


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)


Факультет инженерно-физический  
Кафедра стартовые и технические ракетные комплексы  
Направление подготовки 24.03.01 – Ракетные комплексы и космонавтика  
Направленность (профиль) образовательной программы – Ракетно-космическая техника

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Зам. зав. кафедрой  
 В.В. Соловьев  
« 15 » июня 2021 г.


**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему: Проведение восстановительных лакокрасочных работ на стартовом столе


Исполнитель  
студент группы 717-об

 14.06.21 А.В. Костомарова  
(подпись, дата)


Руководитель  
доцент, канд. тех. наук

 14.06.21 В.В. Соловьев  
(подпись, дата)

Консультант по БЖД  
канд. физ.-мат. наук

 14.06.2021 В.Н. Аверьянов  
(подпись, дата)

Нормоконтроль  
ассистент кафедры СИТРК

 14.06.2021 М.А. Аревков  
(подпись, дата)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**(ФГБОУ ВО «АмГУ»)**

Факультет инженерно – физический  
Кафедра стартовые и технические ракетные комплексы

УТВЕРЖДАЮ

Зам. зав. кафедрой

  
подпись И.О.Фамилия

«26» апреля 2021 г.

### ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Костомаровой Анастасии Валерьевны

1. Тема выпускной квалификационной работы: Проведение восстановительных лакокрасочных работ на стартовом столе

учреждена приказом от 05.04.2021 №658 - уч

2. Срок сдачи студентом законченной работы 15.06.2021 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работы: комплект чертежей стартовой системы, документация стартовой системы 373ПУ07


4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов): обзор лакокрасочных материалов и покрытий, анализ контроля качества и существующих методов испытаний лакокрасочных покрытий, обзор технологий нанесения лакокрасочных покрытий, меры безопасности, экономическая часть

5. Перечень материалов приложения: цели и задачи ВКР, чертеж стартовой системы, методика оценки прочности, порядок измерения лакокрасочного покрытия, статическая обработка данных эксперимента, графики зависимости твердости от краски, технологическая карта

6. Консультант по БЖД: Аверьянов В.Н., канд. физ. – мат. наук

7. Дата выдачи задания 26.04.2021 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы: Соловьев В.В., доцент,  
канд. тех. наук

Задание принял к исполнению (дата) 26.04.2021 

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 72 с., 18 рисунков, 22 таблиц, 1 приложение, 12 источников.

### ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ЛАКОКРАСОЧНОЕ ПОКРЫТИЕ, ПРОЧНОСТЬ, КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА, МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ, ТВЕРДОСТЬ, СТАРТОВАЯ СИСТЕМА

Стартовая система (СС) космического центра (КЦ) «Восточный». СС предназначена:

- для установки в нее, удержания при стоянке, подготовке к пуску и пуска РКН «Союз–2» этапов 1а, 1б, 1в с КГЧ, включающими в свой состав автоматические КА, РБ «Фрегат» или БВ «Волга»;

- для размещения на ее конструктивных элементах и подвода к РКН электрических и пневматических коммуникаций;

- для размещения на ее опорном кольце кабель–заправочной мачты и верхней кабельной мачты.

Основная цель – выбор оптимального состава противопопригарных красок при высоких температурах.

Для достижения вышеуказанной цели должны быть решены следующие задачи:

- изучить состав противопопригарных красок;
- изучить виды контроля качества и методы испытаний ЛКП;
- провести анализ оценки прочности краски;
- изучить технологию нанесения ЛКП;
- провести эксперименты по повышению прочности ЛКП.

## СОДЕРЖАНИЕ

Основные обозначения	6
Введение	7
1 Объект исследования	8
1.1 Общие сведения	8
1.2 Состав СС	9
1.3 Технические характеристики	10
1.4 Устройство и принцип действия	11
2 Лакокрасочные материалы и покрытия	16
2.1 Общие сведения	16
2.2 Классификация лакокрасочных материалов и покрытий	17
2.3 Компоненты ЛКМ	18
2.4 Основные свойства ЛКМ и ЛКП	19
2.5 Выбор системы лакокрасочного покрытия	20
3 Анализ контроля качества и методов испытаний лакокрасочных покрытий	25
3.1 Общие сведения	25
3.2 Приборы контроля лакокрасочных покрытий	26
3.3 Методики измерения прочности противопригарных красок при высоких температурах	28
4 Технология нанесения ЛКП	35
4.1 Общие сведения	35
4.2 Подготовка поверхности. Стандарты подготовки поверхности металлов	37
4.3 Способы очистки и обработки металлических поверхностей для нанесения лакокрасочных покрытий	39
4.4 Методы нанесения ЛКМ	44
4.5 Критерии антикоррозионной защиты	47

4.6 Эксперименты по прочности ЛКП	49
Меры безопасности	60
Экономическая часть	68
Заключение	71
Библиографический список	72
Приложение А	73

## ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- СС – стартовая система;
- КЦ – космический центр;
- РКН – ракета космического назначения;
- КГЧ – космическая головная часть;
- КА – космический аппарат;
- РБ – разгонный блок;
- БВ – блок выведения;
- КЗМ – кабель–заправочная мачта;
- ВКМ – верхняя кабельная мачта;
- НУ – направляющие устройство;
- ЛКМ – лакокрасочные материалы;
- ЛКП – лакокрасочное покрытие;
- ПАВ – поверхностно–активные вещества;
- СИЗ – средства индивидуальной защиты;
- ТБ – техника безопасности;
- ПБ – пожарная безопасность.

## ВВЕДЕНИЕ

Лакокрасочная промышленность – это сложный комплекс производства по технологии синтеза, как органического, так и неорганического. Органические вырабатывают лаковые смолы и ЛКМ, а неорганические — минеральные пигменты.

Основное назначение ЛКП заключается в защите дерева от гниения и металла от коррозии. Краски, жидкие лаки, эмали, наносимые на поверхности различных изделий: металлические и деревянные, при высыхании которых, образуются твердые защитные покрытия (пленки), которые предохраняют изделия от разрушающего влияния окружающей среды и повышающие их срок службы.

Одно из важных назначение ЛКМ — это придание изделиям свойства декоративности.

Для металлических покрытий, нанесенные с использованием ЛКП является более долговечным, чем хромированием, никелированием и прочими методами. Для нанесения ЛКП не нужно сложное оборудование, так же они легче восстанавливаются.

Для повышения твердости прочности и прочих свойств ЛКП характерны следующие факторы: качество подготовки поверхности перед окраской, правильный выбор способа окраски и сушки.



# 1 ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

## 1.1 Общие сведения

В данной работе объектом исследования является стартовая система (СС) 373ПУ07 космического центра (КЦ) «Восточный». СС 373ПУ07 предназначена:

- для установки в нее, удержания при стоянке, подготовке к пуску и пуска РКН «Союз–2» этапов 1а, 1б, 1в с КГЧ, включающими в свой состав автоматические КА, РБ «Фрегат» или БВ «Волга»;

- для размещения на ее конструктивных элементах и подвода к РКН электрических и пневматических коммуникаций;

- для размещения на ее опорном кольце КЗМ и ВКМ.

СС обеспечивает возможность проведение следующих штатных операций:

- прием на несущие стрелы веса незаправленной РКН, устанавливаемой в вертикальном положении транспортно–установочным агрегатом, с закреплением в нижней части РКН в НУ, удержание и стоянку РКН на СС, подготовку к пуску и пуск РКН;

- стоянку незаправленной РКН на СС до 7 суток при выполнении штатных работ и до 30 суток в случае возникновения нештатной ситуаций;

- съем незаправленной РКН со СС;

- проведение заключительных операций и проведение работ после пуска РКН, связанных с приведение СС в состояние «Готовность к применению»;

- переход из конфигураций для работы с РКН «Союз–2» этапов 1а, 1б в конфигурацию для работы с РКН «Союз–2» этапа 1в и наоборот.

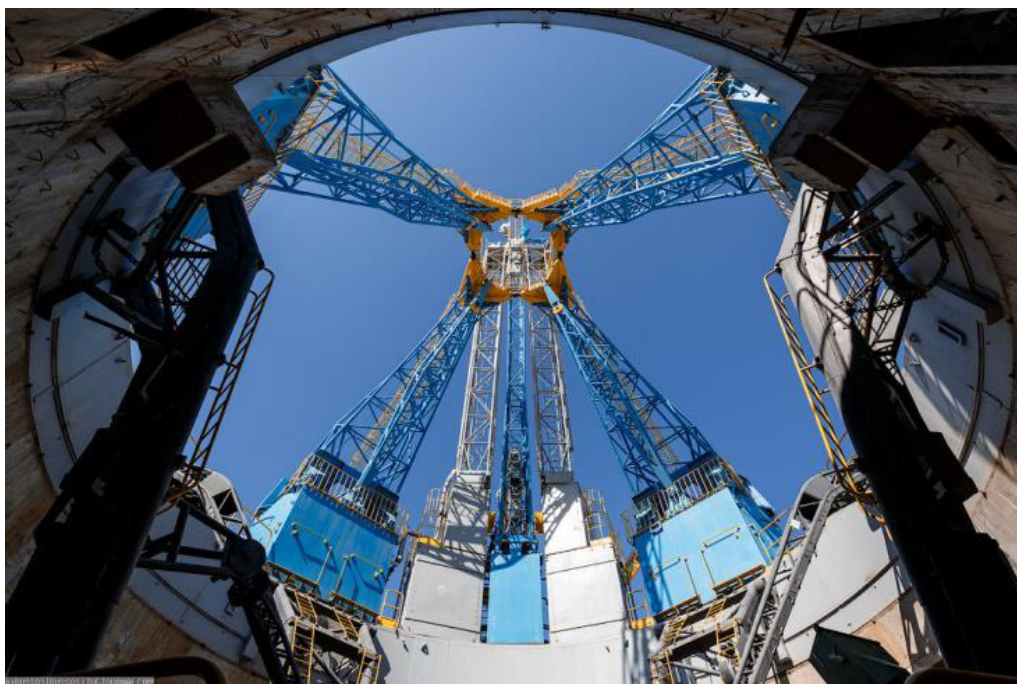


Рисунок 1 – Реальный вид стартовой системы

## 1.2 Состав СС

В состав СС входят следующие основные части:

- опорное кольцо;
- комплект теплозащиты;
- четыре основания;
- комплект ограждений;
- четыре несущей стрелы;
- четыре опорные фермы;
- верхний силовой пояс;
- четыре устройства направляющих;
- верхний силовой пояс;
- две нижние кабельные мачты;
- гидропривод;
- электрогидравлический привод дистанционного управления;
- четыре буфера;
- комплект ловителей;
- комплект оборудования УН для РКН «Союз – 2» этапов 1а, 1б;

- комплект оборудования УН для РКН «Союз – 2» этапов 1в;
- четыре комплекта средств доступа;
- комплект средств заземления;
- электрооборудование СС;
- комплект средств контроля положение РКН;
- силоизмерительное устройство;
- комплект средств крепления датчиков СНИУБСИ;
- комплект устройств укрепления и защиты внешних кабелей;
- комплект реперных знаков;
- комплект закладных элементов.

### **1.3 Технические характеристики**

СС функционирует в любое время суток и года при надлежащих погодных критериях:

- температура воздуха от  $-40$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ ;
- относительная влажность воздуха до 98% при температуре до  $+20^{\circ}\text{C}$ ;
- атмосферное давление, находится в диапазоне от 700 до 780 мм рт. ст.;
- выпадаемых атмосферных осадках (туман, снег, пыль, дождь, град,);
- статической и динамической пыли;
- осредненной скорости ветра на высоте 10 м от поверхности земли до 17 м/с (с учетом порывов до 25 м/с);

– СС обеспечивает проведение штатных работ при следующей скорости ветра, замеренной на высоте 10 мм от поверхности Земли с 2–х минутному периодом осреднения:

– установка (съем) РКН, с помощью ТУА, при средней скорости ветра до 10 м/с (с учетом порывов до 15 м/с);

– удержание установленной РКН с КГЧ на СС (с башней обслуживания) до 7 суток при выполнении штатных работ и, при необходимости, до 30 суток без заправки, при средней скорости ветра до 17 м/с (с учетом порывов до 25 м/с);

– удержание заправленной РКН (после отвода мобильной башни обслуживания) и ее пуск при средней скорости ветра до 10 м/с с (с учетом порывов до 15 м/с).

#### **1.4 Устройство и принцип действия**

Функционально СС включает в себя:

- стартовый стол, фермы–опоры;
- ВКМ и НКМ;
- КЗМ и НУ;
- газоход и газоотводный лоток.

Стационарное или подвижное механическое устройство, служащая жёсткой опорой для РН и фиксирующая её в нужном положении перед запуском, называется стартовым столом.

Опорно–силовая конструкция СС изготавливается в виде рамы, которая монтируется на нескольких вертикальных опорах, стойках и колоннах.

В состав стартового стола входит

- кабина обслуживания;
- системы хранения КРТ;
- системы термостатирования КРТ;
- система заправки КРТ.



Рисунок 2 – Реальный вид стартового стола

Четыре ферменные конструкции, связанные между собой называется *фермы–опоры*. В состав которых входит:

- секторы верхнего силового пояса;
- несущие стрелы;
- опорные фермы и их основания;
- НУ, которые образуют нижний силовой пояс;
- гидравлический буфер;
- опорное кольцо, жестко связанное со стартовым столом.

Фермы – опорные, в сведенном состоянии, образуют силовой пояс. На силовой пояс передаются нагрузки от РН перед подготовкой к запуску. Раскрытие секторов происходит вращательным движением ферм – опор, которые начинаются от хода РН перед её стартом, а далее, под влиянием сил тяжести грузов, которые размещаются на конструкциях ферм – опор. Для того чтобы понизить динамические нагрузки, которые возникают на конечных участках ферм – опор, используют гидравлические буферы с помощью их торможения.

