей.

Международные стандарты ISO/TR 10271:1993(E) требуют, чтобы металлические

изделия, используемые во внутреннем и внешнем контакте с организмом человека, должны

проходить проверку на уровень выхода ионов металлов в моделируемую среду.

Таблица 1 - Компоненты коррозионностойкой износостойкой стали

№	Компоненты	Масс. %
1	Углерод	0,03 - 0,1
2	Кремний	0,01 - 0,08
3	Марганец	14 – 19
4	Хром	14 – 17
5	Никель	0,2 - 1,0
6	Медь	0,8 - 1,2
7	Молибден	0,5 - 1,5
8	Азот	0,17 - 0,26
9	Железо и примеси	остальное

Использована малоуглеродистая сталь марки Ст 3, которая является одним из наиболее часто используемых конструкционных материалов для изготовления различного вида оборудования пищевой промышленности. Данная марка стали широко применяется в производстве сахара и кондитерских изделий - это лопасти и корпуса диффузионных аппаратов, сетки и рамки дисковых фильтров, трубопроводы подачи диффузионного сиропа и сока; в производстве спирта и ликероводочных изделий в виде резервуаров для хранения спирта, корпусов бродильных чанов, сортировочного и напорного чанов, трубопроводов для подачи спирта, смесителей мелассы и т.д. При этом сталь марки Ст 3 является материалом с невысокой коррозионной стойкостью в ряде сред пищевого производства, поэтому зачастую требуется защита от коррозии.

При исследовании использованы растворы органических кислот, таких как лимонная, винная, уксусная, а также соляная кислота как дезинфектор, спирт этиловый, вино виноградное, сироп сахарный. Оценивалась противокоррозионная эффективность ингибиторов на основе растительного сырья - РС на основе рапса и ГС на основе горчицы. Данные ингибиторы экологичны, сырьевая база достаточно доступна, имеются О-, N-, и S-содержащие соединения в составе сырья, способные к образованию комплексов с оксидами и атомами железа, что способствует созданию условий формирования пассивного состояния поверхности стали.

Испытания проводились гравиметрическим методом, использованы образцы стали Ст 3 в виде пластинок размером 51,3x25,3x3,2 мм.

Скорость коррозии оценивалась по следующей формуле:

$$K_r = (m_1 - m_2) / St,$$

где:  $K_m$  - скорость коррозии, г/(м<sup>2</sup>час);  $m_1$  - масса образца до испытания, г;  $m_2$  - масса образца после испытания, г;  $S$  - площадь поверхности образца, м<sup>2</sup>;  $t$  - длительность исследования, час.

Температура растворов составила 293<sup>0</sup>-333<sup>0</sup>К. Температура растворов поддерживалась при помощи термостата ТГУ, погрешность составила ± 0,5<sup>0</sup>С.

#### **Результаты и их обсуждение**

Пластины стали марки Ст 3 обработали дезинфицирующим раствором 1 н соляной кислоты с добавлением ингибиторов в оптимальной концентрации: ГС - 0,3 г/л, РС - 0,2 г/л, в пересчете на действующее вещество в определенный период времени. Дезинфицированную пластинку погрузили в коррозионно активную рабочую среду без ингибитора, затем выдержали. Пластинку промыли водой, взвешивали, затем рассчитали степень защиты от коррозии. Противокоррозионный эффект проявляется на основе наличия пленки на поверхности стали, которая образовалась при адсорбции ингибитора. Результаты исследования эффективности ингибиторов ГС и РС при температуре 293<sup>0</sup>К в 1 н растворах кислот при экспозиции в течение 2 часов представлены в таблице 2 и на рисунке 1.

Максимально возможная степень защиты проявилась после выдержки образцов стали Ст 3 в ингибированном растворе дезинфектора в течение часа, так как увеличение экспозиции не оказало большого влияния на эффект воздействия.

