

3. Березін Л.М. Імовірнісний розрахунок довговічності селекторів по критерію втомленісної міцності // Вісник КНУТД. – 2006. – № 3. – Т.29. – С.35-41.
4. Волощенко В.П., Пипа Б.Ф., Шипуков С.Т. Эксплуатационная надежность машин трикотажного производства. – К.: Техніка, 1977. – 136с.
5. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. Надежность машин: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1988. – 238с.
6. Когаев В.П., Дроздов Ю.Н. Прочность и износостойкость деталей машин. – М.: Высшая школа, 1991. – 319 с.
7. Березін Л.М., Барилко С.В., Кошель С.О. Розрахунки довговічності по критерію втомленої міцності стержньових елементів панчішно-шкарпеточних автоматів // Вісник КНУТД. – 2008, № 5. – Т.43. – С. 23-26
8. Амро М., Волощенко В.П. Исследование нагруженности механизма рисунка чулочных автоматов ОЗД // Изв.вузов. Технология лег.пром-сти. – 1981. – № 2. – С. 92-94

Надійшла 3.3.2009 р.

УДК 621.891

М.А. ФАРАДЖАЛЛАХ

Национальный Авиационный Университет, г. Киев

С.С. БЫСЬ

Хмельницкий национальный университет

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ДЕТОНАЦИОННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ В УСЛОВИЯХ ВАКУУМА

Рассмотрены и проанализированы экспериментальные результаты сопротивления износу композиционных покрытий на основе карбида кремния в условиях вакуума. Показано, что данные покрытия являются перспективным износостойким материалом для узлов трения при эксплуатации в условиях вакуума.

The experimental results of resistance to the wear of composition coverages on the basis of carbide of silicon in the conditions of vacuum are considered and analyzed. It is shown that these coverage's are perspective wearproof material for the knots of friction during exploitation in the conditions of vacuum.

В соответствии с современными положениями науки о трении и изнашивании триботехнические параметры, характеризующие контактное взаимодействие, определяются, главным образом, состоянием и свойствами поверхностных слоев, и в общем комплексе мероприятий, направленных на разработку методов повышения эффективности эксплуатации триботехнических систем, важное значение приобретают технологии поверхностного упрочнения.

Сегодня их разработка и применение – тот фокус, в котором собираются усилия ученых, специалистов, организаторов производства, и уровень реализации их практических возможностей стал обобщающей характеристикой степени развития страны [1, 2].

Нанесение детонационных покрытий – один из современных технологических методов повышения износостойкости. Однако, при выборе материала для напыления, исходя из реальных условий эксплуатации, необходимо учитывать технико-экономические ограничения, обусловленные требованиями производства, в частности, расход дефицитных и дорогостоящих компонентов, например, вольфрама, кобальта, никеля [3].

В данном исследовании, включающем разработку и триботехнические испытания композиционных покрытий, реализована программа, включающая в общем случае комплекс фактов (скорость скольжения, температуру и др.); теоретические положения, обосновывающие сопротивление изнашиванию поверхностного слоя, рассматривались с позиций структурно-энергетической теории трения и износа [4], напыление покрытий осуществлялось на установке типа «Днепр-3» по технологии, изложенной в работе [5]. Склонность детонационных покрытий к схватыванию, степень их трибоактивации оценивались по интенсивности износа в вакууме. При таких условиях оксидных пленок на поверхностях трения, вследствие недостаточной пассивирующей способности среды, практически не образовывалось и в результате осуществлялся непосредственный контакт трибоактивированных поверхностей [6, 7].

Качественные изменения процесса трения в связи с разряжением воздуха обуславливают значительные количественные изменения, которые зависят от скорости скольжения и находят свое выражение, прежде всего, в тенденции к уменьшению износостойкости.

При исследовании процессов трения и изнашивания детонационных покрытий из композиционных порошков на основе карбида кремния для сравнения при таких же условиях и по аналогичным программам испытывались образцы, напыленные порошками нержавеющей аустенитной стали и вольфрамсодержащем сплавом типа ВК15. Толщина детонационных покрытий после доводки составляла 0,18...0,22 мм, шероховатость рабочей поверхности Ra=0,63...0,32. Изучение физико-химических свойств покрытий, микрофазовый анализ проводились с помощью электронного сканирующего микроскопа «Camscan».