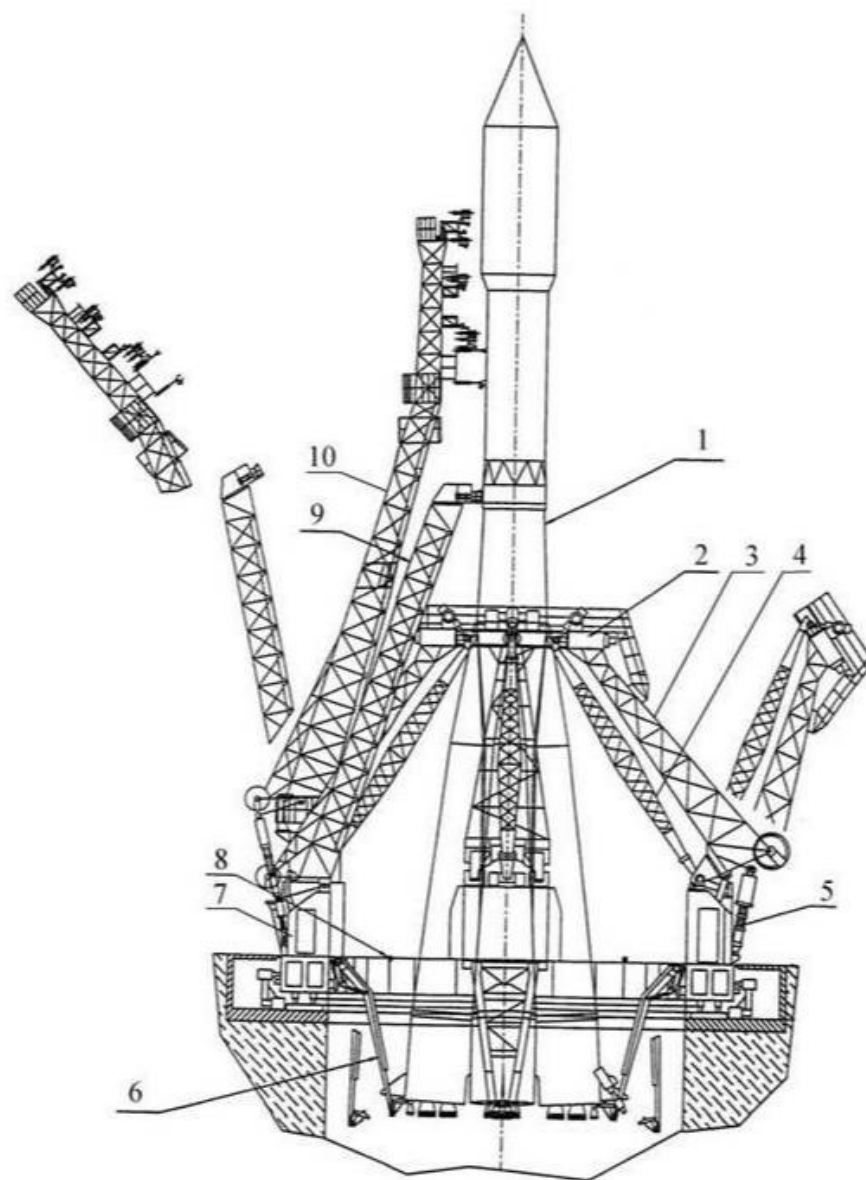


Рисунок 3 – Схема ферм СС, где 1 – РКН, 2 – верхний силовой пояс, 3 – фермы – опоры, 4 – несущие стрелы, 5 – гидравлические буферы, 6 – НУ, 7 – основание ферм – опор, 8 – кольцо опорное, 9 – ВКМ, 10 – КЗМ

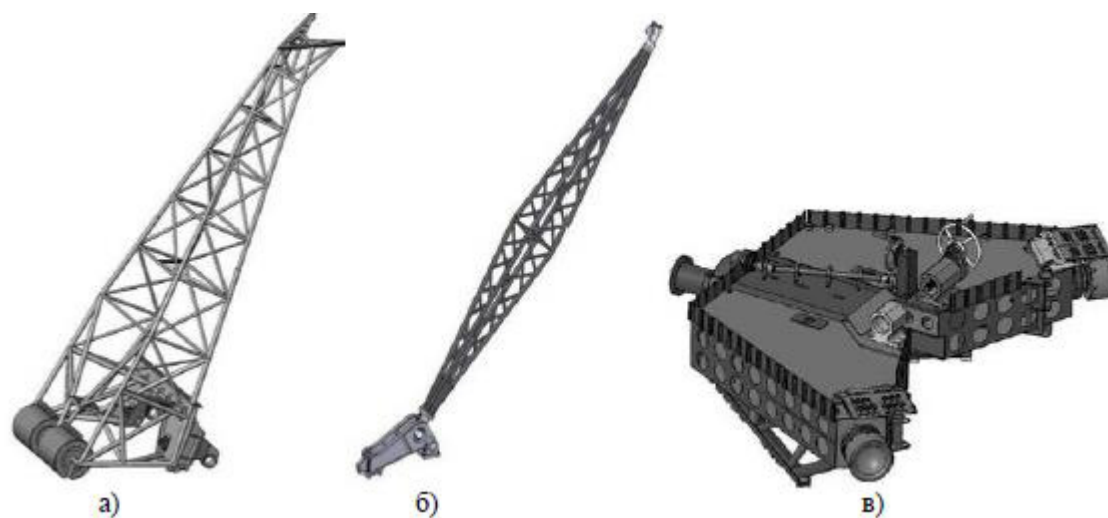


Рисунок 4 – Элементы ферм–опор, где а) опорная ферма с противовесами, б) несущая стрела, в) сектор силового пояса

Пространственная ферменная конструкция, служащая для передачи электропитания РКН от источников тока на земле при предстартовой подготовке называется *верхняя кабель–мачта*

Крепление ВКМ осуществляется к опорному кольцу. Отстыковка происходит в течение нескольких секунд до старта и отвод её от РКН под влиянием силы тяжести грузов, размещаемых на ВКМ. Для снижения динамических нагрузок ВКМ предусмотрено торможение при помощи гидравлического буфера.

Пространственная ферменная конструкция, служащая для подачи компонентов топлива в баки РН, компонентов в систему обеспечения отсеков и КГЧ, в систему наддува баков, в системы жизнеобеспечения, называется *кабель–заправочная мачта*.

Отделение КЗМ происходит за несколько секунд до старта РН (до отделения ВКМ).

Две пространственные ферменные конструкции, служащие для подвода электрического питания к разъемам РН на нижних срезах хвостовых отсеков первой ступени, называется *нижние кабель–мачты*.

Шарнирное крепление НКМ осуществляется к опорному кольцу. НКМ связаны с НУ. Отстыковка осуществляется совместно с НУ «ходом» РН в начальный момент движения.



Рисунок 5 – Нижние кабель–мачты и направляющие устройства

Четыре пространственные ферменные конструкции, фиксирующие хвостовую часть РН во время нахождения её на СС и в начальный момент движения при пуске, называется *направляющие устройства (нижний силовой пояс)*

Шарнирное крепление НУ осуществляется на силовом кольце. Отделение НУ происходит совместно с НКМ, «ходом» в момент движения РН.

Железобетонные сооружения, которые служат для отвода продуктов сгорания при работе ракетного двигателя с целью снижения газодинамических и тепловых воздействий на СС и РН, называется *газоход и газоотводный лоток*.



## 2 ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПОКРЫТИЯ

### 2.1 Общие сведения

ЛКМ, состоят из множества компонентов, которые наносятся тонким слоем на поверхность изделия. При высыхании образуется пленка и удерживается силой адгезии. Пленка может быть окрашенной или бесцветной, прозрачной или непрозрачной.

ЛКМ применяют с целью повышения защитных и декоративных свойств на изделиях, изготовленных из металлов и неметаллов.

Основное назначение ЛКП заключается в защите дерева от гниения и металла от коррозии. Краски, жидкие лаки, эмали, наносимые на поверхности различных изделий: металлические и деревянные, при высыхании которых, образуются твердые защитные покрытия (пленки), которые предохраняют изделия от разрушающего влияния окружающей среды и повышающие их срок службы.

К ЛКП предъявляют множество разных требований, в соответствии от требуемого назначения и необходимых условий эксплуатации. При этом имеются обязательные свойства, которыми должно обладать покрытие.

Основные характеристики ЛКП:

Соприкосновение разнородных поверхности двух тел, и их связь между собой, которая обуславливает "склеивание" друг к другу, называется *адгезия*.

Соединение молекулы одной и той же жидкости или твёрдого тела, создают объединение этих частиц в одно целое, называется *когезия*.

Способность покрытия сохранять деформацию после снятия усилия, вызвавшего эту деформацию, называется *пластичность*.

Способность покрытия оставлять свою прежнюю форму после деформации, называется *эластичность*.

Стойкость покрытия к воздействию агрессивных реагентов, растворителей и смазочных масел, называется *химическая стойкость*.

Способность покрытия противостоять воздействию атмосферных факторов, называется *атмосферостойкость*.

Способность покрытий сохранять свойства декоративности и не разрушаться под действием различных температур, называется *термостойкость* и *морозостойкость*.

## 2.2 Классификация лакокрасочных материалов и покрытий

К ЛКМ относятся: лаки, эмали, краски, грунтовки, шпатлевки, олифы, сиккативы, растворители, разбавители и разжижители. Производятся подсобные и вспомогательные материалы: пасты, смывки, мастики, отвердители, замазки, уплотнители и ускорители. В основу классификации и обозначения лакокрасочных материалов согласно ГОСТ 9825–73 разделены:

- по химическому составу;
- по преимущественному назначению.

Развернутая классификация ЛКМ представлена на рисунке 1.



Рисунок 6 – Схема классификации лакокрасочных покрытий

Классификация лакокрасочных покрытий согласно ГОСТ 9.032–74 основана на 3 группах: материал покрытия, условия эксплуатации и внешний вид поверхности покрытия.

По условиям эксплуатации ЛКП, подразделены на следующие группы:

- атмосферостойкие;
- водостойкие;
- специальные;
- маслобензостойкие;
- химически стойкие;
- термостойкие;
- электроизоляционные;
- электропроводные.

По внешнему виду поверхности различают 7 класса: I, II, III и IV, из которых I класс — высший, а IV — низший по качеству.

Кроме подразделения по двум указанным основным признакам классификации, ЛКМ можно разбить на группы по дополнительным признакам следующим образом:

1. Прозрачность образуемых пленок — прозрачные (лаки) и непрозрачные или пигментированные (краски, эмали).
2. Степень блеска – глянцевые, полуглянцевые, полуматовые, матовые и глубокоматовые.
3. Условия сушки – холодная и горячая сушка.
4. Методы нанесения с использованием кистей и пульверизационные.
5. Нанесение слоев в определенной последовательности и тип покрытия – пропиточные, грунтовочные, промежуточные и покрывные.
6. Целевое назначение

### **2.3 Компоненты ЛКМ**

В качестве исходных материалов в производстве красок и лаков применяют:

- 1) пленкообразующие вещества:
  - поликонденсационные смолы (алкидные, эпоксидные и другие);
  - полимеризационные смолы (на основе хлористого винила, акрилатов и другие);

– природные смолы (канифоль, шеллак и другие);

– эфиры целлюлозы (нитрат, ацетат и другие);

– талловое масло;

– жирные кислоты растительных;

– синтетические жирные кислоты;

2) пигменты:

– неорганические (белые, желтые и другие);

– органические (азо– и диазопигменты, фталоцианновые и другие);

3) наполнители (мел, тальк и другие);

4) пластификаторы (касторовое масло, фосфаты и другие)

5) растворители (спирты, эфиры и другие.);

6) сиккативы – свинцовые, кобальтовые, марганцевые;

7) добавки (отвердители, стабилизаторы, эмульгаторы и другие).

От качества и соотношения компонентов зависят свойства ЛКМ и ЛКП.

#### **2.4 Основные свойства ЛКМ и ЛКП**

Комплекс ЛКМ, которые определяют их качество, включает свойства жидких ЛКМ до их отверждения и свойства покрытий.

К основным свойствам жидких ЛКМ (прозрачных и непрозрачных) относятся:

– химические;

– физико – химические;

– малярно – технические.

К основным свойствам ЛКП относятся:

– декоративные (цвет, внешний вид, блеск);

– физико – механические (адгезия, твердость);

– защитные (устойчивость к атмосферным воздействиям);

– малярно – технические (шлифование и полировка);

– электроизоляционные (электрическая прочность);

– химические – стойкость к действию, агрессивных сред.

## 2.5 Выбор системы ЛКП

Основной критерий при выборе ЛКП являются:

- высокая адгезия ЛКП при длительном влиянии агрессивных сред;
- стойкость к абразивному износу;
- устойчивость при температуре от – 50 до +1600С;
- простота нанесения ЛКП.

В настоящее время есть огромный выбор современных защитных ЛКП на различной основе: акриловой, алкидной, эпоксидной, полиуретановой и другие. Чаще всего используют эпоксидные и полиуретановые основы.

ЛКМ на их основе являются дорогостоящими, но при этом обеспечивают формирование защитных покрытий с высокими атмосферо-, водо-, морозо- и термостойкими свойствами и высокую адгезию к металлу.

Эффективность при выборе ЛКП можно определить из отношения стоимости подготовки одного квадратного метра поверхности к гарантированной долговечности покрытия. Срок службы защитных покрытий определяется многими факторами: качество подготовки поверхности под окраску и соответствие характеристик выбранного ЛКП тем условиям, в которых будет эксплуатироваться покрытие.

Проектирование антикоррозионной защиты металлоконструкций при использовании ЛКМ импортного производства необходимо производить с учетом международного стандарта ISO 12944:1998, «Лаки и краски – Защита от коррозии стальных конструкций системами защитных покрытий», где принимаются во внимание все факторы, влияющие на долговечность окраски.

Согласно международному стандарту ISO 12944 можно разделить сроки службы ЛКП на:

- низкий до 5 лет;
- средний от 5 до 15 лет;
- высокий более 15 лет.

В документе указаны системы покрытий на основе различных связующих с разными наполнителями и для различных условий воздействия категорий

окружающей среды. Нанесенные защитные покрытия обеспечивают прочность и долговечность сооружений. Подбор типа ЛКМ и системы покрытия зависит от конкретного типа металлоконструкции, с учетом состояния конструкции, степени разрушения ее поверхности, коррозионной опасности, условий окружающей среды при производстве работ, предполагаемого срока защиты и стоимости покрытия.

