ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

ИТС 35—2017

ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПРЕДМЕТОВ ИЛИ ПРОДУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИМИ РАСТВОРИТЕЛЯМИ

Москва
Бюро НДТ
2017

gost.e-ecolog.ru

Содержание

Введение VI
Предисловие VIII
Область применения 1
Раздел 1. Общая информация об окрасочных работах при производстве продукции (товаров) 2
1.1 Цели и задачи проведения окрасочных работ 2
1.2 Сырьевые материалы и энергопотребление 3
1.2.1 Лакокрасочные материалы 3
1.2.2 Растворители 9
1.2.3 Энергопотребление 15
1.3 Структура производства и потребления лакокрасочных материалов 16
1.4 Основные производства окрасочных работ 18
1.4.1 Транспортное машиностроение 18
1.4.2 Железнодорожная отрасль 19
1.4.3 Сельхозмашиностроение 20
1.4.4 Электротехника 22
1.4.5 Металлургия 22
1.4.6 Станкостроение 24
1.4.7 Судостроение 25
1.4.8 Авиационная промышленность 26
1.4.9 Нефтегазовая промышленность 27
1.5 Экологические аспекты производства окрасочных работ и воздействие на окружающую среду 28
Раздел 2. Основные технологические процессы подготовки поверхности и окрашивания, применяемые в настоящее время при производстве продукции (товаров) в Российской Федерации 30
2.1 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания легковых автомобилей 30
2.1.1 Подготовка к окрашиванию 33
2.1.2 Грунтование поверхности методом электроосаждения 33
2.1.3 Защита днища кузова и сварных швов 34
2.1.4 Нанесение промежуточной грунтовки 34
2.1.5 Нанесение верхнего (финишного) покрытия 34
2.2 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания грузовых автомобилей и автобусов 35
2.3 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания железнодорожных средств 40
2.4 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания сельскохозяйственной техники 43
2.5 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания электродвигателей 44
2.6 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания станков, кузнечно-прессовых и литейных машин 46

2.7 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания механического оборудования и специальных стальных конструкций гидротехнических сооружений ... 48
2.8 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания рулонного металлопроката (койл-коутинг) ... 50
2.9 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания судов ... 54
2.10 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания самолетов ... 59
2.11 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания оборудования и металлоконструкций нефтегазовой промышленности ... 62
2.11.1 Технологический процесс подготовки поверхности резервуаров ... 62
2.11.2 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания технологических сооружений и оборудования газовой промышленности ... 63
2.12 Технологический процесс окрашивания оборудования и металлоконструкций химических производств ... 64
Раздел 3. Оборудование окрасочных производств и факторы воздействия на окружающую среду ... 67
3.1 Оборудование очистки ... 67
3.1.1 Оборудование механической очистки ... 67
3.1.2 Оборудование обработки растворителем ... 70
3.2 Окрасочные камеры ... 70
3.3 Сушильные камеры ... 80
3.4 Окрасочно-сушильные камеры ... 86
3.5 Оборудование для нанесения лакокрасочных материалов ... 90
3.6 Камеры и зоны выдержки и растекания ЛКП ... 99
3.7 Оборудование для очистки вентиляционных выбросов окрасочно-сушильного оборудования ... 100
3.7.1 Адсорбционный метод очистки ... 100
3.7.2 Окислительный метод очистки ... 101
Раздел 4. Определение текущих уровней эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду ... 108
4.1 Выбросы в атмосферный воздух ... 108
4.1.1 При ручном обезжиривании уайт-спиритом ... 109
4.1.2 При окрашивании общее количество твердых отходов ЛКМ ... 110
4.1.3 Общее количество растворителя, выделяемое при окрашивании ... 115
4.1.4 Количество растворителя, выделяемого при выдержке и растекании нанесенного лакокрасочного покрытия ... 117
4.1.5 Количество растворителя, выделяемого при сушке лакокрасочного покрытия ... 118
4.2 Производственные сточные воды ... 119
4.3 Отходы производства ... 121
4.3.1 Промасленная ветошь ... 121

4.3.2 Тара, загрязненная лакокрасочным материалом ... 121
4.3.3 Шлам гидрофильтров ... 121
4.3.4 Фильтры с лакокрасочным материалом ... 122
Раздел 5. Определение наилучших доступных технологий производства окрасочных работ при обработке поверхностей промышленной продукции (товаров) ... 122
5.1 Критерии отнесения технологических процессов подготовки поверхности и окрашивания, оборудования, технических способов, методов к НДТ ... 123
5.2 Внедрение наилучшей доступной технологии ... 127
Раздел 6. Наилучшие доступные технологии по защите окружающей среды ... 128
6.1 Система экологического менеджмента ... 128
НДТ 1. Внедрение и постоянная поддержка принципов экологического менеджмента ... 128
НДТ 2 Повышение квалификации персонала ... 129
НДТ 3 Снижение вероятности чрезвычайных ситуаций ... 129
НДТ 4 Аппаратурный учет количества выбросов маркерных веществ ... 129
НДТ 5 Разработка и внедрение на предприятии программы и методик измерений ... 130
НДТ 6 Техническое обслуживание всех установок и оборудования ... 130
НДТ 7 Материальный баланс растворителей ... 130
6.2 Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет технологических средств ... 130
НДТ 8 Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет изменения технологии подготовки к окрашиванию ... 130
НДТ 9 Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет применения материалов с низким содержанием растворителей или без растворителей ... 131
НДТ 10 Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет предварительного грунтования изделий ... 132
НДТ 11 Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет методов окрашивания с высокой степенью переноса ЛКМ на изделие и малым туманообразованием или его отсутствием ... 132
НДТ 12 Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет минимизации потребления ЛКМ ... 134
НДТ 13 Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет уменьшения выбросов при сушке ЛКП ... 134
6.3 Очистка вентиляционных выбросов окрасочно-сушильного оборудования ... 135
НДТ 14 Сокращение и предотвращение образования выбросов в атмосферный воздух твердых частиц (пыли), взвешенных веществ ... 135
НДТ 15 Сокращение и предотвращение образования выбросов в атмосферный воздух летучих органических соединений (растворителей) ... 135
НДТ 16 Совершенствование систем очистки выбросов вредных загрязняющих веществ ... 136