Изучение зон локализации структурных составляющих и количественный химический анализ осуществлялись методами качественного и последующего количественного рентгеновского дисперсионного энергетического анализа на установке «Link-860».

Результаты, полученные при испытаниях на износостойкость детонационных покрытий в условиях вакуума, представлены на рис. 1.

Из сравнения кривых видно, что интенсивность изнашивания детонационного покрытия на основе карбида кремния (кривая 5) несколько ниже, чем у вольфрамсодержащего покрытия ВК15 (кривая 4), и практически постоянна по всем диапазонам скоростей скольжения. Для покрытия на основе нержавеющей стали (кривая 3) наблюдается изменение интенсивности изнашивания в зависимости от скорости скольжения. При малых скоростях скольжения (до 0,1 м/с) развивается процесс схватывания, вызванный атермической пластичностью и отсутствием достаточно прочных защитных пленок.

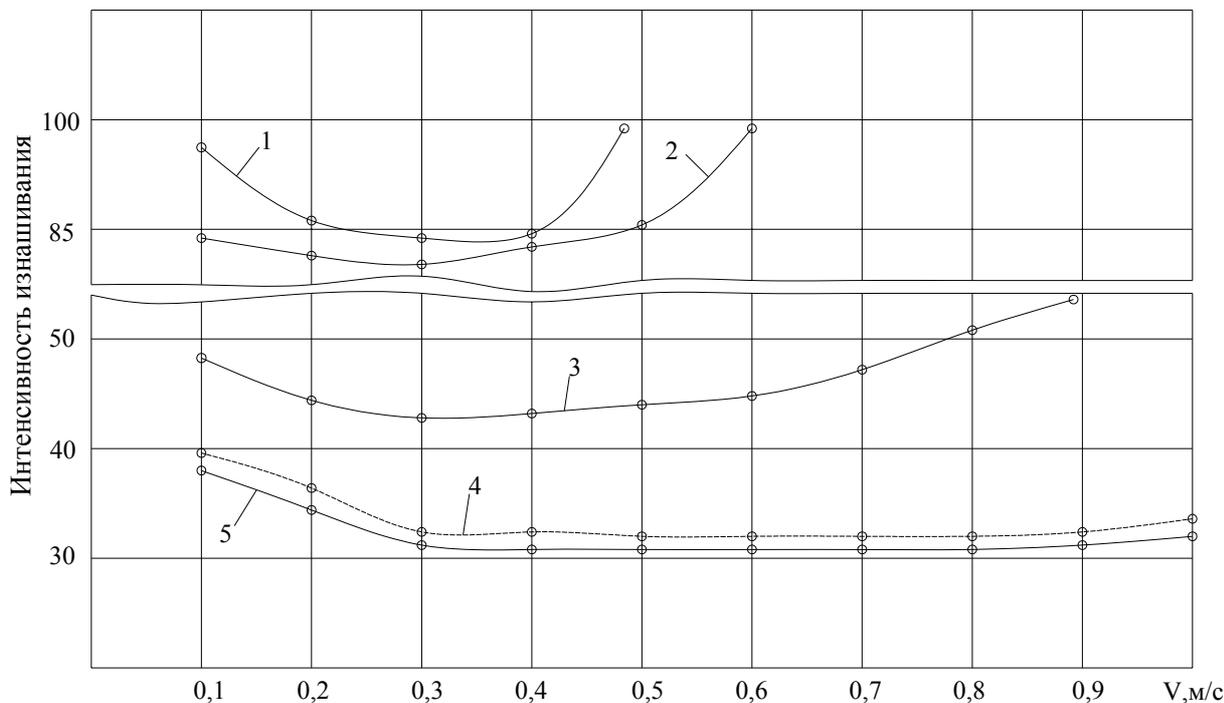


Рис. 1. Зависимость интенсивности изнашивания от скорости скольжения: 1 – закаленной стали 45; 2 – закаленной стали 30ХГСА; 3 – покрытия на основе нержавеющей аустенитной стали; 4 – покрытия из твердого сплава ВК15; 5 – покрытия на основе карбида кремния

При увеличении скорости до 0,5 м/с повышение температуры в зоне контакта приводит к увеличению пластичности и снижению прочности тончайших поверхностных слоев, в связи с чем происходит локализация процесса разрушения в этих слоях и интенсивность изнашивания схватыванием 1-го рода (атермическое схватывание) уменьшается. Кроме этого, надо учитывать и то обстоятельство, что даже в вакууме имеется определенное количество кислорода, которое при данных условиях трения и термическом состоянии поверхностных слоев может образовывать тончайшие пленки продуктов взаимодействия с кислородом, в некоторой степени предохраняющих трущиеся поверхности от интенсивного развития процессов схватывания.