Наиболее эффективными являются двух– или трёхстадийные ЛКП. Двухстадийные ЛКП, которые препятствуют влиянию проникновения в поверхность металла влаги, агрессивных газов и жидкостей, состоят, как правило, из слоев грунтовки и эмали. Трёхстадийная система для наружного покрытия имеет следующий состав: грунтовочный слой обеспечивает адгезию с подложкой, второй слой обладает барьерными свойствами и препятствует влиянию проникновения агрессивной среды к металлу. Финишный слой также обладает барьерными свойствами, помимо этого он также имеет высокие декоративные качества и стойкость к ультрафиолету.

Стальные металлические конструкции различного назначения в большинстве случаев очищают перед нанесением ЛКМ с помощью струйно–абразивного метода.

Одно из главных критериев ЛКМ – это контроль качества в процессе изготовления и выпуска готового ЛКМ, а также при дальнейшей окраске изделий.

В данной работе рассматривается два вида ЛКМ:

– термостойкая эмаль–аэрозоль KUDO, предназначенная для окраски металлических изделий, которые подвергаются нагреванию до температуры 800°С;

– кремнийорганическая термостойкая эмаль DALI, предназначенная для защитно–декоративных обработок металлического оборудования и поверхностей, подвергающихся воздействию температур до 600°С.

Также рассмотрим эмали, которые используются на СС КЦ «Восточный»:

– грунт–эмаль ИЗОЛЭП–mastic, обеспечивающая антикоррозийное покрытие металлоконструкций для защиты то неблагоприятных атмосферных явлений во всех климатических зонах;

– эмаль ПОЛИТОН–УР (УФ) марки А, которая обеспечивает антикоррозионную защиту металлических, бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатируемых в атмосферных условиях всех макроклиматических районов, типов атмосферы и категорий размещения согласно ГОСТ 15150–69.

В таблице 1 приведены технические характеристики ЛКМ:

Таблица 1 – Технические характеристики ЛКМ

	Эмаль–аэрозоль KUDO	Эмаль DALI	Грунт–эмаль ИЗОЛЭП–mastic		Эмаль ПОЛИТОН–УР (УФ) марки А
			модифицированная эпоксидная смола	модифицированная эпоксидная смола	
Основа	кремнийорганическая	кремнийорганическая	модифицированная эпоксидная смола	модифицированная эпоксидная смола	полиуретановая эмаль
Цвет	черный	черный	серый	серебристо–серый	серый
Поверхность	матовая	матовая	однородная		матовая
Сушка между слоями	10–15 минут	1 час	3 часа	4 часа	1 час
Полное высыхание	2 часа	1–3 часа	6 часов	6 часов	4 часа
Поверхности для нанесения	металл	металл	металл		металл
Расход	0,2 кг/м <sup>2</sup>	0,7–0,8 кг/м <sup>2</sup>	0,24 – 0,5 кг/м <sup>2</sup>	0,32 – 0,63 кг/м <sup>2</sup>	0,1 – 0,18 кг/м <sup>2</sup>
Термостойкость, °С	800±5	600±5	120	150	150
Объём	520 мл	400 мл	20 л		20 л
Состав	полиметилфенилсилоксаны, пигменты, наполнители, функциональные добавки, ксилол, бутанол, метилацетат, пропан, бутан	кремнийорганические смолы, специальные термостойкие пигменты, и наполнители, растворитель, реологические и другие функциональные добавки	грунт–эмаль на основе модифицированной эпоксидной смолы, с высоким сухим остатком. двухупаковочная, состоит из основы и полиаминного отвердителя		полиуретановая эмаль, отверждаемая влагой воздуха

Продолжение таблицы 1

Методы нанесения	распыление	кисть	безвоздушное распыление, воздушное распыление, кисть/валик	безвоздушное распыление, воздушное распыление, кисть/валик
Разбавление	не требуется, продукт готов к применению	допускается, не более 15% от общей массы состава	– безвоздушное и воздушное распыление до 10 % от общей массы состава; – кисть/валик от 3 до 5% от общей массы состава.	– безвоздушное распыление не требуется; – воздушное распыление, а также кисть/валик до 10 % от общей массы состава
Разбавитель		– сольвент, Р–646, 647, 5, 12	СОЛБВ–ЭП (ТУ 20.30.22–106–12288779–2018)	СОЛБВ–УР (ТУ 2319–032–12288779–2002) или смесь бутилацетата и уайт–спирита в соотношении 1:1 по объему
Срок годности	5 лет	2 года	2 года	1 год
ТУ	20.30.12–025–53934955–2017	2312–114–13238275–2013	2312–065–12288779–2007	2312–029–12288779–2002

Анализируя данные таблицы можно сделать вывод, что краска марки KUDO имеет наибольшую термостойкость, также не требуется разбавление и имеет наибольший срок годности, но при этом выпускается в малом объеме.



## 3 АНАЛИЗ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ ЛА- КОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

### 3.1 Общие сведения

Контроль качества ЛКМ выполняется с применением методов испытаний, с целью защитных и декоративных свойств ЛКМ и ЛКП, таких как:

- физико–химических;
- малярно–технических;
- механических;
- натуральных и ускоренных.

Весь комплекс испытаний по назначению разделяется на две группы:

1 группа: входят методы испытаний, которые относятся к жидким или пастообразным ЛКМ до их высыхания и образования покрытий, т. е. методы испытаний жидких ЛКМ.

2 группа: входят методы испытаний, при помощи которых ЛКМ высыхает, превращаясь в пленку после нанесения на поверхность, то есть к ЛКП в процессе их формирования и эксплуатации.

К испытаниям жидких ЛКМ можно отнести определение:

- цвета;
- внешний вид,
- вязкость;
- содержания сухого остатка и твердого вещества;
- содержания пленкообразующего вещества и растворителя,
- степени перетира;
- укрывистости;
- продолжительности высыхания;
- кислотного числа,
- удельного электрического сопротивления.

Методы испытания ЛКП включают в себя:

- физико–химические (цвет, прозрачность, другие.);

- физико–механические (твердость, прочность, адгезия и другие.);
- химические (содержание летучих и нелетучих веществ и другие);
- электрические (электрическая прочность и сопротивление);
- атмосферостойкость (срок службы покрытия в разных климатических зонах и прочие.);
- малярно – технические (шлифование и полировка и прочие);
- ускоренные климатические испытания (в, гидростатах, камере солевого тумана).

Немало важную группу испытаний составляют ускоренные методы, атмосферные условия (свет, влагу, тепло и прочие) близкие к реальным, с целью проводить сравнительную оценку качества, защитных и декоративных свойств образцов ЛКМ новых и усовершенствованных марок, полученных в процессе проведения научно–исследовательских и опытных работ.

К основным показателям, которые характеризуют качество красок, относятся: содержание пленкообразующего вещества, время высыхания, степень перетира, твердость пленки и укрывистость.

Значительно более широкий объем контроля качества предусмотрен в действующих стандартах и технических условиях на лаки и эмали.

Остановимся более подробно на физико – механических методах испытания, т.к. для всех красок существуют требования по противопопригарности и прочности. Прочность при низкой температуре должна быть такой, чтобы предотвратить осыпание краски, а при высокой исключить растрескивание. Для проверки контроля используются приборы контроля ЛКП.

### **3.2 Приборы контроля лакокрасочных покрытий**

Для оценки физико – механических характеристик используют следующие приборы:

- 1) адгезиметры – для определения адгезии ЛКП и другими покрытиями между слоями методом решетчатых надрезов согласно ГОСТ 31149;
- 2) твердомеры – определение твердости покрытий при вдавливании индентора Бухгольца согласно ГОСТ 22233–2001;

3) приборы для испытания покрытий на прочность и эластичность согласно ГОСТ 4765, ГОСТ 29309, ГОСТ 6806;

4) электроискровые дефектоскопы – предназначены для выявления трещин, недопустимых утонений и других нарушений сплошности внутренних и внешних защитных покрытий металлических изделий;

5) блескомеры – определяют коэффициент блеска и яркости покрытий фотоэлектрическим методом по ГОСТ 896–69.

Одним из главных параметров, которое определяет качество ЛКП изделий, возможность их применения в различных конструкциях и условиях работы, является твердость. К свойствам твердости и адгезии в обязательном порядке проводят испытания. Таким образом, твердость – это главный параметр, который влияет на срок службы изделия, а также его защиту от коррозии.

Если ЛКП слишком мягкое, то различные механические или атмосферные воздействия могут оставить на покрытии следы в виде царапин, вмятин, проколов и разрывов. Это приводит к образованию коррозии металла под ЛКП, уменьшению адгезии, разрушению ЛКП. В связи с этим необходимо гарантировать подходящий баланс между твердостью и эластичностью покрытия.

Для оценки физико – механической характеристики – твердости, будем использовать прибор для измерения твердости ЛКМ. Прибор имеет следующую конструкцию:

- магнитный штатив MAGNETIC BASE;
- микрометр;
- индентор с конусом пирамидкой Викерса, заточенного под угол 136°;
- набор грузов.

Технические характеристики микрометра:

- разрешение: цифровой микроиндикатор: 0,001 мм/0,00005”;
- диапазон измерения: 0~12,7 мм/0,5”;
- мощность батареи SR44: 1,5 В;
- рабочая температура: 0°С~40°С;
- температура хранения: 20°С~70°С;

– относительная влажность:  $\leq 80\%$ .

### **3.3 Методики измерения прочности противопригарных красок при высоких температурах**

*Твердость* – это сопротивление, которое оказывает тело при введении в него другого тела.

*Твердость пленки* характеризуется степенью высыхания, а также прочностью поверхности.

Твердость измеряют методом царапания или оставления следа на испытуемой поверхности.

Для оценки прочности краски рассмотрим несколько методик и выберем самую оптимальную.

#### 1) Способ оценки прочности ЛКП к истиранию

Основным методом оценки прочности является оценка прочности по времени удаления слоя краски с поверхности стекла струей песка, который падает с необходимой высоты на краску [1]. Этот метод определения истираемости основан на разрушении пленки под воздействием определенного количества песка (в г или кг), падающего на нее с высоты.

Испытания производят с помощью прибора для определения прочности пленки к истиранию (рис. 1). При этом применяют просеянный речной песок.

#### *Принцип действия:*

Стеклянную пластинку с испытуемым покрытием закрепляют пленкой вверх на матовом стекле 3 внутри ящика 11. Воронку 8 полностью до краев заполняют песком, поддерживая уровень песка в течение всего испытания; зажигают электрическую лампочку 2, вынимают с помощью троса стержень 7 из отверстия воронки 8 и закрепляют его в приподнятом состоянии зажимом 4. Песок, который проходит через трубку воронки падает вниз, направленный стеклянной трубкой 10, попадает на пленку и продолжает сыпаться до момента, когда пленка на месте удара песка сотрется до стекла. Весь израсходованный песок, попавший в сосуд 1, взвешивают, принимая его количество за меру ис-

тираемости, то есть стойкости пленки к истиранию. Определения повторяют три раза, каждый раз на новом месте пластинки.

За окончательный результат принимают количество израсходованного песка (в г или кг), полученное как среднее арифметическое трех определений.

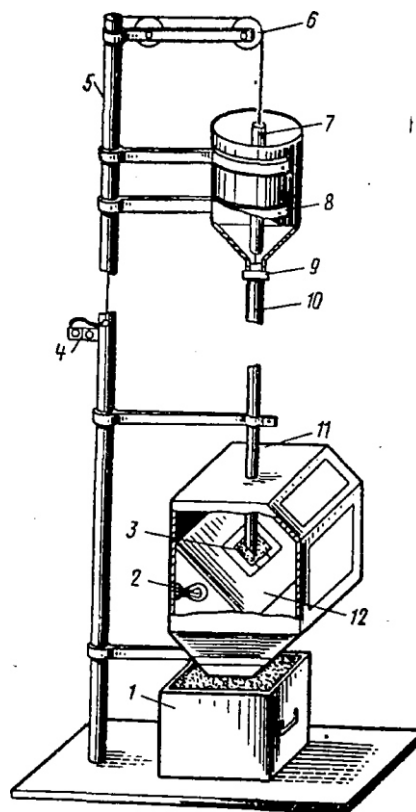


Рисунок 7 – Прибор для определения прочности пленок к истиранию, где 1 – сосуд для песка, 2 – электрическая лампочка, 3 – матовое стекло, 4 – зажим, 5 – штатив, 6 – шарнир, 7 – стержень, 8 – воронка, 9 – муфта, 10 – стеклянная трубка, 11 – ящик, 12 – перегородка [1]

Недостаток: невозможность его использования при высоких температурах. Краски, имеющие в своем составе органическую основу и жидкое стекло, при нагреве свыше  $350^{\circ}\text{C}$  теряют прочность, следовательно значение прочности после сушки не дает представления о ее поведении при связи с расплавленным металлом.

## 2) Способ оценки прочности красок по величине твердости покрытия

Метод, представленный в работе [3], определяется на замере твердости ЛКМ вследствие нагрева до температур ближе к  $1000^{\circ}\text{C}$ . В сравнении с мето-

дом [1] ее применение дает возможность проследить темп изменения твердости после нагрева ЛКМ. Краска наносится на поверхность и нагревается до требуемых температур и после чего происходит ее охлаждения до комнатной температуры. Так же нужно учитывать, что легкоплавкие эвтектические системы возникают при достаточно высоких температурах для неорганических основ (жидкое стекло, алюминат натрия и других).

*Принцип действия:*

Данный метод является самым распространённым методом измерения твердости. Суть метода заключается в том, что в поверхность образца вдавливается алмазный конус и по величине отпечатка измеряют твердость. За образец принимают стальную пластинку, на которую наносят слой ЛКМ. Пластины используют для исследования химического состава сплавов. Прежде чем провести ряд испытаний необходимо нагреть образец до определённой температуры, либо полностью его высушить. На рисунке 8 изображен прибор для измерения твердости, который состоит из штатива 1, микрометра 2, индентора 3. На шток микрометра помещается определенный груз. Образец с нанесенным ЛКМ размещается на рабочем столике. Индентор 3 с алмазным конусом, заточенный под угол в  $136^\circ$ . После чего индентор опускается на поверхность образца и с небольшим усилием упирается в ЛКМ. Далее на шток устанавливается определенный груз, и происходит проникновение конуса в ЛКМ. После завершения испытаний груз убирается, конус с алмазным наконечником поднимается вверх. Глубину отпечатка измеряют с использованием микроскопа при увеличении в 8 раз. Для более четкого внедрения в ЛКМ конус с алмазным наконечником припыливается графитом.