НДТ 17 Использование систем автоматического управления расходом реагентов для очистки выбросов загрязняющих веществ ... 136
НДТ 18 Использование комплексного подхода при обращении с отходящими газами ... 136
6.4 Очистка сточных вод окрасочного оборудования ... 137
НДТ 19 Очистка ванны гидрофильтра от шлама ... 137
НДТ 20 Совершенствование систем очистки сточных вод ... 137
НДТ 21 Сокращение до минимального возможного уровня водопотребления ... 137
НДТ 22 Повышение степени повторного использования сточных вод ... 137
НДТ 23 Использование применяемых для очистки сточных вод реагентов, имеющих методики определения остаточных концентраций ... 138
НДТ 24 Использование систем автоматического управления расходом реагентов для очистки сточных вод ... 138
НДТ 25 Аппаратурный учет количества сбрасываемых сточных вод и специфических загрязнений ... 138
НДТ 26 Применение ультразвуковых или индукционных расходомеров ... 138
НДТ 27 Постоянный контроль качества сточных вод, сбрасываемых в централизованную систему водоотведения ... 138
6.5 Рекуперация тепла отходящей воздушно-газовой смеси сушильных установок ... 139
НДТ 27 Рекуперация тепла ... 139
Раздел 7. Перспективные технологии подготовки поверхности и окрашивания продукции (товаров) ... 139
7.1 Система экологического менеджмента ... 139
7.2 Перспективные технологические и технические решения, общие для производства всех видов продукции (товаров) ... 141
ПТ 1 Газоразрядная очистка вентиляционных выбросов ... 141
ПТ 2 Механическое обезвоживание осадков ... 142
ПТ 3 Безреагентная коагуляция и осаждение загрязнителей при очистке воды ... 142
ПТ 4 Сжигание влажных отходов в турбобарботажной установке ... 143
ПТ 5 Мультивихревой гидрофильтр ... 143
ПТ 6 Плазмокаталитическая технология воздухоочистки ... 143
ПТ 7 Биосорбционная доочистка сточных вод ... 144
ПТ 8 Электроосмотическое обезвоживание осадка сточных вод ... 144
Заключительные положения и рекомендации ... 145
Приложение А (обязательное) Номенклатура продукции, включенной в область применения настоящего справочника НДТ ... 146
Приложение Б (обязательное) Перечень НДТ ... 147
Приложение В (обязательное) Энергоэффективность ... 151
Библиография ... 152

Введение

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Обработка поверхностей, предметов или продукции органическими растворителями» (далее — справочник НДТ) представляет собой документ по стандартизации, разработанный в результате анализа технологических, технических и управленческих решений, применяемых для обеспечения высокой ресурсоэффективности и экологической результативности обработки поверхностей промышленной продукции (товаров) органическими растворителями и/или материалами, содержащими в своем составе органические растворители.

Структура настоящего справочника НДТ соответствует ГОСТ Р 56828.14-2016 [1], формат описания технологий — ГОСТ Р 56828.13-2016 [2], термины приведены в соответствии с ГОСТ Р 56828-15 -2016 [3].

Краткое содержание справочника

Введение. Во введении представлено краткое содержание справочника НДТ.

Предисловие. В предисловии указана цель разработки справочника НДТ, его статус, законодательный контекст, краткое описание процедуры создания в соответствии с установленным порядком, а также взаимодействие с аналогичными международными документами.

Область применения. В разделе описаны основные виды деятельности, на которые распространяется действие справочника НДТ.

Раздел 1. В разделе 1 описана общая информация о применении растворителей при обработке поверхности промышленной продукции (товаров):

- цели и задачи проведения окрасочных работ при обработке поверхности промышленных изделий;
- сырьевые материалы и энергопотребление;
- структура производства и потребления лакокрасочных материалов;
- основные производства окрасочных работ (транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, приборостроение, электротехника, металлургия, станкостроение, авиационная промышленность, судостроение, нефтегазовая промышленность, деревообрабатывающая промышленность).

Также в разделе 1 дан краткий обзор экологических аспектов проведения окрасочных работ и воздействие на окружающую среду.

Раздел 2. В разделе 2 представлены основные технологические процессы подготовки поверхности и окрашивания, применяемые в настоящее время при производстве продукции (товаров) в Российской Федерации, а также информация об особенностях технологических процессов, получивших распространение в производстве:

- легковых, грузовых автомобилей и другой транспортной техники;
- сельхозмашиностроения;
- окрашивания станков, кузнечно-прессовых и литейных машин;
- механического оборудования и специальных стальных конструкций гидротехнических сооружений;
- окрашивания судов;
- окрашивания оборудования химического производства и нефтегазовой промышленности;

- электротехнических изделий и др.

Раздел 3. В разделе 3 дано описание оборудования окрасочных производств, являющихся источниками загрязнения окружающей среды.

Раздел 4. В разделе 4 даны методы определения текущих уровней эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду:

- выбросы в атмосферный воздух;
- производственные сточные воды;
- отходы производства.

Составители справочника НДТ также приняли во внимание сведения об уровнях потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду, систематизированные в справочнике Европейского союза по наилучшим доступным технологиям «Обработка поверхности с использованием органических растворителей» (Reference Document on Best Available Techniques on Surface Treatment using Organic Solvents, August 2007) [4].

Раздел 5. В разделе 5 описаны наилучшие доступные технологии проведения окрасочных работ при производстве продукции (товаров) с учетом подходов, примененных при разработке справочника НДТ и в целом соответствующих Правилам определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии (НДТ), а также разработки, актуализации и опубликования справочников НДТ (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458) [5], Методическим рекомендациям по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии (утверждены приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31 марта 2015 г. № 665) [6] и постановлению Правительства РФ от 28 сентября 2015 г. № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III, IV категорий [7].

Раздел 6. В разделе 6 кратко описаны НДТ по защите окружающей среды, включая:

- систему экологического менеджмента;
- очистку вентиляционных выбросов при механической очистке поверхностей;
- уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет технологических средств;
- очистку вентиляционных выбросов окрасочно-сушильного оборудования;
- очистку сточных вод окрасочного оборудования;
- рекуперацию тепла отходящей воздушно-газовой смеси сушильных установок.

В разделе использованы НДТ ИТС 22—2016 [8] и ИТС 8—2015 [9] применительно к защите окружающей среды при производстве окрасочных работ.

Раздел 7. В разделе 7 приведены краткие сведения о перспективных технологических и технических решениях, общих для производства всех видов продукции (товаров).

Заключительные положения и рекомендации. В разделе приведены сведения о членах технической рабочей группы, принимавших участие в разработке справочника НДТ.

Библиография. В библиографии приведен перечень источников информации, использованных при разработке справочника НДТ.

Предисловие

Федеральный закон от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» [10] направлен на совершенствование системы нормирования в области охраны окружающей среды. Данный закон вводят в российское правое поле меры экономического стимулирования хозяйствующих субъектов для внедрения наилучших доступных технологий, однако в нем не определена юридическая форма справочника НДТ.

Федеральный закон от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» [11] содержит положения, определяющие статус информационно-технических справочников как документов национальной системы стандартизации.

Цели, основные принципы и порядок разработки справочника установлены постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям» [5].

1 Статус документа

Настоящий справочник НДТ является документом по стандартизации и носит межотраслевой (горизонтальный) характер.

2 Информация о разработчиках

Справочник НДТ разработан технической рабочей группой «Обработка поверхностей, предметов или продукции органическими растворителями» (ТРГ 35), состав которой был утвержден протоколом совещания Минпромторга России от 27 марта 2017 г. № 15-ОВ/12.

Справочник НДТ представлен на утверждение Бюро наилучших доступных технологий (далее — Бюро НДТ) (gost.e-ecolog.ru

3 Краткая характеристика

Справочник НДТ содержит описание применяемых при обработке поверхностей, предметов или продукции технологических процессов с применением органических растворителей, оборудования, технических способов, методов, в том числе позволяющих снизить негативное воздействие на окружающую среду, повысить энергоэффективность, обеспечить ресурсосбережение. Из описанных технологических процессов, оборудования, технических способов, методов (в том числе управления) определены решения, являющиеся НДТ. Для них в справочнике НДТ установлены соответствующие технологические показатели НДТ.