Влияние скорости скольжения на параметры трения в условиях вакуума рассматриваются в ряде работ [8, 9]. В работе [10] в частности отмечается взаимосвязь механических свойств материалов с температурой на поверхности. Аналогичные предположения высказываются в работах [7, 11]. Согласно которым, основное воздействие скорости скольжения на износ заключается в повышении температуры в точках контакта, и фактор температуры в силе характера теплопередачи, обусловленного вакуумом, выявляется резче.

Механизм взаимодействия при изнашивании схватыванием в условиях вакуума выражается в возникновении металлических связей между контактирующими участками поверхностей, причинами чего служит большая пластическая деформация поверхностных слоев, образование текстуры с благоприятным расположением кристаллографических плоскостей, обнажением ювенильных поверхностей и их сближение. Контакт активированных ювенильных поверхностей вызывает процессы взаимной диффузии атомов сопряженных металлов, в результате чего достигается метастабильное состояние: образуются локальные узлы схватывания. Силы трения при этом определяются микрорельефом поверхностей, площадью фактического контакта и прочностью возникших металлических связей.

Однако такая интерпретация для некоторых реальных пар трения не полностью описывает сущность процесса, несколько упрощает его. В зависимости от свойств материала и конкретных параметров трения в зоне контакта реализуются те или иные конкурирующие физико-механические процессы. И

возможен такой комплекс условий, когда свойства материала и его структура становятся определяющими, и характер износа резко изменяется.

Одним из путей упрочнения пластически деформируемых материалов может быть создание без дислокационной структуры, либо введение препятствий на пути движения дислокаций [12]. Свойства материалов, обладающих ультра мелким зерном, представляют интерес с этой точки зрения.

Результаты экспериментов и развиваемая концепция не противоречат диаграмме И.А. Одингга о зависимости прочности от плотности дислокаций [13]. Эта зависимость между структурой и свойствами кристаллических тел основана на представлениях о прочности, как о характеристике сопротивления перемещению дислокаций.

В работе П.А. Ребиндера [14] доказывается, что возможность повышения прочности любого твердого тела почти до теоретических значений состоит в измельчении его частиц до величины, соответствующих расстояниям между опасными слабыми местами. В таких частицах почти нет дефектов (все они раскрылись). Вероятность появления новых дефектов крайне невелика [14]. Если такие «бездефектные» частицы плотно «упаковать», то полученный материал будет высокопрочным и долговечным [14].

Детонационный метод, как известно, позволяет использовать для нанесения покрытий разнообразные материалы, которые применяются в виде порошков.

Размер частиц напыляемого порошка, его гранулометрический состав оказывают большое влияние на процесс напыления и свойства получаемого покрытия. Именно структурное состояние покрытия, количество дефектов тонкой структуры обуславливают, главным образом, сопротивление изнашиванию.

В технологическую схему производства порошковых материалов для детонационного напыления, входят процессы как подготовки, приготовления шихты, химико-термической обработки, так и процессы дробления, размола и классификации полученных частиц.

Исходя из основных положений механо-химической гипотезы трения, технология приготовления порошков для напыления, надо полагать, оказывает влияние на уровень их трибоактивирования, так как при диспергировании композита осуществляются процессы дробления и размола. Таким образом путем механического воздействия на частицы порошка при диспергировании, процесс последовательного измельчения частиц до размеров основной фракции, по всей вероятности, осуществляется по направлениям наибольших скоплений несовершенств и дислокаций, что приводит в конечном результате к минимуму несовершенств в частицах основных фракций, готовых к напылению.

Также упрочнение, вызванное обработкой, обуславливается еще и тем, что во время этой операции на пути движения дислокаций возникают препятствия, уменьшающие длину их свободного скольжения. В целом препятствия для распространения скольжения увеличиваются с увеличением, как известно, числа границ зерен, и уровень прочности таким образом, повышается. Уменьшение размера зерна вызывает увеличение предела текучести и напряжения течения в соответствии с известным уравнением Холла-Петча [15].