Рисунок 8 – Прибор для измерения твердости красок: 1 – магнитный штатив; 2 – микрометр; 3 – индентор

Недостаток метода: прочность краски, которая нанесена на образец, измеряется после остывания образца, нагретой до 1000–1400°С краски, не дает возможности реального представления о поведении краски в ходе заливки формы расплавленным металлом.

#### Методика оценки прочности:

1. Подготовка поверхности заключается в удалении загрязнений, ржавчины, старой краски, для чего:

- пыль и грязь удалять ветошью, смоченной теплой водой;
- масляные пятна удалять ветошью, смоченной нефрасом – С50/170, затем потереть сухой ветошью и просушить;
- удаление ржавчины или поврежденного ЛКП производить ручной очисткой поверхности. Ручную очистку проводить с использованием абразивных шкурок, проволочных щеток, шпателей, скребков,

2. После очистки поверхности удалить пыль вручную при помощи щеток и кистей. Обезжирить поверхность, протерев ее ветошью, смоченной нефрасом – С50/170, после чего протереть сухой ветошью и просушить.

3. Поверхность, подготовленная при внешнем осмотре должна быть свободна от видимых следов масла, смазки, грязи, ржавчины, краски и посторонних включений.

4. Нанести в один слой ЛКМ на поверхность образца.

5. Произвести сушку поверхности образца.

6. Нагреть образец до заданной температуры.

7. После остывания образца снять показания.

### 3) Способ оценки прочности красок при высоких температурах

Данный метод позволяет измерить прочность ЛКМ, который нагрет до высоких температур в диапазоне от 200 до 1300°C. Для этого необходимо, изготовить пластины, а также применять приспособления, которые склеены из плотной бумаги (рис. 9). С использованием шприца в желобки приспособления заливают краску. Затем сушат в печи при температуре 200°C. Далее высушенные образцы достают и укладывают обратно в печь. В процессе достижения температуры до значений 200, 500, 800, 1000, 1200 и 1300°C пластинки достают из печи. После чего выкладывают на шамотную подставку на две опоры и снимают показания усилия разрушения [4].



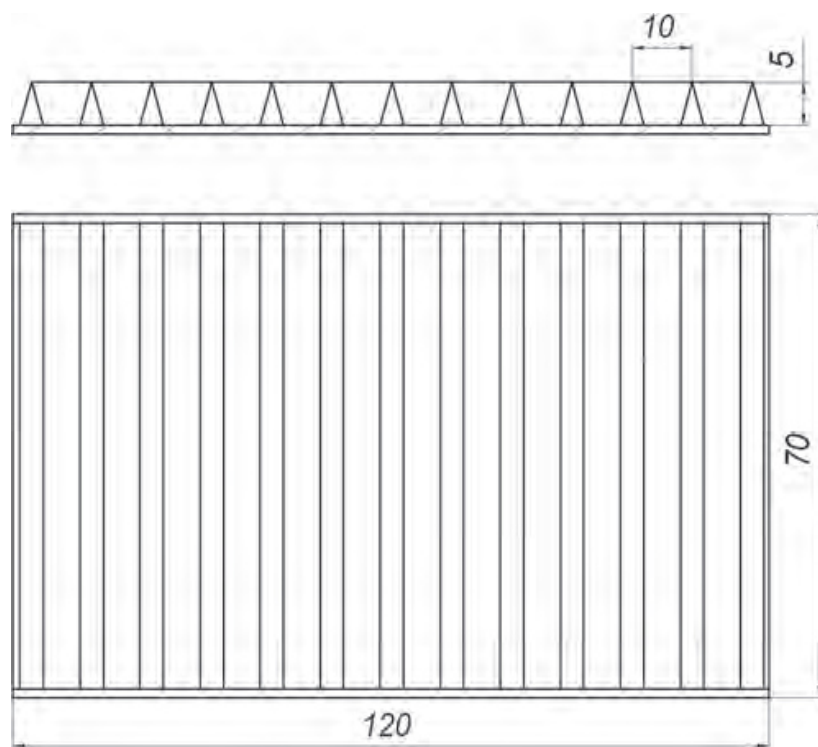


Рисунок 9 – Приспособление для изготовления пластинок из краски [4]

*Принцип действия:*

Прибор для измерения прочности (рис. 10) состоит из прозрачного корпуса 2, закрываемого пробкой 1, в которой крепится направляющий стержень 5.

На поверхности корпуса нанесены деления, а внутри находится пружина 3 и поршень 4, к которому прикреплена трубка 6. На нижнем конце трубки установлен металлический стержень. При надавливании на пробку 1 поршень 4 перемещается по направляющему стержню 5, сжимая пружину. В момент поломки образца (пластинки) 8 фиксируется положение поршенька 4 на шкале корпуса 2. Проведя заранее градуировку (нанесение шкалы) по величине нагрузки, можно определить усилие, при котором возникла поломка пластинки 8 и снять показания удельной прочности.

Так же можно испытывать образцы в шахтной печи после установки подставку и пластинку из краски. При этом необходимо использовать сменный наконечник 7 соответствующей длины.

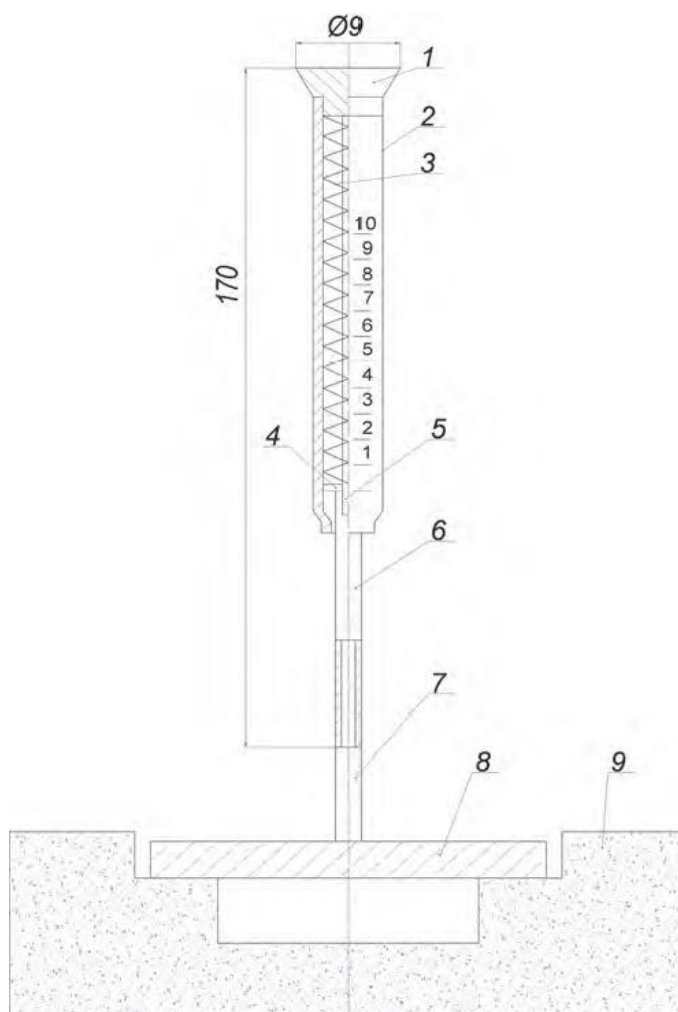


Рисунок 10 – Прибор для измерения прочности краски при высоких температурах: 1 – пробка; 2 – корпус; 3 – пружина; 4 – поршень; 5 – направляющий стержень, 6 – трубка; 7 – наконечник; 8 – пластинка из краски; 9 – подставка [4]

При сравнении замеров прочности в печи и после извлечения пластинки из печи, можно заметить, что прочности в печи выше, так как в процессе извлечения образцы охлаждаются.

Вывод: исходя из выше представленного, можно выделить оптимальный метод прочности красок – способ оценки прочности красок по величине твердости покрытия.

## 4 ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

### 4.1 Общие сведения

Для металлов под влиянием химического или электрохимического воздействия внешней среды происходит разрушение их поверхности, называемое *коррозией*.

Самым распространенным видом коррозии является ржавление железа и его сплавов. Также можно отнести и к такому универсальному материалу, как сталь, которая широко используется в промышленном строительстве, при изготовлении технологического оборудования и машин, в космической отрасли.

Основная причина коррозионных разрушений металлоконструкций – это самопроизвольное физико–химическое разрушение и превращение металла в бесполезные химические соединения. Жидкости или газы, способствуют коррозии металлов; постоянные природные воздействия вызывают ржавление стальных конструкций, образование ямок травления на хромированных покрытиях и т.д. Скорость развития коррозии вглубь может достигать 0,01 – 0,2 мм в год.

Для защиты металла от коррозии вследствие взаимодействия с естественной окружающей средой нужно оценить категорию окружающей среды и влияние дополнительных факторов, которые усиливают или ослабляют это взаимодействие. Эта оценка служит исходной для выбора защитных окрасочных систем в зависимости от категории окружающей среды и планируемого срока службы ЛКП.

Долговечность ЛКП зависит от различных факторов: природы применяемых ЛКМ, физико–химического влияния окружающей среды, порядок нанесения ЛКП. Длительность и эффективность ЛКП по стальным поверхностям зависят в большой степени от того, как тщательно подготовлена поверхность для окраски.

Тщательная подготовка поверхности является важным фактором при окрашивании. Неправильно или недостаточно подготовленная поверхность

может быть причиной нарушения целостности покрытия и значительного уменьшения срока службы.

Если с поверхности не удалить такие загрязняющие вещества как масло, жир, химикаты, старую краску, грязь и так далее, то адгезия покрытия к подложке будет крайне низкой, что приведет к преждевременному выходу из строя защитного покрытия.

Для обеспечения хорошей адгезии краски с поверхностью и увеличения срока службы всей системы, необходимо тщательно подойти к выбору способа подготовки поверхности.

Способ подготовки поверхности зависит от типа окрашиваемой поверхности, окружающей среды эксплуатации и ожидаемого срока службы защитной системы ЛКП.

Таблица 2 – Категории коррозии при атмосферных условиях окружающей среды по стандарту ISO 12944–2 и ISO 9223

C1	Низкая	Отапливаемые здания с нейтральной атмосферой, офисы, магазины, школы, отели; неотапливаемые здания, в которых может выступить конденсат
C2	Низкая	Помещения с низким уровнем загрязнения сухого воздуха, неотапливаемые производственные помещения.
C3	Средняя	Городская и промышленная атмосфера со средним содержанием двуокиси серы, большой уровень загрязнения воздуха производственной пылью.
C4	Высокая	Промышленные и прибрежные области со средним содержанием солей в воздухе. Химические производства, прачечные, бассейны.

C5-I	Очень высокая (промышленная)	Промышленные области с сильным загрязнением воздуха и агрессивной средой, например, объекты с почти постоянной конденсацией и сильными загрязнениями. химические производства с большим содержанием соединений серы и окислов азота, фтористых соединений, сталеплавильные комбинаты, и т. д.
C5-M	Очень высокая (морская)	Влажный морской воздух с большим содержанием солей.

#### 4.2 Подготовка поверхности. Стандарты подготовки поверхности металлов

Стандарты подготовки поверхности делятся на:

- национальная ассоциация инженеров по проблемам коррозии (NACE);
- совет по окраске металлоконструкций (SSPC);
- шведская ассоциация стандартов (Sa, St).

*Стандарты ISO.*

Международный стандарт ISO 8501–01–1988 и ISO 8504–1992 используют для очищения стальной поверхности перед нанесением лакокрасочного материала.

Для определения окалины используется ISO 8501–01, так же он разделяет порядок заражения ржавчиной:

A – стальная поверхность в большой степени покрытая окалиной, но в незначительной степени или совсем не затронута ржавчиной.

B – стальная поверхность, которая начала ржаветь и с которой окалина начала осыпаться.

C – стальная поверхность, с которой окалина отвалилась и откуда она может быть удалена, но с лёгким видимым питтингом.

D – стальная поверхность, с которой окалина отвалилась, но с лёгким питтингом, видимым невооружённым глазом.

Согласно ISO разделяет семь степеней подготовки поверхности.

1) ISO–St – ручная обработка и электроинструментами: скобление, зачистка проволочными и механическими щётками, шлифовка.

После обработки поверхность требует очищения от старой краски и пыли.

2) ISO–St2 – тщательная ручная обработка и электроинструментами.

После обработки поверхность должна быть очищенной от следов масла, жира и грязи и от плохо прилегающей окалины, ржавчины, краски и посторонних веществ.

3) ISO–St3 – очень тщательная ручная обработка и электроинструментами. Аналогично St2, но для этого поверхность требует очищения намного более тщательного, до появления металлического блеска.

4) ISO–Sa – пескоструйная очистка

Перед пескоструйной очисткой, поверхность очищается от толстых слоев ржавчины методом обрубки, устраняются видимые загрязнения, грязь. После поверхность требует устранения от мусора и пыли.

5) ISO–Sa1 – лёгкая пескоструйная очистка

Поверхность должна выглядеть зачищенной от видимых масляных, жировых пятен и грязи, от окалины с плохим прилеганием, ржавчины, краски и других посторонних веществ.

6) ISO–Sa2 – тщательная пескоструйная очистка

На поверхности не должно наблюдаться масляных и жировых пятен, в том числе и грязи, а также большей части окалины, ржавчины, краски и других посторонних веществ.

7) ISO–Sa2,5 – очень тщательная пескоструйная очистка

На поверхности не должно наблюдаться пятна, грязь, а также большая части окалины, ржавчины, краски и других посторонних веществ. Все оставшиеся следы загрязнения, могут находиться только в форме мало заметных пятен и полос.

8) ISO–Sa3 – пескоструйная очистка до визуально чистой стали

На поверхности не должно наблюдаться пятна, грязь, а также большая части окалины, ржавчины, краски и других посторонних веществ. На поверхности должен наблюдаться металлический блеск.