4 Взаимосвязь с международными, региональными аналогами

Справочник НДТ разработан в результате проведения экспертных оценок и консультаций со специалистами ведущих отечественных предприятий, научно-исследовательских, проектных и образовательных организаций. Составители справочника НДТ приняли также во внимание материалы справочника Европейского союза по наилучшим доступным технологиям «Обработка поверхности с использованием органических растворителей» (Reference Document on Best Available Techniques on Surface Treatment using Organic Solvents, August 2007) [4].

5 Сбор данных

Информация о технологических процессах, оборудовании, технических способах, методах, применяемых при производстве работ по обработке поверхности, предметов или продукции с использованием органических растворителей (подготовке поверхности и проведении окрасочных работ) в Российской Федерации, была собрана в процессе разработки справочника в соответствии с Порядком сбора данных, необходимых для разработки справочника НДТ и анализа приоритетных проблем, связанных с загрязнением окружающей среды, утвержденным приказом Росстандарта от 23 июля 2015 г. № 863.

6 Взаимосвязь с другими справочниками НДТ

Настоящий справочник НДТ взаимосвязан с другими справочниками НДТ, разрабатываемыми в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178-р [12]; подробная информация приведена в разделе «Область применения».

7 Информация об утверждении, опубликовании и введении в действие

Справочник НДТ утвержден приказом Росстандарта от 13 декабря 2017 г. № 2817.

Справочник НДТ введен в действие с 1 июля 2018 г., официально опубликован в информационной системе общего пользования — официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.e-ecolog.ru

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПРЕДМЕТОВ ИЛИ ПРОДУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИМИ РАСТВОРИТЕЛЯМИ

SURFACE TREATMENT, TREATMENT OF OBJECTS OR PRODUCTS USING ORGANIC SOLVENTS

Дата введения — 2018-07-01

Область применения

Обработка поверхностей, предметов или продукции с использованием органических растворителей в целом отнесена в Российской Федерации к областям применения наилучших доступных технологий [13]. При этом, согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 г. № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III, IV категорий» [7], к объектам I категории отнесены предприятия по обработке поверхностей, продуктов или предметов с использованием органических растворителей, проектное потребление которых составляет 200 т/г и более, к объектам II категории — с использованием органических растворителей, проектное потребление которых составляет менее 200 т/г.

Настоящий справочник НДТ распространяется на производства по обработке поверхностей при изготовлении предметов или продукции в следующих отраслях промышленности:

- транспортное машиностроение;
- железнодорожная отрасль;
- сельхозмашиностроение;
- электротехника;
- металлургия;
- станкостроение;
- авиационная промышленность;
- судостроение;
- нефтегазовая и химическая промышленность.

В приложении А приведены соответствующие области применения коды ОКВЭД и ОКПД.

Справочник НДТ распространяется на процессы, связанные с обработкой поверхности промышленных изделий (получением лакокрасочного покрытия), определяющие характер и масштаб воздействия на окружающую среду:

- производственные процессы подготовки поверхности к окрашиванию с применением органических растворителей;
- производственные процессы окрашивания;
- методы предотвращения и сокращения эмиссии и образования отходов.

Справочник НДТ не распространяется на:

- процессы обработки поверхностей металлов (подготовки поверхности к окрашиванию) с использованием электролитических или химических процессов;
- процессы обработки поверхности древесины и пластмасс;
- вопросы, касающиеся исключительно обеспечения промышленной безопасности или охраны труда.

Дополнительные виды деятельности при обработке поверхностей органическими растворителями (получение лакокрасочного покрытия) и соответствующие им справочники НДТ (по распоряжению Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178-р [12]) приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Дополнительные виды деятельности при обработке поверхности и соответствующие им справочники НДТ

Вид деятельности	Соответствующий справочник НДТ
Очистка отходящих газов	Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях (ИТС 22—2016) [8]
Очистка сточных вод	Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях (ИТС 8—2015) [9]
Отходы производства, загрязненные растворителями	Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов)) (ИТС 15—2016) [14]. Размещение отходов производства и потребления (ИТС 17—2016) [15]. Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов) (ИТС 9—2015) [60]
Сокращение энергопотребления	Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности [16]
Экологический менеджмент	Общие принципы производственного и экологического контроля и метрологического обеспечения (ИТС 22.1—2016) [17]

Раздел 1. Общая информация об окрасочных работах при производстве продукции (товаров)

1.1 Цели и задачи проведения окрасочных работ

Изделия и продукция транспортного машиностроения, сельхозмашиностроения, железнодорожной, электротехнической, металлургической отрасли, судостроения, авиационной, нефтегазовой промышленности и других отраслей работают и содержат-

ся преимущественно в атмосферных условиях, неблагоприятных в коррозионном отношении.

Окружающая среда, взаимодействуя с металлом изделий, вызывает его разрушение (коррозию), в результате чего уменьшается прочность, пластичность и другие свойства металла.

Общие годовые затраты на борьбу с коррозией в развитых странах оцениваются в 2 % — 4 % от валового национального продукта [18]. Суммарные ежегодные потери в России в результате коррозии оцениваются в диапазоне от 300 млрд руб. до 1 трлн руб. [19]. По данным ВНИИ организации, управления и экономики нефтегазовой промышленности (ВНИОЭНГ), структура затрат на противокоррозионную защиту в Российской Федерации составляет:

- лакокрасочные покрытия — 39,5 %;
- коррозионно-стойкие материалы — 20,5 %;
- металлические покрытия — 15,6 %;
- электрохимическая защита — 11,3 %;
- ингибиторы коррозии — 8,6 %;
- рациональное конструирование — 4,5 %.

Наиболее универсальным, доступным и эффективным способом защиты металлов от коррозии в различных отраслях промышленности является нанесение лакокрасочных материалов (ЛКМ). В транспортном машиностроении, сельхозмашиностроении, железнодорожной, электротехнической отрасли и некоторых других отраслях на долю лакокрасочных покрытий (ЛКП) приходится до 80 % продукции. Распространению ЛКП способствует их невысокая стоимость (по сравнению с легированными сталями, гальваническими покрытиями, электрозащитой), сравнительная простота получения, возможность повышения качества защиты применением ЛКМ с различными свойствами и в различных сочетаниях, возможность придания поверхности требуемого вида (гладкость, цвет, блеск, матовость), длительный срок службы. Экономичность применения ЛКМ зависит от коррозивности атмосферы, конструктивной приспособленности изделий к нанесению защитных покрытий, структуры и подготовки поверхности защищаемой поверхности, систем и долговечности наносимых ЛКП, безопасности для здоровья и экологической безопасности.

1.2 Сырьевые материалы и энергопотребление

1.2.1 Лакокрасочные материалы

ЛКМ — сложные многокомпонентные системы, содержащие пленкообразователи, пигменты, наполнители и др. Значительной составляющей большинства ЛКМ являются органические растворители (60 % — 80 % от состава лакокрасочного материала, готового к применению).

По итогам работы лакокрасочной отрасли в 2015 г. [20] производство ЛКМ в Российской Федерации представлено в таблице 2.