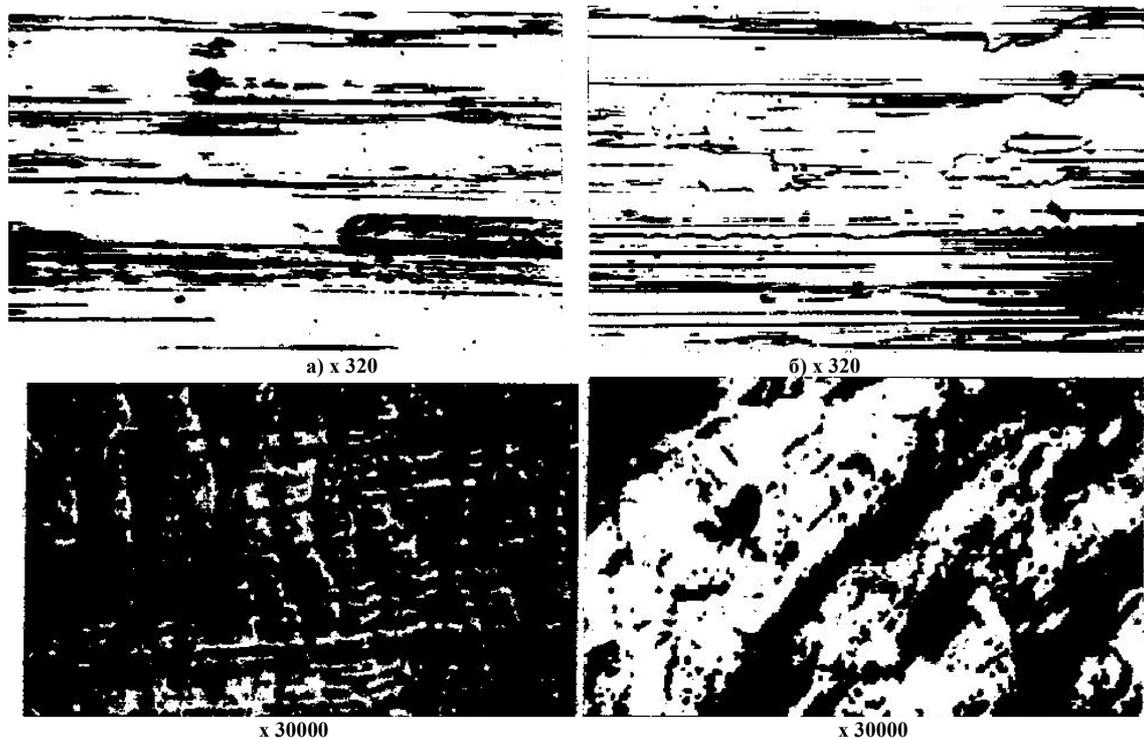


Рис. 2. Вид поверхностей трения покрытий на основе карбида кремния, испытанных при: а – 100 °С; б – 250 °С.

В работе [16] отмечается влияние гранулометрического состава на антифрикционные свойства образцов, полученных методом двукратного прессования и спекания материала на основе железа.

Увеличение степени дисперсности порошков в четыре раза уменьшает износ и в полтора – два раза коэффициент трения.

Высокое сопротивление изнашиванию оказывает покрытие из легированного карбида кремния (кривая 5). Для него характерно незначительное увеличение интенсивности изнашивания в диапазоне скоростей 0,7 м/с, 0,8 м/с. По данным рентгенофазового анализа твердая фаза покрытия, представляющая собой мелкодисперсную смесь, содержит также алюминиды хрома типа Cr_2Al и Cr_5Al_8 . высокая термическая стойкость которых и значительная «эластичность» кристаллической решетки [17] во многом определяет сопротивление изнашиванию. Особым их преимуществом является также возможность использования в вакууме, вследствие того, что они имеют низкую упругость паров [18]. Металлографический анализ и профилограммы поверхностей трения (рис. 2 и 3) свидетельствует о том, что в условиях трения во всем диапазоне скоростей скольжения в вакууме почти полностью отсутствует разрушение поверхностных слоев. Отдельные очаги схватывания, возникающие в этих условиях, локализуются в тончайших поверхностных слоях.