Чаще всего на стартовом сооружении подвергается коррозии фермы–опоры, ВКМ и НКМ, КЗМ из–за влияния различных дополнительных факторов. Поэтому необходимо подготовить поверхность перед нанесением ЛКП. Лучше всего использовать метод пескоструйной очистки до визуальной чистой стали, т.к. сооружения будет избавлено от содержания жировых и масляных пятен, а также грязи, ржавчины и краски.

### **4.3 Способы очистки и обработки металлических поверхностей для нанесения ЛКП**

#### 1. Химические способы обработки

Для изготавливаемых изделий из металлов подразделяют две степени загрязнения жирами и маслами:

- а) поверхности, имеющие тонкий слой минеральных масел, смешанных с пылью смазок, смазочно–охлаждающих эмульсий;
- б) поверхности с большинством слоев смазок, масел и плохо удаляемых загрязнений.

Для точного определения метода обезжиривания необходимо ориентироваться типом загрязнения, и требуемой степенью очистки.

Методы обезжиривания подразделяются на:

- органическими растворителями;
- щелочными растворами;
- эмульсионными составами.

При обезжиривании органическими растворителями не допускаются загрязнения растворителя более чем до 5 г масла на 1 л.

Наилучшими составами для обезжиривания – это водные растворы щелочи и кислоты, содержащие ПАВ.

Достоинство: высокая очищающая способностью, ПБ, технологичность.

Недостаток – необходимость защиты обезжиренной поверхности от возможной коррозии.

ПАВ, в состав которых входят щелочи, не должно превышать 10%. Наиболее лучше использовать ПАВ: сульфонол, ДС–РАС, ОП–7, ОП–10, синтанол ДТ–7, КМ–1, МС–6.

Эффективным способом подготовки стали является:

- обезжиривание поверхности металла уайт–спиритом;
- обработка 10% раствором едкого натра с добавкой 0,5% ОП–10 и стирального порошка (10г/л);
- промывка водой и протирка ацетоном для ускоренной сушки поверхности.

При обезжиривании поверхности металла уайт–спиритом одновременно обрабатывается не больше одного небольшого участка.

Для нанесения на поверхность и протирки насухо обязательно используется две разные чистые безворсовые салфетки.

Поверхность после обработки пройти влажной, пропитанной обезжиренной салфеткой, далее другой сухой чистой салфеткой.

Рекомендуется:

- сразу же после нанесения жидкости салфеткой и разжижения грязи обезжиривателем, стереть её с поверхности сухой чистой салфеткой, не давая обезжиривателю испариться;
- проводить обезжиривание до начала обработки детали и перед нанесением каждого из функциональных слоев;
- не рекомендуется применять высокоагрессивные обезжириватели, так как их применение может повлечь за собой изменение свойств новых ЛКМ и их растворением;
- время полной полимеризации всех новых синтетических материалов весьма продолжительно и намного превышает то время, через которое проводится следующая обработка изделия.



К химическим способам также относят травление, фосфатирование, оксидирование.

## 2. Механические способы обработки

### а) ручная

Ручная очистка скребками и щетками – самый распространенный способ.

Этот способ не дает возможности удалить с поверхности металла окалину, старую краску и ржавчину. Срок службы ЛКП при применении ручной очистки до 2 – 3-х лет.

### б) механизированная

Очистка применяемая отбойниками, шарошками, электро-, пневмоинструментами и прочими.

Использование механических видов подготовки поверхности металла, по сравнению с ручным видом, позволяет получить намного лучше очищенную поверхность металла с равномерной шероховатостью, способствующая наиболее лучшей адгезии и антикоррозионных свойств ЛКМ.

Таблица 3 – Рекомендуемая зернистость абразивных материалов при обработке.

Вид технологической операции	Зерно «по сухому»	
	механическая	ручная
Удаление ржавчины до стали	60	80
Обработка алюминия под шпатлевку–грунтовку	120	180
Обработка цинка под шпатлевку–грунтовку	180	220
Обработка новой стальной детали – удаление грунта или матирование	220	320
Обработка 2К грунта или старого ЛКП под алкид (2К акрил)	500	600
Обработка 1К грунта под алкид (2К акрил)	500	500

### в) пескоструйная и гидropескоструйная очистка

Очистка под высоким давлением до 14 бар смеси «воздух – абразив», производится направленным абразивным потоком, который подаются под вы-

соким давлением к очищаемой зоне при помощи специальных напорных установок.

Абразивоструйная очистка – самый лучший и эффективный способ подготовки поверхности металла до нанесения ЛКМ. Эта очистка позволяет удалять с поверхности окалину и старые покрытия. Так же придавать поверхности рельеф для хорошей адгезии ЛКМ.

Принцип действия заключается в том, что частицы абразива, вылетают из сопла с скоростью до 150 м/с и кинетической энергией. При соударении с поверхностью устраняют ржавчину, окалину, старые покрытия и прочие загрязнения. Таким образом, поверхность приобретает рельеф, которая способствует лучшей адгезии.

После абразивоструйной очистки перед нанесением ЛКМ поверхность следует очистить от образовавшейся пыли сжатым воздухом.

Достоинства абразивоструйной очистки:

- большая производительность;
- использование стационарного и переносного оборудования;
- обработка разнообразных форм и материала конструкции;
- локальная и дозируемая обработка;
- регулирование чистоты и шероховатости поверхности.

Абразивоструйная очистка металлических конструкций проводится до степени Sa 2,5 по ISO 8501, с использованием абразивоструйных комплексов. В виде абразива применяется гранулированный шлак одноразового применения (граншлак – рекуперированные отходы металлургического производства) с фракцией частиц от 0,5 до 3 мм. При этом удаляются следующие загрязнения: прокатная окалина, старые ЛКП, ржавчина.

После очистки поверхность приобретает серый стальной цвет, определенную шероховатость  $R_z=70 - 170$  мкм. Для уменьшения размера шероховатости изменяют фракцию частиц абразива – увеличивают в общей массе содержание частиц с размерами от 1 до 1,5 мм, в этом случае шероховатость наиболее часто использована  $R_z=70 - 110$  мкм.

В критериях повышенной взрывоопасности и пожароопасности, когда применение других видов подготовки тесно связано с риском возгорания, взрыва применяют гидроструйную очистку поверхностей струей воды под высоким давлением с абразивом или без него. Качество соответствует степени Sa 2.

### 3. Прочие способы обработки

а) Термический способ: обработка поверхности металла от ржавчины, окалина, старой краски пламенем кислородно–ацетиленовой горелки (температура горения 400–500 °С) при избытке кислорода до 30%.

Таким образом, под действием разницы коэффициентов термического расширения металла окалина легко отслаивается. Газопламенная обработка оказывает влияние на деградацию ржавчины. Метод используется для деталей толщиной от 6 мм

### б) Применение ультразвука

При окраске оцинкованных поверхностей и поверхностей из цветных металлов не рекомендуется использовать обычную дробеструйную обработку, потому что она нарушает коррозионную стойкость. Такие поверхности обрабатывают с использованием абразивного агента – круглых частиц стекла, которые не разрушают защитный слой цинка на поверхности металла.

Во многих случаях достаточно просто обработать раствором аммиака для удаления жирных пятен и коррозии.

## **4.4 Методы нанесения ЛКМ**

Выбор метода нанесения ЛКМ зависит не только от размеров и конфигурации окрашиваемых поверхностей, но и требований к декоративности ЛКП, сроков и условий работ, а также технических параметров материалов.

Для окрашивания крупногабаритных сооружений используются три метода распыления:

- пневматическое;
- безвоздушное;
- ручные методы.

а) пневматическое распыление

### *Принцип работы:*

Заключается в образовании красочного аэрозоля путем дробления струи жидкого ЛКМ струей сжатого воздуха. Образующийся аэрозоль движется в направлении струи воздуха, и при ударе о поверхность капли аэрозоля растекаются и сливаются, образуя слой жидкой краски.

Подача сжатого воздуха осуществляется централизованно от сети, или от компрессора. Подаваемый воздух очищается от воды, масла и механических загрязнений в масловлагоотделителе.

Высокое давление воздуха, подаваемого в краскораспылитель (более 0,6 МПа), способствует хорошему распылению, однако вызывает интенсивное туманообразование и большие потери материала. Низкое давление (менее 0,2 МПа) отрицательно сказывается на формировании покрытия.

Расход воздуха зависит от сечения сопла распылителя и давления воздуха. Качественное распыление достигается при соотношении расходов воздуха ( $\text{м}^3/\text{мин}$ ) и краски ( $\text{л}/\text{мин}$ ) в пределах 0,3...0,6. Оптимальное расстояние от сопла до окрашиваемой поверхности составляет 200...400 мм.

Температура ЛКМ при выходе из сопла форсунки резко снижается из-за затрачивания тепла на расширение воздуха при истечении струи и на испарение растворителей, что приводит к значительному повышению вязкости материала и ухудшению его растекания. Вследствие чего, приходится использовать материалы с низкой вязкостью или подогревать их.

### Достоинства метода пневматического распыления:

- получение покрытий с высокими декоративными свойствами;
- возможность применения в любых производственных условиях при наличии источника сжатого воздуха и вентиляции;
- возможность окрашивания изделий различных размеров и сложности;
- высокая производительность;
- простота устройства и обслуживания окрасочного оборудования;

### Недостатки:

- большие потери ЛКМ;

- возможность качественного нанесения только низковязких материалов;
- вредные условия труда за счет повышенного туманообразования и увеличения расхода растворителей;
- повышенная пожаро– и взрывоопасность;
- возможность попадания в пленку покрытия воды и масел из сжатого воздуха;

б) Безвоздушное распыление

*Принцип работы:*

Связан с диспергированием ЛКМ за счет высоких скоростей истечения из сопла, который подается под большим давлением (до 50 МПа). Давление создается насосом высокого давления. Дисперсность аэрозоля зависит от геометрических размеров и формы отверстия сопла, режимов истечения и свойств лакокрасочного материала. Необходимо выбрать правильное сочетание давления воздуха, его объема и потока жидкости, чтобы достичь полной пульверизации и качественной пленки ЛКП, не содержащей дефектов. При несоблюдении контрольных параметров распыления можно столкнуться с такими проблемами, как провисание, ноздреватость и недостаточный поток краски.

Специальные насадки, используемые в пистолете – краскораспылителе и регулирование давления позволяет регулировать нанесение лакокрасочных продуктов от самой низкой до самой высокой степени вязкости. Точно так же различные углы щели насадки производят веер распыляемой краски различной ширины. Выбор конкретной ширины веера распыляемой краски зависит от формы и размера окрашиваемой конструкции. Выбор ширины веера распыляемой краски также связан с размером выходного отверстия. Для одинакового размера отверстия расход краски на единицу площади будет ниже при более широком веере распыления. Существует несколько доступных моделей насадок, выбор которых зависит от таких параметров, как тип требуемого финишного слоя, легкость нанесения, легкость очищения форсунок от закупоривания и т.д.

Краскораспылитель располагают под углом  $90^\circ$  к окрашиваемой поверхности на расстоянии 200...400 мм.

Хорошему распылению материала способствует его нагревание. Это связано с понижением вязкости, с понижением поверхностного натяжения и интенсивным испарением растворителей. Повышая температуру материала с 20 до  $80^\circ\text{C}$ , можно почти вдвое снизить давление при распылении. При этом повышаются и защитные свойства покрытия.

Достоинства:

- возможность нанесения материалов с повышенной вязкостью и, следовательно, уменьшение трудозатрат за счет получения более толстых слоев покрытия;

- повышение качества ЛКП (по сравнению с пневматическим распылением) вследствие хорошей сплошности и плотности, лучшего заполнения микронеровностей поверхности, вытеснения с поверхности части влаги и других загрязнений;

- низкие потери ЛКМ (на 20...25 % меньше, чем при пневматическом распылении);

- высокая скорость нанесения;

- улучшение условий работы и снижение пожаро– и взрывоопасности.

Недостатки:

- более низкая декоративность покрытий в сравнении с пневматическим распылением;

- потеря краски при нанесении ее на изделия маленьких размеров или тяжелой конфигурации.

Так как СС состоит из крупногабаритных сооружений, поэтому для окрашивания целесообразно использовать метод безвоздушное распыление. Безвоздушное распыление имеет ряд достоинств по сравнению с пневматическим распылением, таких как: повышенное качество ЛКП, низкие потери ЛКМ, высокая скорость нанесения, пониженное пожаро – и взрывоопасность.

## 4.5 Критерии антикоррозионной защиты

Обязательным условием качественной антикоррозионной защиты является дополнительная окраска острых кромок, кантов и сварных швов, на которых ЛКМ имеет недостаточную толщину. Именно в этих местах за счет концентрации напряжений происходит стекание краски, слой становится тоньше, образуются потенциальные участки коррозии.

Нанесение покрывных финишных слоев ЛКМ выполняется с соблюдением режимов в соответствии с регламентами от производителей ЛКМ. Финишное покрытие наносят сплошной ровной пленкой, контролируя толщину мокрого слоя на протяжении всего процесса окрашивания.

Наибольшее распространение в промышленности получили двухкомпонентные ЛКМ.

Среди них чаще всего используют высоконаполненным материалам. Высоконаполненные системы ЛКМ являются, если процентное содержание растворителей и прочих летучих органических веществ в них не превышает 35%.

Это связано с тем, что высоконаполненные материалы сохнут дольше обыкновенных, а при использовании двухкомпонентных материалов этим фактором можно управлять за счет подбора отверждающего компонента или температуры, при которой происходит высыхание.

Основным достоинством высоконаполненных систем, по сравнению с обычными, является значительно лучшая коррозионная стойкость при сопоставимой толщине слоя, меньший расход материала и возможность нанесения более толстым слоем, для обеспечения получения необходимой антикоррозионной защиты всего за 1 – 2 слоя.

### *Время отверждения*

Один из главных критерием является двухкомпонентные продукты, где есть отверждение в результате химической реакции при смешивании компонентов перед применением. Смешанная краска обычно выдерживается в течение нескольких минут, для того чтобы запустить процесс реакции, обеспечивающий увеличение толщины слоя и высыхание ЛКП.

Время отверждения зависит от жизнеспособности и температуры окружающей среды. Изделиям, с короткой жизнеспособность, требуется меньше времени выдерживания, так и для высокой температуры окружающей среды, более короткое время выдерживания обеспечит хороший результат при формировании пленки ЛКП.