Таблица 2 — Производство ЛКМ в РФ, январь — декабрь 2012–2015 гг., т

Группа ЛКМ	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Материалы лакокрасочные на основе синтетических полимеров или химически модифицированных полимеров в водной среде (ОКПД 24.30.11)	392 847,2	423 814,4	433 304,2	410 163,4
Материалы лакокрасочные на основе синтетических полимеров или химически модифицированных природных полимеров в неводной среде (ОКПД 24.10.12)	440 092,5	453 703,2	419 384,1	401 149,9
Олифы (ОКПД 24.30.22.280)	18 127,3	19 552,6	18 678,1	15 271
Прочие (лакокрасочные и аналогичные материалы для нанесения покрытий и связанные с ними продукты без учета объемов художественных и полиграфических красок) (ОКПД 24.30.2)	285 051	351 525	376 137,5	399 029
Всего, т	**1 136 118**	**1 248 595**	**1 247 504**	**1 225 613,3**

Крупнейшие производители ЛКМ на основе синтетических полимеров или химически модифицированных природных полимеров в неводной среде представлены в таблице 3.

Таблица 3 — ЛКМ на основе синтетических полимеров или химически модифицированных природных полимеров в неводной среде

Предприятие/объем производства	Январь — декабрь 2014 г.	Январь — декабрь 2015 г.
Всего по Российской Федерации	**419 384,1**	**401 149, 9**
ООО «Лакра Синтез»	28 976	21 176
ООО «Тиккурила»	24 403	21 159
ЗАО «Химик»	19 022	17 954
ОАО «Русские краски»	17 779	17 833,2
ЗАО «АВС Фарбен»	16 638	14 712
ЗАО «Лакокрасочные материалы»	14 180	11 272,7
ООО «ЛКМ групп»	12 174,2	13 189
ЗАО «НПК ЯрЛИ»	11 856,2	12 537,2
ОАО «Ярославская лакокрасочная компания»	10 656,2	12 918,9
ООО «Петроком-Липецк»	9562	12 404
Всего 10 предприятий	**165 247**	**156 156**

ЛКМ, применяемые для обработки поверхности, подразделяются на следующие сегменты [21]:

- на декоративные ЛКМ, включающие материалы ремонтно-строительного назначения для розничной продажи («сделай сам» — DIY), для продажи корпоративным клиентам и материалы общего назначения;
- индустриальные ЛКМ, включающие специальные материалы для различных отраслей промышленности;
- прочие (полуфабрикатные лаки, смолы, олифы, растворители и т. п.) На долю промышленных покрытий в 2012 г. приходилось 30 % — 35 % (см. рисунок 1).

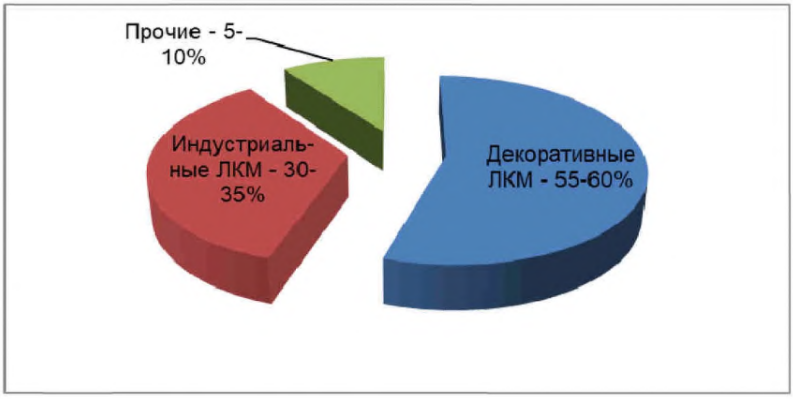


Рисунок 1 — Структура российского рынка ЛКМ в 2012 г. по отдельным секторам (в натуральном выражении), %

В настоящее время насчитывается более 4000 наименований ЛКМ, различающихся по химическому составу, назначению и эксплуатационным свойствам. Применимость индустриальных ЛКМ для обработки поверхностей в зависимости от химического состава [22] и областей применения показана в таблице 4.

Таблица 4 — Области применения ЛКМ при обработке поверхности предметов или продукции

Классификация ЛКМ по ГОСТ 9825—73			Область применения									
			Транспортное машиностроение	Железнодорожная отрасль	Сельхозмашиностроение	Приборостроение	Электротехника	Механическое оборудование и специальные стальные конструкции	Станкостроение	Авиационная промышленность	Судостроение	Нефтегазовая и химическая промышленность
1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Алкидно-акриловые	АС	Сополимеры акрилатов с алкидами	+	+	+					+	+	
Алкидно-уретановые	АУ	Смолы алкидные, модифицированные полиизоцианатами (уралкиды)		+	+							
Битумные	БТ	Природные асфальты, асфальтиты, искусственные битумы, пеки	+		+			+				
Глифталевые	ГФ	Глифталевые алкидные смолы	+	+	+				+			
Кремнийорганические, органосиликатные	КО ОС	Кремнийорганические смолы на основе полиорганосилоксанов	+	+	+		+	+			+	
Каучуковые	КЧ	Дивинилстирольные латексы, на основе хлоркаучука, циклокаучука	+					+				

Продолжение таблицы 4

1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Масляно- и алкидно-стирольные	МС	Смолы масляно-стирольные, смолы алкидно-стирольные (сополимеры)				+					+	
Меламинные	МЛ	Меламиноформальдегидные и алкидно-меламино-формальдегидные	+		+	+						
Карбамидные	МЧ	Карбамидоформальдегидные, алкидно-карбамидофор-мальдегидные смолы (на основе мочевины)	+		+							
Нитроцеллюлозные	НЦ	Лаковые коллоксилины, нитроалкидные, нитроцеллюлозо-уретановые	+			+			+			
Пентафталевые	ПФ	Смолы алкидные пентаэритритофталевые (пентафтали)	+	+	+				+		+	
Перхлорвиниловые и поливинилхлоридные	ХВ	Перхлорвиниловые и винилхлоридные смолы	+	+	+			+			+	+
Полиакриловые	АК	Сополимеры акриловых и метакриловых кислот	+			+		+		+	+	+
Поливинилацетальные	ВЛ	Поливинилбутирали, виниф-лексы	+	+	+	+		+		+	+	+
Полиуретановые	УР	Полиуретаны на основе полиатомных спиртов и полиизоцианатов	+	+		+		+		+	+	+
Полиэфирные ненасыщенные	ПЭ	Полиэфирные ненасыщенные смолы					+					

Окончание таблицы 4

1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сополимеро-винилхлоридные	ХС	Сополимеры винилхлорида с винилацетатом и другими винильными мономерами		+				+			+	+
Фенольные	ФЛ	Фенолформальдегидные смолы на основе фенолов, крезолов	+	+	+	+		+			+	
Фторопластовые	ФП	Фторопроизводные этилена, политетрафторэтилена, политрихлорфторэтилена								+		+
Хлорированные полиэтиленовые	ХП	Хлорсульфированный полиэтилен, хлорполиэтилен, хлорполипропилен										+
Эпоксидные	ЭП	Смолы эпоксидные, алкидно-эпоксидные и другие эпоксидно-модифицированные смолы	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Эпоксиэфирные	ЭФ	Эпоксиды, модифицированные жирными кислотами растительных масел								+	+	

1.2.2 Растворители

Органические растворители представляют собой химические соединения, содержащие углерод. Органические растворители являются летучими соединениями (ЛОС), которые, как правило, используются:

- для растворения сырья, продуктов или отходов, не вступая с ними в химические реакции;
- в качестве чистящего средства поверхности изделий или оборудования;
- в качестве дисперсионной среды для полимерных смол;
- пластификатора или консерванта.

Органические растворители классифицируются по химической структуре:

- окислительные (спирты, альдегиды, сложные эфиры, простые эфиры гликолей и их сложные эфиры, кетоны);
- углеводородные растворители (алифатические и ароматические углеводороды);
- галогенированные растворители.