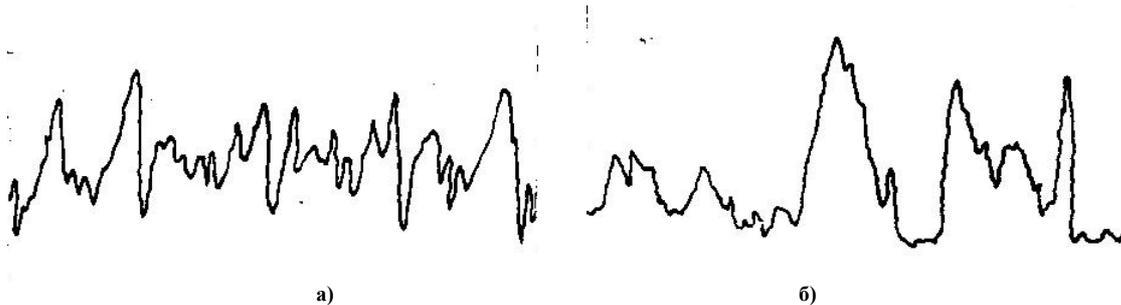


Рис. 3. Профилограммы поверхностей трения покрытий на основе карбида кремния, испытанных при: а – 100 °С; б – 250°С; ВУ х 1000; ГУ х 40

Высокая износостойкость покрытия, представляющего собой композицию на основе карбида кремния, легированного Al_2O_3 и Cr_2O_3 , при этом как установлено, мелкодисперсные фазы тормозят процесс движения и развития дислокаций, и таким образом уменьшают вероятность образования точечных дефектов, а следовательно, понижают степень активации, тем самым повышая стойкость против схватывания.

Обобщая экспериментные результаты, отметим, что покрытия на основе карбида кремния в условиях вакуума, когда пассивирующая способность среды недостаточна для образования и регенерации защитных пленок, то структурная приспособляемость обеспечивается за счет внутренней перестройки структуры поверхностных слоев, а также взаимодействием с материалом контртела. Исследовано влияние температурного фактора на характер изнашивания покрытий, показано, что температура в зоне контакта оказывает непосредственное воздействие на механические свойства поверхностных слоев и определяет основные закономерности протекания теплофизических процессов.

Таким образом, исследуемые детонационные покрытия на основе карбида кремния являются перспективным износостойким материалом для узлов трения при эксплуатации в условиях вакуума.

Литература

1. Інженерія поверхні / К.А.Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М. Корж. К.: Наукова думка, 2007-557 с.
2. Харламов Ю.А. Детонационно-газовые процессы в промышленности. – Луганск: Изд-во ВУГУ, 1998-223 с.
3. Харламов Ю.А. Основы технологии восстановления и упрочнения деталей машин. Луганськ: 2001-496 с.
4. Поверхностная прочность материалов при трении / Под ред. Б.И. Костецкого. К.: Наукова думка, 1986-296 с.
5. Щепетов В.В., Волхов А.М. Повышение износостойкости детонационных покрытий путем оптимизации режимов напыления // Трение и износ. – 1990. – том 11. – № 5. – С. 844-848.
6. Теория и практика газопламенного напыления / П.А. Витязь, В.С. Ивашко, Е.Д. Манойло и др. – Минск: Наука і техника, 1999. – 296 с.
7. Материалы для узлов сухого трения, работающих в вакууме / Под общ. ред. В.В. Козлина – М.: Машиностроение, 1991. – 192 с.
8. Крагельский И.В., Любарский И.М., Гуляков А.А. Трение и знос в вакууме. М.: Машиностроение, 1987. – 216 с.
9. Кадыров В.Х., Котляренко Л.А., Щепетов В.В. и др. Износостойкость в условиях вакуума детонационных покрытий, содержащих твердую смазку // Порошковая металлургия. – 1998. – № 12. – С. 64-66.
10. Гамуля Г.Д., Островская Е.Л., Юхно Т.П. Триботехнические свойства материалов, предназначенных для работы в экстремальных условиях // Порошковая металлургия. – 2001. – № 3/4 – с. 47-52.