Таблица 2 - Эффект воздействия ингибиторов ГС и РС на образцы стали марки Ст 3 в 1 н растворе кислот (при периоде выдержки в ингибированном растворе дезинфектора - 1 час)

Кислота	K <sub>т</sub> , г/(м <sup>2</sup> час)			Zm, %	
	Без ингибитора	ГС	РС	ГС	РС
Соляная	4,121	2,039	2,241	50,5	45,6
Винная	1,823	0,794	0,887	56,4	51,3
Лимонная	1,795	0,766	0,863	57,3	51,9
Уксусная	0,744	0,257	0,295	65,3	60,2

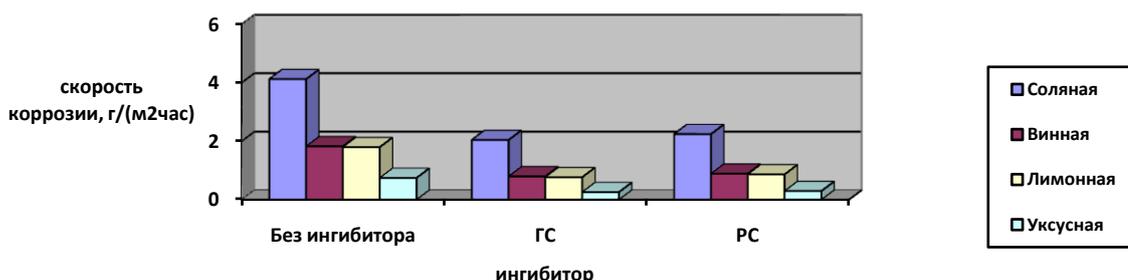


Рисунок 1 - Эффект воздействия ингибиторов ГС и РС на образцы стали марки Ст 3 в 1 н растворе кислот

Ингибитор ГС снизил скорость коррозии стали в 2,02-2,88 раза в зависимости от используемой кислоты, ингибитор РС – снизил в 1,84-2,51 раза. Наибольший уровень защиты стали Ст 3 наблюдаем в уксусной кислоте, наименьший - в кислоте соляной.

Обработка оборудования кислотными дезинфекторами на объектах пищевой отрасли осуществляется в разные периоды и с разной интенсивностью, это зависит от вида производственных процессов, консистенции, свойств, состава используемого сырья для производства готовой продукции и характеристики конструкционного материала, из которого было изготовлено оборудование. Время дезинфекционной обработки составляет от 10 до 20 минут. Анализ результатов исследований показал, что в целях обеспечения защиты пищевого оборудования в производственных условиях, на основе технологических требований и регламентов, необходимо повысить эффективность защитного воздействия после обработки поверхности стали дезинфицирующим раствором с ингибиторами ГС и РС.

Литературный обзор показал, что использование ингибирующих добавок по отдельности оказалось менее эффективно, чем применение

синергических ингибирующих композиций. Ингибитор МГ является модифицированным растительным маслом, оно имеет биоцидные и бактерицидные свойства, обеспечивает высокую эффективность противокоррозионной защиты конструкционных сталей в нейтральных и кислых средах (Z = 93,0-99,8 %), применяется для улучшения защитных и физико-механических свойств покрытий [3-9].

При использовании комбинированного ингибитора в пропорции 4 к 1, наблюдается более высокая эффективность защиты от коррозии по сравнению с ингибиторами ГС и МГ. Результаты показали, что проявился эффект синергизма при совместном использовании ингибиторов ГС и МГ.

Результаты исследования эффекта воздействия концентрации ингибиторов ГС и МГ на стали марки Ст 3 в 1 н растворах кислот представлены в таблице 3 и на рисунке 2 (время выдержки в ингибированном растворе дезинфектора составило 20 минут). При использовании концентрата ингибитора скорость коррозии стали снизилась в 3,12-5,09 раза в зависимости от вида кислоты, а при использовании ингибитора МГ - в 1,39-1,71 раза.