Мировой рынок растворителей для ЛКМ составляет 15 млн т/г, из них 5,4 млн т/г приходится на долю углеводородных растворителей [23]. Доля рынка различных растворителей на примере рынка США составляет, %:

- углеводороды — 36;
- кетоны — 13;
- спирты — 16;
- хлорированные углеводороды — 14;
- прочие — 21.

1.2.2.1 Обработка поверхностей при подготовке к окрашиванию

При обработке поверхностей металлов (подготовке поверхности к окрашиванию) широкое распространение получили методы обезжиривания. В рецептурах составов для обезжиривания широко используются различные органические растворители.

Процесс обезжиривания с помощью растворителей заключается в растворении и удалении с поверхности различных загрязнений органического происхождения: масляных, жировых и воскообразных веществ, являющихся остатками шлифовальных, полировальных, доводочных паст, консервационных смазок и т. д. [24]. Для обезжиривания применяют индивидуальные растворители и их смеси, эмульсии растворителей в воде, стабилизированные поверхностно-активными веществами, водные моющие растворы щелочного и кислотного типа. Выбор составов для обезжиривания зависит не только от характера удаляемых загрязнений, но и от вида последующей обработки изделий. Так, если после обезжиривания проводится обработка изделий в водных растворах, например фосфатирование или нанесение водоразбавляемых ЛКМ, то для обезжиривания рекомендуется применять водные щелочные растворы. В остальных случаях часто используют органические растворители.

По растворяющей способности их можно разделить на следующие группы:

- растворители с низкой растворяющей способностью — нефтяные растворители (бензин, уайт-спирит);

- растворители со средней растворяющей способностью — ароматические углеводороды, спирты и сложные эфиры;

- растворители с высокой растворяющей способностью — хлорированные углеводороды.

Достоинством нефтяных растворителей является их доступность, дешевизна и малая токсичность, поэтому они широко используются для холодного обезжиривания крупногабаритных изделий. Обычно обезжиривание таких поверхностей проводят путем протирки ветошью, смоченной в уайт-спирите или бензине. Эти растворители хорошо удаляют свежие и отработанные минеральные масла, консистентные минеральные масла и смазки, консервационные составы.

Из хлорированных углеводородов для обезжиривания применяют три- и тетрахлорэтилен, метиленхлорид, фторхлоруглеводород. Достоинство таких растворителей заключается в возможности их регенерации методом перегонки.

Трихлорэтилен широко применяется для обезжиривания поверхностей черных металлов. Для обезжиривания поверхности алюминия и его сплавов применяют тетрахлорэтилен. В промышленности составы на основе хлорированных углеводородов, как и других органических растворителей, применяются в виде растворяюще-эмульгирующих средств. Фторхлоруглеводородные растворители (хладон 112 и 113) являются низкотоксичными и применяются для удаления загрязнений с изделий из черных и цветных металлов, а также печатных плат, выполненных на полимерной основе.

Широкое применение для обезжиривания нашли эмульсионные составы, которые представляют собой эмульсии растворителей в воде, стабилизированные ПАВ. Достоинством таких составов являются негорючесть, более низкая токсичность, чем у индивидуальных растворителей, а также более высокая эффективность процесса обезжиривания за счет одновременного растворения и эмульгирования загрязнений. Эмульсионные составы на основе нефтяных растворителей применяются для очистки изделий из черных металлов, бронзы, латуни, дюраля. Различают способы холодного и горячего обезжиривания. Холодное обезжиривание проводят при комнатной температуре путем протирки ветошью, окунания или струйным методом. Этот метод малоэффективен, однако используется довольно широко. Современным способом является горячее обезжиривание в парах растворителей. Для этого используются хлорированные углеводороды, которые нагревают до температуры кипения в специальных ваннах.

Прогрессивным является использование для обезжиривания ультразвуковых установок. Процесс обезжиривания в этом случае сокращается, появляется возможность уменьшения содержания активных растворителей в составах.

1.2.2.2 Растворители в составе ЛКМ

Применяемые в лакокрасочной промышленности растворители по химической природе подразделяются на:

- углеводороды (алифатические, алициклические, ароматические, нефтяные и терпеновые);
- кетоны;
- простые и сложные эфиры;
- спирты;

- галогенсодержащие растворители;
- прочие растворители.

Основным природным источником большинства углеводородных растворителей является нефть, в которой содержатся в основном парафиновые, нафтеновые и ароматические углеводороды. Углеводородные растворители нашли широкое применение в лакокрасочной промышленности благодаря низкой стоимости и доступности. В составе ЛКМ растворители служат для растворения полимерных смол, являющихся пленкообразующим компонентом в ЛКП.

Ароматические углеводороды — наиболее обширная группа углеводородных растворителей, выпускаемая промышленностью. Отечественной промышленностью выпускаются практически все ароматические растворители, в том числе и смесь ароматических углеводородов под названием «сольвент», широко применяемая в лакокрасочной промышленности.

Сольвент применяется для растворения масел, битумов, каучуков, мочевино- и меламиноформальдегидных олигомеров, меламиноалкидных лакокрасочных материалов.

Толуол растворяет кремнийорганические, акриловые смолы. В качестве основной добавки применяется в смесевых растворителях для растворения эпоксидных, виниловых и акриловых полимеров, хлоркаучука.

Ксилол применяется для растворения алкидно-стирольных полимеров, бутанолизированных меламиноформальдегидных смол. Часто используется взамен сольвента в рецептурах ЛКМ.

К нефтяным растворителям относятся фракции нефти, получаемые в результате перегонки и состоящие из смесей индивидуальных углеводородов. Эти растворители объединяются термином «Нефрас». Нефрас-С — растворители смешанного состава, в которых присутствуют углеводороды всех классов. Нефрас-А — растворители с преобладанием ароматических углеводородов.

Из нефтяных растворителей наиболее широко в лакокрасочной промышленности применяется уайт-спирит в качестве растворителя жирных алкидов, некоторых каучуков, полибутилметакрилата, эпоксиэфиров.

Кетоны являются растворителями большинства пленкообразующих веществ. В лакокрасочной промышленности применяются алифатические и циклические кетоны.

Ацетон применяется для растворения природных смол, масел, диацетатцеллюлозы, эпоксидных смол, сополимеров винилхлорида, полиакрилатов, хлоркаучука. Диацетоновый спирт является растворителем нитрата и ацетата целлюлозы, эпоксидных смол. Циклогексанон применяется в качестве растворителя при получении полиуретановых эмалей.

Из алифатических эфиров двухатомных спиртов наибольшее распространение получили этилцеллозольв и бутилцеллозольв. Этилцеллозольв применяется в качестве растворителя мочевиноформальдегидных олигомеров, полиэфирных и эпоксидных ЛКМ, входит в состав большинства смесевых растворителей. Бутилцеллозольв растворяет нитрат целлюлозы, хорошо совмещается с алкидами.

Сложные эфиры — наиболее широко распространенный класс органических растворителей, имеющих большое практическое применение. Этилацетат, подобно ацетону, растворяет большинство полимеров. По сравнению с ацетоном его преимущество — в более высокой температуре кипения (меньшей летучести). Бутилацетат

растворяет эфиры целлюлозы, масла, жиры, хлоркаучук, виниловые полимеры, карбинольные смолы. Изобутилацетат заменяет циклогексанон в нитроцеллюлозном лаке.