#### *Толщина покрытия*

Одним из параметров, при определении качества и долговечности ЛКП – это толщина.

Толщина ЛКП должна быть достаточно большой, так как она влияет на скорость внедрения агрессивных агентов в поверхность.

Таким образом, при эксплуатации покрытий в условиях с различными факторами агрессивности его толщина определяется в соответствии со степенью агрессивности среды.

При этом нельзя утверждать, что увеличение толщины ЛКП может привести к повышению его антикоррозионных свойств. При значительной толщине в ЛКП может возникнуть внутренние напряжения, которое приведет к его растрескиванию.

Согласно ISO 12944 для обеспечения заданной долговечности необходимая толщина ЛКП определяется исходя из типа пленкообразующего, степени коррозионности среды эксплуатации.

#### **4.6 Эксперименты по прочности ЛКП**

Проведем ряд экспериментов по повышению прочности ЛКП эмаль-аэрозоль KUDO и эмали DALI. В качестве поверхности будем использовать стальную пластинку. Очистку поверхности произведем ручным способом. Прочность ЛКП будем производить согласно методике, описанной в пункте 3.3.

##### Рассмотрим эмаль-аэрозоль марки KUDO.

В опыте №1 на поверхность образца наносилась эмаль. Для точности результатов измерения проводились шесть раз. Глубину отпечатка определяли при помощи микрометра, значение твердости определяли по таблице. [Приложение А]



Реальный вид стальной пластинки представлен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Реальный вид стальной пластинки после нагревания до 600°C

Результаты измерений и значения микротвердости приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты измерений и значения микротвердости эмали KUDO

Номер измерения	1	2	3	4	5	6
Глубина отпечатка, мкм	53,0	54,0	54,0	52,0	52,0	53,0
Значение микротвердости, НВ	18,1	18,2	18,3	18,5	18,3	18,2

Статическая обработка данных представлена в таблице 5.

Погрешность измерения определяется по формуле:

$$X_{уст} = \bar{X} \pm S, \quad (1)$$

где  $\bar{X}$  – среднее арифметическое значение, НВ;

S – предельная погрешность.

Предельная погрешность определяется по формуле:

$$S = \pm \frac{3 \cdot \sigma}{\sqrt{n}}, \quad (2)$$

где  $\sigma$  – среднее квадратичная погрешность, НВ;

n – количество измерений;

Средняя квадратичная погрешность определяется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}. \quad (3)$$

Среднее арифметическое значение определяется по формуле:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}, \quad (4)$$

где  $X_i$  – значение микротвердости.

Таблица 5 – Статическая обработка данных опыта №1

Значение микротвердости $X_i$ , НВ	Результат измерений					
		18,100	18,200	18,300	18,500	18,300
Среднее арифметическое $\bar{X}$ , НВ	18,267					
Остаточная погрешность, НВ	0,167	0,067	-0,033	-0,233	-0,033	0,067
Остаточная квадратичная погрешность $(X_i - \bar{X})^2$ , НВ	0,028	0,004	0,001	0,054	0,001	0,004
Сумма остаточных квадратичных погрешностей, НВ	0,093					
Средняя квадратичная погрешность $\sigma$ , НВ	0,016					
Предельная погрешность, S	0,019					
Результат измерений $X_{ист} = \bar{X} \pm S$ , НВ	$X_{ист} = 18,267 \pm 0,019$					

В опыте №2 образца с краской помещали в печь и нагревали до температуре 600°C в течении 50 минут. Реальный вид стальной пластинки после нагревания представлен на рисунке 12.



Рисунок 12 – Реальный вид стальной пластинки после нагревания до 600°C

Результаты измерений и значения микротвердости после нагревания приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты измерений и значения микротвердости эмали KUDO после нагрева

Номер измерения	1	2	3	4	5	6
Глубина отпечатка, мкм	53,0	54,0	54,0	52,0	52,0	53,0
Значение микротвердости, НВ	19,3	19,4	19,4	19,5	19,5	19,3

Статическая обработка данных представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Статическая обработка данных опыта №2

Значение микротвердости $X_i$ , НВ	Результат измерений					
		19,300	19,400	19,400	19,500	19,500
Среднее арифметическое $\bar{X}$ , НВ	19,400					
Остаточная погрешность, НВ	0,100	0	0	-0,100	-0,100	0,100
Остаточная квадратичная погрешность $(X_i - \bar{X})^2$ , НВ	0,010	0	0	0,010	0,010	0,010
Сумма остаточных квадратичных погрешностей, НВ	0,040					
Среднее квадратичная погрешность $\sigma$ , НВ	0,007					
Предельная погрешность, S	0,008					
Результат измерений $X_{ист} = \bar{X} \pm S$ , НВ	$X_{ист} = 19,400 \pm 0,008$					

В опыте №3 для повышения прочности в краску добавляли порошок титана ВТ–6, порошок алюминия А5Е, а также порошок алюминат натрия  $Al_2O_3$ . После чего образец с краской помещали в печь и нагревали до температуре  $600^\circ C$  в течение 50 минут. Реальный вид стальной пластинки после нагревания представлен на рисунке 13.

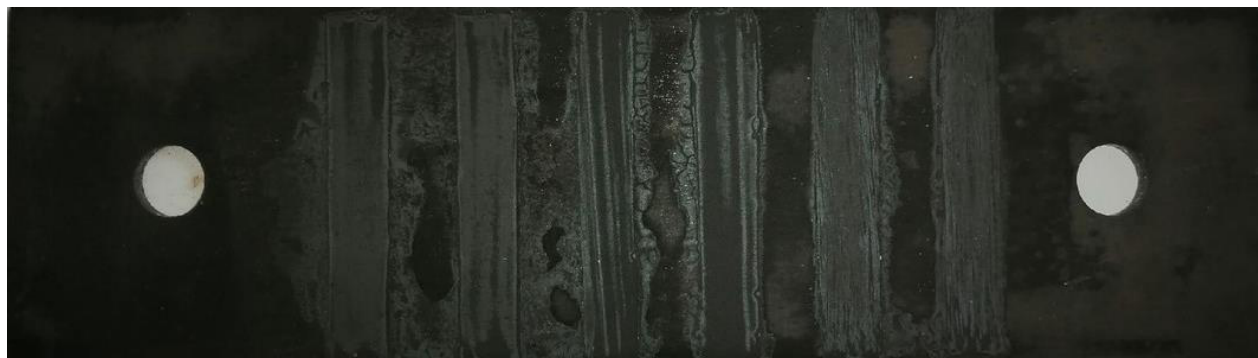


Рисунок 13 – Реальный вид стальной пластинки после нагревания до  $600^\circ C$

Результаты измерений и значения микротвердости после нагревания приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты измерений и значения микротвердости эмали KUDO

Номер измерения	1		2		3		4		5		6							
Сплав	BT-6						A5E											
Глубина отпечатка, мкм	137,0	136,0	138,0	119,0	120,0	118,0	230,0	229,0	231,0	232,0	231,0	230,0	563,0	562,0	564,0	561,0	562,0	563,0
Значение микротвердости, НВ	73,5	73,4	73,4	73,5	73,6	73,4	96,0	97,4	96,0	97,4	98,8	98,8	156,0	153,0	156,0	153,0	156,0	156,0

Статическая обработка данных сплава титана представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Статическая обработка данных порошка титана опыта №3

	Результат измерений					
Значение микротвердости $X_i$ , НВ	73,500	73,400	73,400	73,500	73,600	73,400
Среднее арифметическое $\bar{X}$ , НВ	73,467					
Остаточная погрешность, НВ	-0,033	0,067	0,067	-0,033	-0,133	0,067
Остаточная квадратичная погрешность $(X_i - \bar{X})^2$ , НВ	0,001	0,004	0,004	0,001	0,018	0,004
Сумма остаточных квадратичных погрешностей, НВ	0,033					
Среднее квадратичная погрешность $\sigma$ , НВ	0,006					
Предельная погрешность, S	0,007					
Результат измерений $X_{ист} = \bar{X} \pm S$ , НВ	$X_{ист} = 73,467 \pm 0,007$					

Статическая обработка данных порошка алюминия представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Статическая обработка данных порошка алюминия опыта №3

	Результат измерений					
Значение микротвердости $X_i$ , НВ	96,000	97,400	96,000	97,400	98,800	98,800
Среднее арифметическое $\bar{X}$ , НВ	97,400					
Остаточная погрешность, НВ	1,400	0	1,400	0	-1,400	-1,400
Остаточная квадратичная погрешность $(X_i - \bar{X})^2$ , НВ	1,960	0	1,960	0	1,960	1,960
Сумма остаточных квадратичных погрешностей, НВ	7,840					
Среднее квадратичная погрешность $\sigma$ , НВ	1,307					

Предельная погрешность, S	1,600
Результат измерений $X_{ист} = \bar{X} \pm S$ , НВ	$X_{ист} = 97,4 \pm 1,6$

Статическая обработка данных порошка алюмината натрия представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Статическая обработка данных порошка алюмината натрия опыта №3

Значение микротвердости $X_i$ , НВ	Результат измерений					
	156,000	153,000	156,000	153,000	156,000	156,000
Среднее арифметическое $\bar{X}$ , НВ	155,000					
Остаточная погрешность, НВ	-1,000	2,000	-1,000	2,000	-1,000	-1,000
Остаточная квадратичная погрешность $(X_i - \bar{X})^2$ , НВ	1,000	4,000	1,000	4,000	1,000	1,000
Сумма остаточных квадратичных погрешностей, НВ	12,000					
Среднее квадратичная погрешность $\sigma$ , НВ	2,000					
Предельная погрешность, S	2,449					
Результат измерений $X_{ист} = \bar{X} \pm S$ , НВ	$X_{ист} = 155,000 \pm 2,449$					

На рисунке 14 представлены значения микротвердости эмали при различных условиях.

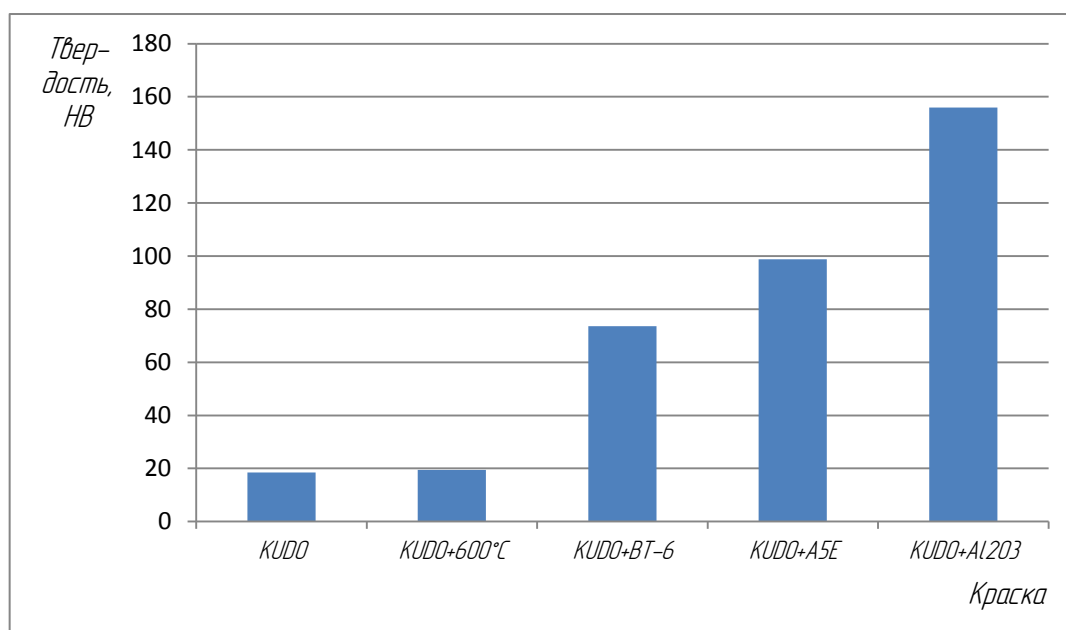


Рисунок 14 – Значения микротвердости эмали KUDO

### Рассмотрим эмаль марки DALI.

В опыте №1 на поверхность образца наносилась эмаль. Для точности результатов измерения проводились шесть раз. Глубину отпечатка определяли при помощи микрометра, значение микротвердости определяли по таблице [Приложение А]. Реальный вид стальной пластинки представлен на рисунке 15.



Рисунок 15 – Реальный вид стальной пластинки

Результаты измерений и значения микротвердости приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Результаты измерений и значения микротвердости эмали DALI

Номер измерения	1	2	3	4	5	6
Глубина отпечатка, мкм	21,0	19,0	23,0	22,0	19,0	20,0
Значение микротвердости, НВ	19,3	19,4	19,3	19,5	19,4	19,3

Статическая обработка данных представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Статическая обработка данных опыта №1

	Результат измерений					
Значение микротвердости $X_i$ , НВ	19,300	19,400	19,300	19,500	19,400	19,300
Среднее арифметическое $\bar{X}$ , НВ	19,367					
Остаточная погрешность, НВ	0,067	-0,033	0,067	-0,133	-0,033	0,067
Остаточная квадратичная погрешность $(X_i - \bar{X})^2$ , НВ	0,004	0,001	0,004	0,018	0,001	0,004
Сумма остаточных квадратичных погрешностей, НВ	0,033					
Среднее квадратичная погрешность $\sigma$ , НВ	0,006					
Предельная погрешность, S	0,007					
Результат измерений $X_{ист} = \bar{X} \pm S$ , НВ	$X_{ист} = 19,367 \pm 0,007$					

В опыте №2 образца с краской помещали в печь и нагревали до температуре 600°C в течении 50 минут. Реальный вид стальной пластинки после нагревания представлен на рисунке 16.