11. Трение и изнашивание при высоких температурах / Под общ. ред. А.П. Семенова. М.: Наука, 1983 – 134 с.
12. Трефилов В.И., Мойсеев В.Ф. Дисперсные частицы в тугоплавких металлах: К.: Наукова думка; 1988 – 240 с.
13. Одинок И.Л. Допустимые напряжения в машиностроении. М.: Машиностроение, 1978 – 259 с.
14. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика – М.: Знание, 1978 – 38 с.
15. Авербах Б.Л. Некоторые физические аспекты разрушения. – М.: 1999 – 147 с.
16. Францевич И.Н. Новые тенденции в разработке сверхпрочных и жаропрочных материалов // Порошковая металлургия, 2002. – № 9/10 – с. 11-30.

Надійшла 3.3.2009 р.

УДК 677.044.132

А.Я. ГАНЗЮК, О.І. КУЛАКОВ
Хмельницький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПРИРОДНОМУ І КИСЛОТНО АКТИВОВАНОМУ САПОНІТІ

Досліджено сорбційні властивості сапоніту по відношенню до органічних барвників різної хімічної будови. Показано, що природний сапоніт має високі сорбційні властивості по відношенню до катіонного і основного барвників, а погані по відношенню до аніонного барвника. Саме з метою підвищення сорбційних властивостей природного сапоніту проводили його активацію.

Sorbing characteristics of saponite in relation to organic dyestuff of various chemical structures have been investigated. High sorbing characteristics in relation to cation and basic dyestuff and low sorbing characteristics in relation to anionic dyestuff have been shown. The activation of natural saponite with the purpose of increasing its sorbing characteristics has been conducted.

Вступ. Сапоніти відносять до мінеральних ресурсів. Мінерал – це однорідне природне тіло, яке володіє визначеними фізичними властивостями і відносно постійним складом, який утворився в результаті геологічних процесів [1– 3]. Мінерали можуть бути аморфними або кристалічними. В аморфних мінералах частинки (атоми, іони, молекули) розташовані хаотично, а в кристалічних вони з'єднані закономірно в кристалічну решітку. Більшість мінералів є кристалічними сполуками. Однак, далеко не завжди мінерали можна розрізнити за допомогою мікроскопа, а форма їх дуже часто не відповідає ідеальній. Це пояснюється тим, що мінерал сприймає численні деформації зі всіх сторін, що приводить до спотворення їх форми. Численні приклади кристалічних мінералів надані в літературі [2– 3]. Сапоніти відносять до 9 групи мінералів – групи силікатів і алюмосилікатів. Це найважливіший клас мінералів, представники якого разом із кварцом складають 95 % від маси земної кори. Третю частину відомих мінералів відносять до групи силікатів і алюмосилікатів. Силікати і алюмосилікати ділять за будовою кристалічної решітки на наступні підкласи: а) островні; б) кільцеві; в) ланцюгові; г) стрічкові; д) шарові; е) каркасні.

Постановка завдання. Дослідження адсорбційних властивостей природного сапоніту проводили шляхом вивчення адсорбції із водних розчинів барвників різних класів – прямого яскраво-оранжевого, катіонного синього 4К і метиленового блакитного. Перший барвник в розчині утворює від'ємно заряджений іон, а інші – позитивно заряджені іони. З літературного огляду відомо, що глинисті мінерали утворюють так звані поглинаючі комплекси з від'ємним зарядом. Тому можна було очікувати невеликої адсорбції сапонітом прямого яскраво-оранжевого. В таблиці 1 наведені дані по адсорбції природним сапонітом барвника прямого яскраво-оранжевого із його водних розчинів. Для адсорбції взято по 2 г сапоніту і 25 мл розчинів барвника.

Таблиця 1

Адсорбція природним сапонітом барвника прямого яскраво-оранжевого

№ колби	C_0 , ммоль/л	C_K , моль/л	ΔC , ммоль/л	$m_{\text{барв.}}$, ммоль/25 мл	$A_{\text{барв.}}$, ммоль/г
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,10	0,00062	0,09938	0,00248	0,00121
3	0,15	0,01090	0,13910	0,00595	0,00174
4	0,25	0,01191	0,23809	0,00595	0,00298
5	0,40	0,01456	0,38544	0,00964	0,00482
6	0,50	0,02009	0,47991	0,01200	0,00600
7	0,70	0,03861	0,66139	0,01653	0,00837
8	0,9	0,04967	0,85033	0,02126	0,01063
9	1,00	0,05588	0,94462	0,02362	0,01181
10	1,11	0,09687	1,00313	0,02508	0,01254
11	1,20	0,17693	1,02307	0,02558	0,01279