Спирты относятся к сильнополярным жидкостям. Самостоятельно применяются довольно редко, но в смеси с другими растворителями используются широко. Например, высокомолекулярные эпоксидные смолы не растворяются в спиртах и ароматических углеводородах, но хорошо растворяются в их смесях. Бутиловый и изобутиловый спирты в смесях с этиловым спиртом применяются для растворения мочевиноформальдегидных олигомеров, поливинилбутираля, в смеси с ксилолом — для растворения полиакрилатов. Является добавкой к большинству смесевых растворителей, повышая их растворяющую способность. Бензиловый спирт относится к простейшим ароматическим спиртам и хорошо растворяет глифталевые олигомеры. Циклогексанол повышает блеск нитроцеллюлозных лаков. Из двухатомных спиртов применяют этиленгликоль, диэтиленгликоль и пропиленгликоль.

Прочие растворители не нашли широкого применения в лакокрасочной промышленности.

1.2.2.3 Растворители, обеспечивающие технологичность обработки поверхности

ЛКМ, предназначенные для нанесения на промышленные изделия, предварительно подготавливают путем разведения их разбавителями и растворителями до рабочей вязкости для обеспечения качественного нанесения и розлива ЛКП. Наиболее часто для этих целей используют смесевые растворители.

В таблице 5 приведены основные марки и состав смесевых растворителей, выпускаемых отечественной промышленностью.

Таблица 5 — Состав и характеристика смесевых растворителей

Растворитель, ГОСТ	Состав растворителя		Назначение	
	Компоненты	Содержание, % (масс.)	Растворимые пленкообразователи	Отраслевое применение ЛКМ
Растворитель 645, ГОСТ 18188—72	Толуол	50	Нитроцеллюлозные	Станкостроение
	Бутилацетат	18		
	Бутиловый спирт	10		
	Этиловый спирт	10		
	Этилацетат	9		
	Ацетон	3		
Растворитель 646	Бутилацетат	10	Нитроцеллюлозные, нитроцеллюлозно-глифталевые, эпоксидные, нитроцеллюлозно-эпоксид-	Транспортное машиностроение, приборостроение, станкостроение, металлургия, нефтегазо-
	Этилцеллозольв	8		
	Ацетон	7		

Продолжение таблицы 5

Растворитель, ГОСТ	Состав растворителя		Назначение	
	Компоненты	Содержание, % (масс.)	Растворимые пленкообразователи	Отраслевое применение ЛКМ
	Бутиловый спирт	15	ные, мочевино-, меламиноформальдегидные, кремнийорганические	вая промышленность
	Бутиловый спирт	10		
	Толуол	50		
Растворитель 647	Бутилацетат	29,8	Нитроцеллюлозные	Транспортное машиностроение, станкостроение, приборостроение
	Этилацетат	21,2		
	Бутиловый спирт	7,7		
	Толуол	41,3		
Растворитель 648	Бутилацетат	50	Нтроцеллюлозные, нитроцеллюлозно-эпоксидные, бутилметакрилатные, полиакрилатные	Приборостроение, авиационная промышленность, судостроение
	Бутиловый спирт	10		
	Этиловый спирт	20		
	Толуол	20		
Растворитель 649	Этилцеллозольв	30	Нитроцеллюлозно-глифталевые	Сельхозмашиностроение, станкостроение
	Изобутиловый спирт	20		
	Ксилол	50		
Растворитель 650	Этилцеллозольв	20	Нитроцеллюлозные	Станкостроение
	Бутиловый спирт	30		
	Ксилол	50		
Растворитель 651	Уайт-спирит	10	Меламиноалкидные	Транспортное машиностроение
	Бутиловый спирт	90		
Растворитель Р-4	Бутилацетат	12	Поливинилхлоридные, полиакриловые, сополимеры винилхлорида с винилиденхлоридом или винилацетатом	Металлургия, транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, судостроение
	Ацетон	26		
	Толуол	62		
Растворитель	Ацетон	38	Поливинилхлорид-	Металлургия, транс-

Продолжение таблицы 5

Растворитель, ГОСТ	Состав растворителя		Назначение	
	Компоненты	Содержание, % (масс.)	Растворимые пленкообразователи	Отраслевое применение ЛКМ
Р-4А	Толуол	62	ные хлорированные, эпоксидные	портное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, судостроение
Растворитель Р-5	Бутилацетат	10	Поливинилхлоридные хлорированные, эпоксидные, полиакриловые, кремнийорганические	Металлургия, транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, судостроение, электротехника
	Ацетон	50		
	Ксилол	40		
Растворитель Р-5А	Бутилацетат	30	Поливинилхлоридные хлорированные, каучуковые, эпоксидные, полиакриловые, кремнийорганические	Металлургия, транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, судостроение, электротехника, авиационная промышленность
	Ацетон	30		
	Толуол	40		
Растворитель Р-6	Бутилацетат	15	Поливинилбутиральные	Приборостроение, металлургия
	Бутиловый спирт	30		
	Этиловый спирт	15		
	Бензол	40		
Растворитель Р-7	Циклогексанон	50	Поливинилбутиральные	Металлургия
	Этиловый спирт	50		
Растворитель Р-12	Бутилацетат	30	Перхлорвиниловые, полиакрилатные	Металлургия
	Толуол	60		
	Ксилол	10		
Растворитель Р-24	Сольвент	50	Перхлорвиниловые	Металлургия, сельхозмашиностроение,
	Ксилол	35		

Окончание таблицы 5

Растворитель, ГОСТ	Состав растворителя		Назначение	
	Компоненты	Содержание, % (масс.)	Растворимые пленкообразователи	Отраслевое применение ЛКМ
	Ацетон	15		железнодорожная отрасль
Растворитель Р-189	Этиленгликольацетат	37	Полиуретановые	Различные отрасли
	Метилэтилкетон	37		
	Ксилол	13		
	Бутилацетат	13		
Растворитель Р-197	Бутилбензольная фракция (АР)	70	Меламиноалкидные	Транспортное машиностроение
	Скипидар	3		
	Ксилол	27		
Растворитель Р-198	Этилцеллозольв	50	Меламиноалкидные	Транспортное машиностроение
	Циклогексанон	50		

Для нанесения ЛКМ методом электроокраски используются смесевые растворители марок РЭ по ГОСТ 18187—72 [25], содержащие разное соотношение сольвента, бутилового спирта, бутилацетата, этилцеллозольва, ксилола, циклогексанона и диацетонового спирта. Эти смесевые растворители применяются в основном в транспортном машиностроении и сельхозмашиностроении.

1.2.3 Энергопотребление

Все отрасли, проводящие обработку поверхности, являются значительными потребителями энергии. Значительное количество энергии используется для извлечения растворителя при сушке лакокрасочного покрытия и извлечения его из загрязненного воздуха при термической деструкции ЛОС при низких концентрациях.

Данные по энергопотреблению по различным отраслям промышленности отсутствуют. Энергопотребление находится в прямой зависимости от применяемого лакокрасочного материала и площади обработки поверхности.

1.3 Структура производства и потребления лакокрасочных материалов

Емкость рынка индустриальных ЛКМ в 2012 г. оценивалась в 360–400 тыс. т [26]. Существует два подхода к сегментированию рынка индустриальных ЛКМ:

- по отраслям промышленности;
- по видам материалов и направлению использования.