Рисунок 16 – Реальный вид стальной пластинки после нагревания до 600°C

Результаты измерений и значения микротвердости после нагревания приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Результаты измерений и значения микротвердости эмали DALI после нагрева

Номер измерения	1	2	3	4	5	6
Глубина отпечатка, мкм	65,0	62,0	63,0	67,0	64,0	66,0
Значение микротвердости, НВ	20,7	20,9	20,7	21,0	20,9	21,0

Статическая обработка данных представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Статическая обработка данных опыта №2

	Результат измерений					
Значение микротвердости $X_i$ , НВ	20,7	20,9	20,7	21,0	20,9	21,0
Среднее арифметическое $\bar{X}$ , НВ	20,867					
Остаточная погрешность, НВ	0,167	-0,033	0,167	-0,133	-0,033	-0,133
Остаточная квадратичная погрешность $(X_i - \bar{X})^2$ , НВ	0,028	0,001	0,028	0,018	0,001	0,018
Сумма остаточных квадратичных погрешностей, НВ	0,093					
Среднее квадратичная погрешность $\sigma$ , НВ	0,016					
Предельная погрешность, S	0,019					
Результат измерений $X_{ист} = \bar{X} \pm S$ , НВ	$X_{ист} = 20,867 \pm 0,019$					

В опыте №3 для повышения прочности в краску добавляли порошок титана ВТ–6, и порошок алюмината натрия  $Al_2O_3$ . После чего образец с краской помещали в печь и нагревали до температуре  $600^\circ C$  в течении 50 минут. Реальный вид стальной пластинки после нагревания представлен на рисунке 17.



Рисунок 17 – Реальный вид стальной пластинки после нагревания до  $600^\circ C$

Результаты измерений и значения микротвердости после нагревания приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Результаты измерений и значения микротвердости эмали DALI

Номер измерения	1			2			3			4		
Сплав	ВТ–6						$Al_2O_3$					
Глубина отпечатка, мкм	92,0	95,0	93,0	92,0	93,0	95,0	370	366	368	367	366	370
Значение микротвердости, НВ	22,5	22,2	22,4	22,5	22,4	22,2	111	115	113	113	115	111

Статическая обработка данных порошка титана представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Статическая обработка данных порошка титана опыта №3

	Результат измерений					
Значение микротвердости $X_i$ , НВ	22,5	22,2	22,4	22,5	22,4	22,2
Среднее арифметическое $\bar{X}$ , НВ	22,367					
Остаточная погрешность, НВ	– 0,133	0,167	– 0,033	– 0,133	– 0,033	0,167
Остаточная квадратичная погрешность $(X_i - \bar{X})^2$ , НВ	0,018	0,028	0,001	0,018	0,001	0,028
Сумма остаточных квадратичных погрешностей, НВ	0,093					
Среднее квадратичная погрешность $\sigma$ , НВ	0,016					
Предельная погрешность, S	0,019					
Результат измерений $X_{ист} = \bar{X} \pm S$ , НВ	$X_{ист} = 22,367 \pm 0,019$					



Статическая обработка данных порошка алюмината натрия представлена в таблице 18.

Таблица 18 – Статическая обработка данных алюмината натрия опыта №3

Значение микротвердости $X_i$ , НВ	Результат измерений					
		111,000	115,000	113,000	113,000	115,000
Среднее арифметическое $\bar{X}$ , НВ	113					
Остаточная погрешность, НВ	2,000	-2,000	0,000	0,000	-2,000	2,000
Остаточная квадратичная погрешность $(X_i - \bar{X})^2$ , НВ	4,000	4,000	0,000	0,000	4,000	4,000
Сумма остаточных квадратичных погрешностей, НВ	16,000					
Среднее квадратичная погрешность $\sigma$ , НВ	2,667					
Предельная погрешность, S	3,266					
Результат измерений $X_{ист} = \bar{X} \pm S$ , НВ	$X_{ист} = 113 \pm 3,266$					

На рисунке 18 представлены значения микротвердости эмали при различных условиях.

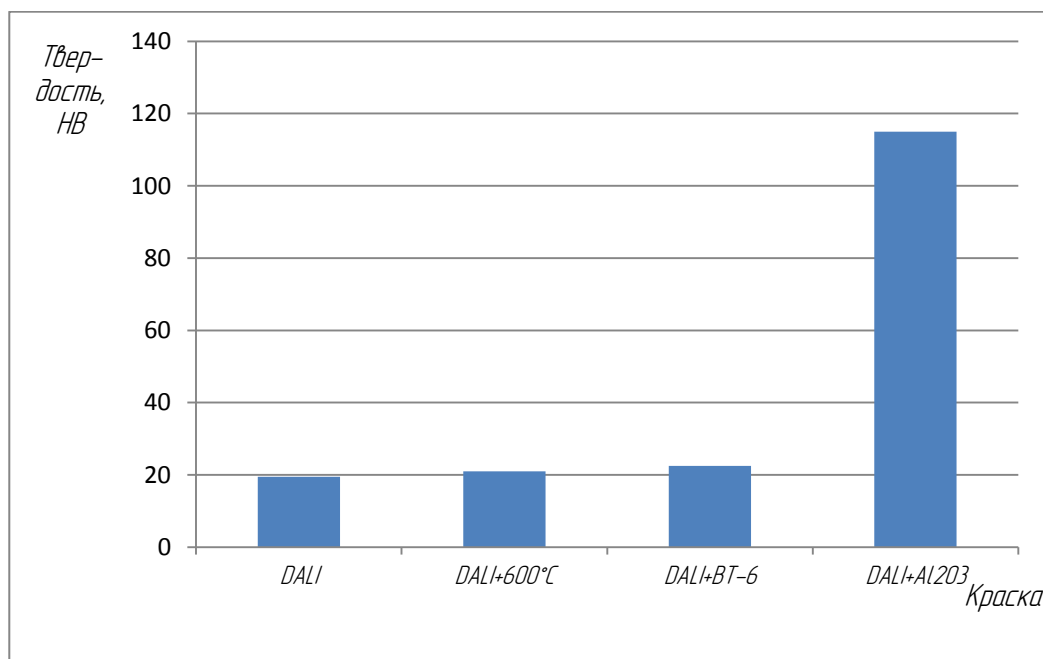


Рисунок 18 – Значения микротвердости эмали DALI

В таблице 19 представлена сравнительная характеристика эмалей марки KUDO и DALI после проведения эксперимента.

Таблица 19 – Сравнительная характеристика эмалей марки KUDO и DALI

Марка эмали	Твердость, НВ				
	Эмаль	После нагревания до 600°С	После нагревания до 600°С в составе порошком титана	После нагревании до 600°С в составе с порошком алюминия	После нагревании до 600°С в составе с порошком алюминатом натрия
Эмаль KUDO	18,5	19,5	73,6	98,8	156
Эмаль DALI	20,0	21,0	23,0	–	115

Вывод: эмаль марки KUDO имеет самую большую твердость при различных параметрах.

## 5 МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

### Общие требования

1. Организацию и выполнение окрасочных работ следует проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.002, ГОСТ 12.3.005–75, а также согласно типовым правилам пожарной безопасности для промышленных предприятий и санитарным правилам при окрасочных работах с применением ручных распылителей.

2. Окрасочные работы должны быть безопасными на всех стадиях:

– подготовки поверхности изделий под окрашивание, включая удаление ржавчины, окалины, старых покрытий, обезжиривание и нанесение преобразователей ржавчины;

– нанесения ЛКМ, включая приготовление рабочих составов, мойку и чистку тары, рабочих емкостей, производственного оборудования, инструмента и защитных средств;

– сушку ЛКП;

– обработки поверхности ЛКП (шлифования, полирования).

3. При проведении окрасочных работ должны быть предусмотрены меры, устраняющие условия возникновения взрывов и пожаров в технологических установках (камерах, аппаратах), производственных помещениях, на производственных площадках вне помещений и меры защиты работающих от возможного действия опасных и вредных факторов.

4. Уровни опасных и вредных производственных факторов при окрасочных работах не должны превышать предельно допустимых значений, предусмотренных государственными стандартами и санитарно–гигиеническими нормами.

### Требования к хранению и транспортированию исходных материалов и отходов производства

1. ЛКМ, растворители, разбавители, отвердители, полуфабрикаты для приготовления моющих, обезжиривающих и полировочных составов следует

хранить в соответствии с ГОСТ 9980.5 и ГОСТ 1510. Склады, размещенные в отдельных зданиях (блоках складских зданий), должны быть оборудованы самостоятельным эвакуационным выходом наружу, принудительной вентиляцией согласно ГОСТ 12.4.021 и средствами пожарной техники ГОСТ 12.4.009.

– запасы ЛКМ в количестве не более 3–суточной потребности следует размещать в кладовых при краскоприготовительных отделениях, оборудованных принудительной вытяжной вентиляцией и средствами пожарной техники согласно ГОСТ 12.4.009.

2. Запасы ЛКМ в количестве сменного расхода допускается хранить в краскоприготовительном отделении без устройства кладовых.

3. Каждая партия поступающих на склады и в краскоприготовительные отделения материалов должна иметь сертификат или аналитический паспорт.

4. Тара, в которой находятся материалы, должна иметь наклейки или бирки с точным наименованием и обозначением содержащихся материалов, а для материалов, имеющих в своем составе свинец и другие чрезвычайно опасные и высокоопасные вещества, – указание об их наличии. Тара должна быть исправной и иметь плотно закрывающиеся крышки.

5. К рабочему месту готовые к применению ЛКМ должны доставляться по трубопроводам. При применении в смену не более 200 кг ЛКМ одного наименования допускается доставлять его в плотно закрытой небьющейся таре. Для транспортирования материалов и изделий должны быть предусмотрены подъемно–транспортные механизмы в соответствии с ГОСТ 12.3.020.

6. При отсутствии централизованной подачи (по трубам) по окончании работы остатки ЛКМ, растворителей и разбавителей следует возвращать в краскоприготовительное отделение или кладовую и сливать в закрывающуюся тару. Материалы, не пригодные к дальнейшему использованию, следует удалять и нейтрализовать.

7. Тару, рабочие емкости и окрасочный инструмент следует очищать и мыть только в специально оборудованных местах, снабженных местной вытяж-

ной принудительной вентиляцией и средствами пожарной техники согласно ГОСТ 12.4.009.

8. Тару из–под ЛКМ, растворителей, разбавителей и других горючих отходов производств следует хранить в плотно закрытом состоянии в специальных кладовых, отделенных от основного производства противопожарными перегородками и дверями с устройством самостоятельного выхода наружу и оборудованных принудительной вытяжной вентиляционной системой, или на специально выделенных площадках вне помещений на безопасных расстояниях от них. Кладовые и площадки должны быть оборудованы средствами пожарной техники согласно ГОСТ 12.4.009.

9. Промасленные и загрязненные обтирочные материалы следует складывать в металлические ящики с крышками и по окончании каждой смены выносить из производственных помещений в специально отведенные места.

#### Требования к персоналу

1. Рабочие должны проходить предварительные и периодические медицинские осмотры. К работам с ЛКМ содержащими чрезвычайно опасные и высокоопасные вещества, не должны допускаться лица моложе 18 лет, беременные женщины и кормящие матери.

2. К самостоятельной работе следует допускать лиц после прохождения ими обучения и инструктажа согласно ГОСТ 12.0.004.

Работающие должны знать:

– опасные, вредные производственные факторы, связанные с выполняемыми работами, вредные вещества в составе применяемых материалов и в воздухе рабочей зоны и характер их действия на организм человека;

– инструкции по порядку выполнения работы и содержанию рабочего места;

– инструкции по технике безопасности, пожарной безопасности и производственной санитарии;

– способы оказания первой помощи пострадавшим при несчастных случаях;

- правила личной гигиены;
- правила пользования индивидуальными средствами защиты.

Работающие должны регулярно проходить повторный инструктаж и проверку знаний.

3. При изменении технологического процесса, применяемого оборудования, условий труда, а также в случае нарушения требований безопасности труда необходимо проводить внеплановый инструктаж и проверку знаний по безопасности труда и правилам пожарной безопасности.

#### Спец. одежда и обувь, СИЗ

1. Работа без спецодежды не разрешается.
2. Рабочие обеспечиваются бесплатной спецодеждой, СИЗ, средствами личной гигиены и защитными приспособлениями в соответствии.
3. При выдаче, хранении и пользовании спецодеждой, спецобувью и предохранительными приспособлениями следует руководствоваться "Инструкцией о порядке выдачи, хранения и пользования спецодеждой и предохранительными приспособлениями.
4. Спецодежда, загрязненная ЛКМ, содержащими свинец, хранится и сдаётся в стирку отдельно от другой спецодежды.
5. При пульверизационной окраске необходимо работать в исправной, плотно застегнутой спецодежде и головном уборе (шлем) или в платке (для женщин). Не допускается ношение одежды из синтетических материалов (нейлон, перлон и т.д.), шелка, способствующих электризации, а также колец и браслетов, на которых аккумулируются заряды статического электричества.
6. При необходимости предохранения органов дыхания от воздействия красочной пыли и паров растворителей, особенно при применении ЛКМ, содержащих свинец, эпоксида и полиуретаны, необходимо пользоваться респираторами типа РМП–62 с подачей воздуха под маску, защитными очками и др.
7. Для хранения, приема, выдачи, проверки и перезарядки респираторов следует предусматривать специальное помещение (СНиП II.М.2–62).

8. За хранение, проверку, ремонт, смену поглотителей и дезинфекцию респираторов, масок ответственность несет специальное лицо, выделенное администрацией предприятия.

Методико–профилактическое обследование, личная гигиена, инструктаж рабочих

1. Персонал проходит при приеме на работу периодические медицинские осмотры согласно Приказу Минздрава СССР от 30 мая 1969 г. N 400.

2. Лица, имеющие противопоказания по состоянию здоровья, к работе с ЛКМ и растворителями не допускаются.

3. Лица моложе 18 лет, беременные и кормящие женщины не допускаются к работам с ЛКМ, содержащими опасные растворители и свинцовые соединения.

4. Рабочие допускаются к работе только после проведения инструктажа и проверки знаний по ТБ и гигиене труда специальной квалификационной комиссией.

Каждый рабочий обязан знать:

а) производственные вредности, связанные с окрасочными работами, и характер их действия на организм человека;

б) производственные инструкции по рабочим местам;

в) инструкции по ТБ, ПБ;

г) правила личной гигиены;

д) правила пользования СИЗ;

е) правила оказания первой помощи.

5. Для ручной окраски методами распыления должны быть составлены инструкции по безопасным методам работы и мерам личной гигиены.

6. Рабочие инструкции и специальные плакаты должны быть вывешены на видных местах на окрасочных участках и у окрасочных камер.