Таблица 3 - Эффект воздействия ингибиторов концентрата и МГ на образцы стали марки Ст 3 в 1 н растворах кислот (период экспозиции составил 2 часа, при температуре 293<sup>0</sup>К)

Кислота	K <sub>г</sub> , г/(м <sup>2</sup> час)			Zm, %	
	Без ингибитора	Концентрат	МГ	Концентрат	МГ
Соляная	4,021	1,329	2,966	68,0	28,0
Винная	1,823	0,435	1,182	76,1	35,1
Лимонная	1,795	0,433	1,137	75,8	36,6
Уксусная	0,744	0,145	0,435	80,4	41,4

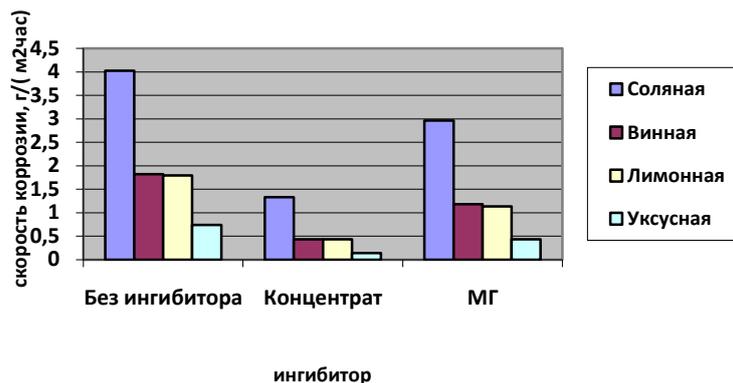


Рисунок 2 - Эффект воздействия ингибиторов концентрата и МГ на образцы стали марки Ст 3 в 1 н растворах кислот

### Заклучение

Таким образом, проведено изучение противокоррозионной активности ингибиторов ГС, РС и их концентрата на эффект воздействия в определенных средах пищевых производств с различной агрессивностью. В соответствии с технологическим регламентом, после выдержки образцов в ингибированном растворе соляной кислоты в течение 20 минут, степень противокоррозионной защиты ингибитора концентрата в пищевых средах находится на достаточно высоком уровне, что позволяет рекомендовать концентрат для защиты механизмов предприятий пищевой отрасли от коррозии путем введения в дезинфицирующий раствор.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алмагамбетова С.Т., Абилкасова С.О., Дауметова С.Т., Калимолдина Л.М. Способы антикоррозионной защиты пищевого оборудования / Материалы международной научно-практической конференции «Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства». Алматы: АТУ, 29-30 октября 2015. - С. 166-168.
2. Chang, S.P., Wang, Y. S. Cavitation performance research of mixed-flow pump based on CFD // Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering, 2012, N. 30(2) - PP. 171-176.
3. Deng, T., Bradley, M.S A. Determination of a particle size distribution criterion for predicting dense phase pneumatic conveying behavior of granular and powder materials // Powder Technology, 2016.-Vol. 304 - PP. 32-40.
4. Breadmaking: Improving Quality / ed. by S. P. Cauvain. - 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2012. – 832 p.
5. Гусева Е.А., Константинова М.В., Гусев А.О. Пути повышения надежности промышленного оборудования // Вестник ИргТУ. - 2013. - № 10. С. 218-224.
6. Сизая О.И., Савченко О.Н., Квашук Ю.В., Королев А.А. Влияние продуктов переработки растительного сырья на коррозионно-электрохимическое поведение стали в пищевых производствах // Вопросы химии и химической технологии. - 2011. - № 4 (2). - С. 179-182.
7. Кириллов В.В. и др. Проблема коррозии технологических аппаратов пищевых производств / В.В. Кириллов, А.Я. Эглит // Научный журнал НИУ ИТМО, Серия «Холодильная техника и кондиционирование», 2013. - №2. - С. 1- 6.
8. Березина С.Л. Теоретические основы коррозионных процессов: учебное пособие / С.Л. Березина, А.М. Голубев, Н.Н. Двудличанская. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. - 72 с.
9. Britton S.C. Report on Meeting: Corrosion Problems in the Food Industry // British Corrosion Journal, 1976, Volume 11. - Issue 1. Published Online: 18 Jul 2013. - PP. 9–10.