Доли крупнейших отраслей, потребляющих ЛКМ промышленного применения, в общей структуре представлены на рисунке 2.

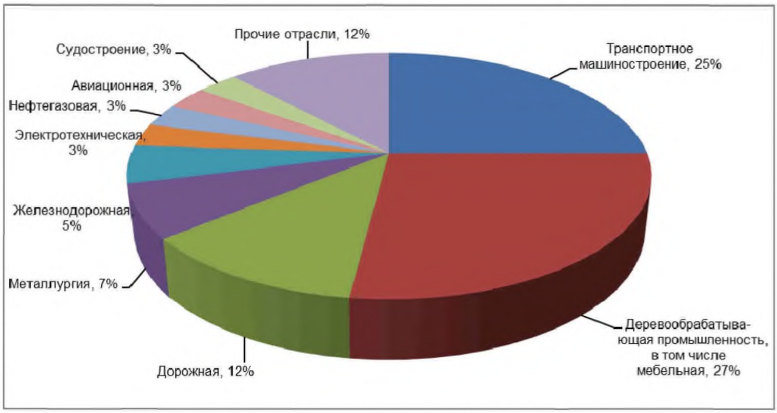


Рисунок 2 — Структура потребления индустриальных ЛКМ по отраслям (в натуральном выражении), % [26]

Другой подход предполагает, что рынок индустриальных ЛКМ можно сегментировать в зависимости от вида материала и направления использования. Структура рынка индустриальных ЛКМ по направлениям использования представлена на рисунке 3.

Оба подхода к сегментации имеют точки пересечения, поскольку некоторые отрасли промышленности связаны исключительно с производством соответствующих видов продукции. К числу таких отраслей относятся судостроение, производство железнодорожного транспорта, транспортное машиностроение и др.

Емкость сегмента «железнодорожное машиностроение» составляет 17 тыс. т. Основными потребителями являются филиалы РЖД, ЗАО «ТрансмашХолдинг», вагоностроительные и вагоноремонтные заводы, производители тепловозов и электровозов, операторы собственного подвижного состава. 80 % рынка составляют алкидные материалы отечественного производства. Использование материалов регламентируется рекомендациями ВНИИЖТ.

Емкость сегмента «транспортное машиностроение» составляет 3,4 тыс. т. Основные потребители: комбайновый завод ООО «Ростсельмаш», концерн «Тракторные заводы», группа «ГАЗ». Около 80 % объема потребления — алкидные материалы оте-

чественного производства. Лакокрасочные материалы применяются в соответствии с отраслевой НДТ.

Емкость рынка «судостроение, судоремонт» составляет 9–10 тыс. т. Основные потребители: судостроительные и судоремонтные заводы, компании-судовладельцы. 90 % рынка составляют специальные эпоксидные и хлорвиниловые материалы. Использование материалов регламентируется рекомендациями Российского морского регистра судоходства, ЦНИИ МФ, ЦНИИ «Прометей».

Емкость сегмента «антикоррозионная защита металлоконструкций» составляет 25–30 тыс. т. Основные потребители: заводы металлоконструкций, строительные организации, нефтегазодобывающие и перерабатывающие предприятия, предприятия-подрядчики, занимающиеся обслуживанием объектов инфраструктуры — мостовые сооружения, вышки ЛЭП, вышки сотовой связи и др. Эпоксидные материалы составляют 25 % рынка, алкидные — 65 %. Использование материалов регламентируется рекомендациями ЦНИИС, ВНИИСТ.

На основании доклада директора бизнес-направления «Индустриальные покрытия» компании «Русские краски» объем производства строительных металлоконструкций в 2005 г. на российских предприятиях составил 3,02 млн т, в том числе 1,53 млн т конструкций с полимерным покрытием. Потребление ЛКМ для защиты строительных металлоконструкций составило в 2005 г. 13–15 тыс. т. Количество производителей металлоконструкций в России — около 500 организаций. Порядка 70 % производителей стальных металлоконструкций проводят так называемую «первичную защиту металлов», используя алкидные, фенольные, эпоксидные грунтовки российского производства.

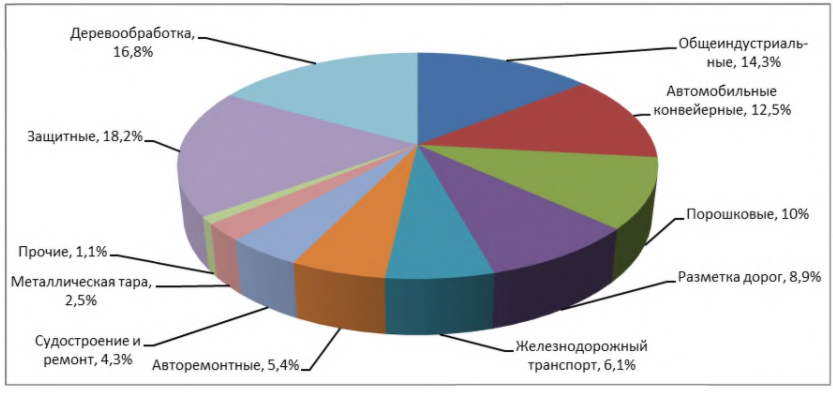


Рисунок 3 — Структура потребления индустриальных ЛКМ в Российской Федерации по отдельным секторам (в натуральном выражении), % [26]

Самые распространенные грунтовки среди потребителей — алкидные. Их предпочитают две третьих производителей металлоконструкций. Около 35 % потребителей применяют грунтовки на эпоксидной основе. Среди других используемых грунтовок — фенольные, хлорвиниловые и сополимеровинилхлоридные, алкидно-уретановые, органосиликатные, акрил-уретановые, полиуретановые. В качестве финишного покрытия преобладают алкидные эмали. До 35 % используются эпоксидные эмали. Менее рас-

пространены финишные хлорированные, полиуретановые, акриловые, акрилуретановые, эпоксиуретановые материалы.

Для окраски внешней поверхности самолета с обшивками из алюминиевых сплавов используют лакокрасочные материалы на основе бутилметакрилата, сополимеров бутилметакрилата, амида метакриловой кислоты, нитрила акриловой кислоты и стирола. На их основе созданы прозрачные лаки, грунтовки и эмали холодной сушки с повышенной термостойкостью. В последние годы для окраски авиационной техники используются также эпоксидные грунтовки и фторполиуретановые эмали. Для окраски внутренних обшивок, декоративной отделки деталей интерьера из стеклопластика применяют водоразбавляемые эмали. Материалы используются на основании рекомендаций ВИАМ.

1.4 Основные производства окрасочных работ

1.4.1 Транспортное машиностроение

1.4.1.1 Окрасочные производства легковых автомобилей

Легковые автомобили рассчитаны на эксплуатацию в течение большого срока и относятся к товарам длительного пользования. К ним предъявляются высокие требования по качеству обработки поверхности:

- долговременная защита от коррозии в результате воздействия климатических факторов внешней среды, в том числе стойкость к механическому, химическому воздействию;
- высокие требования к внешнему виду покрытия;
- отсутствие дефектов покрытия.