7. Повторный инструктаж и контрольная проверка знаний по производственной санитарии и ТБ производится не реже 1 раза в полгода с соответствующей отметкой в журнале.

8. При изменении технологического процесса, применяемого оборудования, а также при аварийных или несчастных случаях необходимо проводить внеплановый инструктаж.

9. Рабочим, соприкасающимся с ЛКМ, следует проводить мытье рук перед приемом пищи и после окончания рабочего дня теплой водой со специальным мылом.

10. При применении материалов, содержащих свинец, мытье рук следует производить сульфированным мылом с предварительным обмыванием 1-процентным раствором кальцинированной соды. Перед приемом пищи и после окончания работ следует тщательно прополоскать рот.

11. По окончании работы необходимо ежедневно принимать душ.

12. На рабочем месте должны быть аптечки с набором медикаментов и перевязочных средств для оказания первой помощи при несчастных случаях. На видных местах вывешивать плакаты с правилами оказания первой помощи.

Физиолого-гигиенические требования к режиму труда и отдыха, рабочему месту

1. При окраске крупных изделий рабочее место следует оборудовать передвижным подъемным приспособлением для возможности правильно и удобно проводить окрашивание верхних и нижних поверхностей детали.

2. В рабочей зоне на окрасочных участках должны быть оборудованы места для сидения.

3. Работа, связанная с окраской ручными распылителями, должна относиться к категории средней тяжести.

В таблице 20 приведена основная номенклатура СИЗ:

Таблица 20 – Основная номенклатура СИЗ

Средства индивидуальной защиты	Применение
Для защиты органов дыхания и глаз	
Изолирующий противогаз ПП-1, ПП-2-57	Для защиты от газов, пара и пыли
Респиратор РМП-62	
Шланговый респиратор	
Респиратор РУ-60 с соответствующими патронами	От пыли и паров растворителей
Очки-моноблок	От пыли



Для защиты рук	
ИЭР-1 (паста института Эрисмана)	От воздействия органических растворителей
Биологические перчатки	
Паста ПМ-1 (паста института ВЦНИИОТ ВЦСПС)	
Фуралицилиновая паста	
Мыло МДМ	Для мытья рук
Отмывочное средство «Вало»	
Перчатки защитные из поливинилового спирта на нетканой основе	От воздействия красок и органических растворителей

### Контроль выполнения ТБ

1. Необходимо систематически контролировать соответствие уровней и концентраций опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах санитарным нормам и стандартам ССБТ. Порядок и сроки контроля следует устанавливать в зависимости от особенностей и характера конкретного производства согласно нормативным документам.

– контроль состояния воздушной среды производственных помещений (температура, влажность, скорость движения воздуха, содержание вредных веществ и пыли) должен проводиться согласно ГОСТ 12.1.005 и ГОСТ 12.1.007;

– температуру поверхности оборудования и изделий следует измерять контактной термопарой и измерительным прибором согласно ГОСТ 9736;

– проверку уровней ультразвука, шума и вибрации на рабочих местах необходимо проводить согласно ГОСТ 12.1.001, ГОСТ 12.1.003 и ГОСТ 12.1.012.

– проверку уровня ультрафиолетовой радиации следует проводить по указаниям к проектированию и эксплуатации установок искусственного ультрафиолетового облучения на промышленных предприятиях. Радиационный контроль – по основным санитарным правилам работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений.

– контроль выполнения требований электробезопасности необходимо осуществлять согласно ГОСТ 12.1.019;

– проверку уровня ионизации на рабочих местах следует проводить в соответствии с требованиями санитарно–гигиенических норм допустимых уровней;

– соблюдение требований электростатической искробезопасности согласно ГОСТ 12.1.018.

– контроль уровня напряженности электростатического поля на рабочих местах необходимо осуществлять согласно ГОСТ 12.1.045;

– контроль выполнения требований пожаро– и взрывобезопасности согласно ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010;

– контроль состава воздушной среды производственных помещений на взрывобезопасность следует проводить в зонах возможных максимальных концентраций легковоспламеняющихся и горючих веществ.

2. Контроль состояния воздушной среды, уровней опасных и вредных производственных факторов необходимо осуществлять также при изменении технологии или режимов работы, реконструкции вентиляции и по требованию органов, осуществляющих надзор за состоянием безопасности труда на предприятии.

## 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для анализа экономической части сравним трудоемкость при окрашивании деталей кистями и трудоемкость при окрашивании деталей краскораспылителей. Для этого следует рассчитать трудоемкость человек – часы при использовании краскораспылителей.

Технологическая карта восстановления ЛКП при окрашивании деталей кистей представлена в таблице 21.

Таблица 21 – Технологическая карта №1

Восстановление ЛКП		Количество обслуживающего персонала 2 чел. Трудоемкость 28,0 чел.–ч	
Инструмент и принадлежность	Обозначение НТД	Расходные материалы	
Кисть КФК8	ГОСТ 10597–87	Наименование	Обозначение НТД
Кисть КФК25	ГОСТ 10597–87	Шкурка шлифовальная тканевая водостойкая	ГОСТ 13344–79
Щетка из стальной проволоки		Ветошь обтирочная сортированная	ТУ 63–032–15–89
		Грунт–эмаль ИЗОЛЭП–mastic	ТУ 2312–065–1228879–2007
		Эмаль Политон УР (УФ) марки А, полуглянцевая	ТУ 2312–033–12288779–2002
		Растворитель СольВ–УР	ТУ 2312–032–12288779–2002
		Нефрас – С50/170	ГОСТ 8505–80

Для расчета трудоемкости необходимы следующие исходные данные:

- производительность краскораспылителя КРП–10  $P_k = 450$  г/мин = 27 кг/час;
- диаметр трубы НКМ  $d = 90$  мм;
- длина трубы НКМ  $l = 4202$  мм;
- расход краски марки KUDO Q = 0,2 кг/м<sup>2</sup>.

Трудоемкость находится по формуле:

$$T = \frac{S_{нов} \cdot Q}{\Pi_k}, \quad (5)$$

где  $S_{нов}$  – площадь поверхности трубы,  $m^2$ .

Площадь поверхности трубы определяется как:

$$S_{нов} = \pi \cdot d \cdot l, \quad (6)$$

$$S_{нов} = 3,14 \cdot 90 \cdot 4202 = 1187485,2 \text{ мм}^2 \approx 1,187 \text{ м}^2,$$

$$T = \frac{1,187 \text{ м}^2 \cdot 0,2 \text{ кг / м}^2}{27 \text{ кг / час}} = 0,009 \text{ час}.$$

Общую площадь найдем исходя из условия оперативного времени при окрашивании поверхности деталей кистью.

С условием, что на 1 квадратный метр затрачивается приблизительно 0,58 минуты, вычислим общую площадь как:

$$S_{общ} = \frac{T_k}{0,58}, \quad (7)$$

где  $S_{общ}$  – общую площадь окрашиваемой поверхности,  $m^2$ ;

$T_k$  – трудоемкость при окрашивании деталей кистями, чел–час.

$$S_{общ} = \frac{(28 \cdot 60) \text{ мин}}{0,58 \text{ мин}} = 2897 \text{ м}^2,$$

Следовательно, полная трудоемкость при окрашивании деталей краскораспылителей будет равна:

$$T_{общ} = T_k \cdot S_{общ}, \quad (8)$$

$$T_{\text{общ}} = 0,009 \cdot 2897 = 16 \text{ чел} - \text{час.}$$

Таким образом, при окрашивании деталей краскораспылителем КРП–10 трудоемкость составит 16 чел – час.

Для более детального представления составим технологическую карту при окрашивании деталей краскораспылителей.

Технологическая карта представлена в таблице 22.

Таблица 22 – Технологическая карта №2

Восстановление ЛКП		Количество обслуживающего персонала 2 чел. Трудоемкость 16 чел.–час	
Инструмент и принадлежности	Обозначение НТД	Расходные материалы	
Краскораспылитель КРП–10	ТУ 6–10–2137–88	Наименование	Обозначение НТД
Краскораспылитель СО–71	ТУ 22–4125—77	Шкурка шлифовальная тканевая водостойкая	ГОСТ 13344–79
Пескоструйная обработка		Ветошь обтирочная сортированная	ТУ 63–032–15–89
		Эмаль–аэрозоль KUDO	ТУ 20.30.12–025–53934955–2017
		Эмаль DALI	ТУ 2312–114–13238275–2013

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной работы были рассмотрены составы противопожарных красок, виды контроля качества и методы испытаний ЛКП, технологии нанесения ЛКП. Был проведен анализ оценки прочности краски и эксперименты по повышению прочности ЛКП.

Был выделен оптимальный метод оценки прочности красок – способ оценки прочности красок по величине микротвердости покрытия. При проведении эксперимента были взяты эмали марки KUDO и DALI с различной термостойкостью. В первом случае термостойкость составила 800°C, во втором 600°C. При добавлении в краску порошок титана, порошок алюминия, а также порошок алюмината натрия было выявлено повышение ее прочности. В ходе эксперимента было установлено, что алюминат натрия, в качестве наполнителя для краски, имеет самую высокую прочность при сравнении с другими. Так для краски марки KUDO показатели прочности оказались больше, чем для эмали DALI.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лившиц М. Л. Технический анализ и контроль производства лаков и красок: учебно–методическое пособие / Лившиц М. Л. – Издательство Москва, «Высшая школа», 1973 г., 216 с.
2. Комаров О. С. Совершенствование составов противопригарных красок / Комаров О. С., Немененок Б. М., Розенберг Е. В., Комарова Т. Д. – Литье и металлургия, 2016. № 1. С. 53–57.
3. Комаров О. С. Методика определения прочности противопригарных покрытий / Комаров О. С., Барановский К. Э., Розенберг Е. В., Комарова Т. Д. – Литье и металлургия, 2014. № 4. С. 31–32.
4. Комаров О. С. Совершенствование составов противопригарных красок / Комаров О. С., Немененок Б. М., Розенберг Е. В., Комарова Т. Д. – Литье и металлургия, 2017. № 1. С. 24–26.
5. Комаров О. С. Совершенствование составов противопригарных красок / Комаров О. С., Немененок Б. М., Комарова Т. Д. – Литье и металлургия 2016. № 10. С. 4–6.
6. Бобков Л.С. Лакокрасочные покрытия в машиностроении / Бобков Л.С., Васюкова А.Н., Владычина Е.Н. – Издательство «Машиностроение», 1974 г., 576 с.
7. Орлова О.В. Технология лаков и красок: учебно–методическое пособие / Орлова О.В., Фомичева Т.Н. – Москва, «Химия», 1990 г., 384 с.
8. Стартовая система 373ПУ07, Инструкция по техническому обслуживанию 373ПУ07. ИО, 87 с.
9. Стартовая система 373ПУ07, Техническое описание 373ПУ07. ТО, 78 с.
10. ГОСТ 8832–76. Материалы лакокрасочные. Методы получения лакокрасочного покрытия для испытания. – Введ. С. – 1977–01–01. – Москва: Стандартинформ, 2006. – 14 с.
11. ГОСТ 9825–73. Материалы лакокрасочные. Термины, определения и обозначения. – Введ. С. – 1974–01–01. – Москва: Стандартинформ, 2006. – 8 с.

12. ГОСТ 12.3.002–2014, Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные, общие требования безопасности. – Введ. С. – 2016–07–01: Москва: Стандартинформ, 2016. – 15 с.



ПРИЛОЖЕНИЕ А

Диагональ отпечатка, мм	Значения твердости HV									
	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,03	2060	1930	1811	1703	1604	1514	1431	1355	1284	1219
0,04	1159	1103	1051	1003	958	916	876	839	805	772
0,05	742	713	686	660	636	613	591	571	551	533
0,06	515	498	482	467	453	439	426	413	401	389
0,07	378	368	358	348	339	330	321	313	305	297
0,08	290	283	276	269	263	257	251	245	239	234
0,09	229	224	219	214	210	205	201	197	193	189
0,10	185	182	178	175	171	168	165	162	159	156
0,11	153	151	148	145	143	140	138	135	133	131
0,12	129	127	125	123	121	119	117	115	113	111
0,13	110	108	106	105	103	102	100	98,8	97,4	96,0
0,14	94,6	93,3	92,0	90,7	89,4	88,2	87,0	85,8	84,7	83,5
0,15	82,4	81,3	80,3	79,2	78,2	77,2	76,2	75,2	74,3	73,4
0,16	72,4	71,5	70,7	69,8	68,9	68,1	67,3	66,5	65,7	64,9
0,17	64,2	63,4	62,7	62,0	61,2	60,6	59,9	59,2	58,5	57,9
0,18	57,2	56,6	56,0	55,4	54,8	54,2	53,6	53,0	52,5	51,9
0,19	51,4	50,8	50,3	49,8	49,3	48,8	48,3	47,8	47,3	46,8
0,20	46,4	45,9	45,4	45,0	44,6	44,1	43,7	43,3	42,9	42,5
0,21	42,0	41,7	41,3	40,9	40,5	40,1	39,7	39,4	39,0	38,7
0,22	38,3	38,0	37,6	37,3	37,0	36,6	36,3	36,0	35,7	35,4
0,23	35,1	34,8	34,5	34,2	33,9	33,6	33,3	33,0	32,7	32,5
0,24	32,2	31,9	31,7	31,4	31,1	30,9	30,6	30,4	30,2	29,9
0,25	29,7	29,4	29,2	29,0	28,7	28,5	28,3	28,1	27,9	27,6
0,26	27,4	27,2	27,0	26,8	26,6	26,4	26,2	26,0	25,8	25,6
0,27	25,4	25,2	25,1	24,9	24,7	24,5	24,3	24,2	24,0	23,8
0,28	23,7	23,5	23,3	23,2	23,0	22,8	22,7	22,5	22,4	22,2
0,29	22,0	21,9	21,7	21,6	21,5	21,3	21,2	21,0	20,9	20,7
0,30	20,6	20,5	20,3	20,2	20,1	19,9	19,8	19,7	19,5	19,4
0,31	19,3	19,2	19,0	18,9	18,8	18,7	18,6	18,5	18,3	18,2
0,32	18,1	18,0	17,9	17,8	17,7	17,6	17,4	17,3	17,2	17,1

Рисунок А.1 – Таблица для определения микротвердости по Виккерсу