В соответствии с рекомендациями отраслевого стандарта [27], а также ГОСТ 9.032—74 [28] и ГОСТ 23852—79 [29] наружная поверхность кузова легкового автомобиля должна соответствовать I–II классам покрытий. Лакокрасочное покрытие должно быть высокоглянцевым. Потеки, волнистость, разнооттеночность не допускаются. Для II класса покрытия допускается незначительная шагрень, отдельные штрихи, риски. Для внутренней поверхности кузова допускается III класс покрытия (допускается волнистость не более 1,5 мм, незначительная шагрень, отдельные риски, штрихи, не более 10 включений/м^2 размером не более 0,5 мм), для рамы и других деталей шасси, двигателя автомобиля и его сборочных единиц и деталей — VI класс (допускается разнооттеночность, отдельные потеки), а для рессор — VII класс покрытия (дефекты не нормируются).

Высокое качество ЛКП на наружной поверхности кузова легкового автомобиля достигается путем нанесения 4–5 слоев ЛКМ, на внутренней поверхности кузова — 2–3 слоя ЛКМ, на рамах и других деталей шасси и сборочных единицах — 1–2 слоя ЛКМ.

Для защиты днища и скрытых сечений используются мастики.

1.4.1.2 Окрасочные производства грузовых автомобилей, автобусов

ЛКП грузовых автомобилей должно иметь гладкую, глянцевую или полуглянцевую поверхность, автобусов и троллейбусов — гладкую, глянцевую, мотоциклов и других изделий — гладкую, высокоглянцевую и глянцевую.

Устанавливают следующие классы покрытия:

- для сборочных единиц и деталей грузовых автомобилей:
  - III — для кабины;
  - V — для рамы и других деталей шасси, для двигателя автомобиля и его сборочных единиц и деталей;
  - VII — для рессор;
- для большегрузных карьерных автосамосвалов:
  - V класс — для кабины, узлов, оперенья, аккумуляторных ящиков;
  - VI класс — для наружной поверхности платформ, топливных баков и масляных баков;
  - VII класс — для рам, узлов, шасси;
- для автобусов:
  - III класс — для кузова.

Процессы окрашивания этих изделий имеют значительные отклонения от серийной окраски легковых автомобилей из-за более широкого ассортимента применяемых материалов, методов нанесения и конструктивных особенностей самого изделия.

1.4.2 Железнодорожная отрасль

К изделиям железнодорожной отрасли, требующим нанесение ЛКП, относятся:

- пассажирские, почтовые и багажные вагоны;
- электропоезда;
- дизель-поезда;
- грузовые вагоны;
- металлические конструкции железнодорожных мостов.

В таблице 6 показаны требования к отделке внешнего вида покрытий в железнодорожной отрасли.

Таблица 6 — Классы покрытий изделий по [29]

Окрашиваемые поверхности	Класс покрытия, не ниже
Боковые стены кузовов пассажирских вагонов локомотивной тяги	IV
Боковые стены вагонов электропоездов и дизель-поездов, а также почтовых и багажных вагонов, свесы крыш, лобовые части кузовов головных вагонов электропоездов	V
Средняя часть крыш, рамы вагонов, тележки и котельные отделения	VII
Концевые стены кузовов вагонов	VI
Наружная поверхность грузовых вагонов	VII
Металлические конструкции железнодорожных мостов	V

Срок службы ЛКП на наружной поверхности кузова пассажирских вагонов при использовании материалов на полиуретановой основе — 6–7 лет, алкидных и водно-дисперсионных материалов — 4 года; на внутренней металлической поверхности кузовов — 16 лет. Срок службы покрытий: на наружной металлической поверхности кузовов грузовых вагонов — 10 лет при использовании двухкомпонентных материалов, 5 лет при использовании однокомпонентных, водно-дисперсионных и сополимерных матери-

алов; на внутренней металлической поверхности кузовов крытых грузовых вагонов, имеющих обшивку, — 15 лет; на внутренней поверхности минераловозов и зерновозов — 5 лет при использовании однокомпонентных материалов, 7 лет при использовании двухкомпонентных материалов. Срок службы лакокрасочного покрытия на ходовой части всех видов вагонов — не менее 2 лет [30, 31].

ЛКП железнодорожного транспорта, помимо высокой атмосферостойкости, должны быть устойчивы к воздействию агрессивных чистящих средств, применяемых для удаления граффити. Они должны быть устойчивы к истирающему воздействию снега, песка.

В РФ через каждые 2 года проводят перекраску вагонов при применении алкидных ЛКМ и через каждые 5 лет — при применении акриловых, акрил-уретановых и полиуретановых ЛКМ, в Европейских странах — каждые 8 лет.

1.4.3 Сельхозмашиностроение

По назначению [32] сельскохозяйственную технику можно разделить на три класса: тракторы, сельскохозяйственные машины, оборудование и машины для животноводства и кормопроизводства.

В каждом классе имеются разные группы машин и оборудования, которые защищаются ЛКП, что обуславливает различные технические требования к этим покрытиям. Более того, отдельные детали и сборочные единицы машины часто защищаются разными ЛКМ, что связано с условиями работы этих деталей.

К первому классу сельхозтехники относятся тракторы, двигатели и самоходные шасси. В процессе эксплуатации они подвергаются воздействию атмосферных условий. Некоторые детали их подвержены воздействию бензина, минеральных масел, высоких температур (до 450 °С).

Второй класс по назначению включает 11 групп сельхозтехники:

- почвоперерабатывающие машины: камнеуборочные машины, канаво- и ямокопатели, заравниватели, корчеватели, бороздо- и грядоделатели, плуги, культиваторы, бороны, окучники и др.;
- машины для посева и посадки: сеялки, сажалки, рассадопосадочные машины и т. д.;
- машины для подготовки и внесения удобрений: смесители, разбрызгиватели, рассеиватели, прицепы для удобрений;
- машины для защиты растений: опрыскиватели, аэрозольные аппараты, гербицидно-аммиачные машины, опылители, протравливатели семян и др.;
- машины для полива: дождевательные установки и машины различных типов, насосные агрегаты и др.;
- комбайны — зерновые, рисовые, кукурузоуборочные, жатки для уборки зерновых культур и прицепы для перевозки сельскохозяйственных грузов;
- машины и приспособления для уборки бобовых и масличных культур, льна, конопли, чая, хлопка, хмеля и др.;
- машины для очистки и сортировки зерна и семян: веялки, семяочистительные машины и др.;
- сушильные устройства: сельскохозяйственные сушилки, воздухонагреватели и др.;
- машины для уборки и первичной обработки овощей;

- машины, используемые в садоводстве: комбайны для уборки плодов, ягод и винограда: копатели для саженцев и рассады; обрезчики; средства для транспортирования ягод и фруктов.

Третий класс сельхозтехники — машины и оборудование для животноводства и кормопроизводства:

- машины и оборудование, на которые воздействует микроклимат животноводческих помещений;

- машины и оборудование, работающие в контакте с влажными и полувлажными кормами;

- машины и оборудование, находящиеся в контакте с навозом и пометом.

ЛКП первых двух классов оборудования подвергаются воздействию климатических факторов внешней среды. Машины третьей группы должны быть химстойкими. Кроме того, ЛКП третьей группы не должны быть токсичными и влиять на репродуктивные функции животных, их рост и развитие, а также не должны снижать санитарные характеристики получаемых продуктов питания.

Особенностью эксплуатации сельхозтехники является также сезонность ее работы. Межсезонное хранение техники возможно в закрытых помещениях, под навесом или на открытых площадках.

По внешнему виду ЛКП должны соответствовать следующим требованиям:

- наружные поверхности облицовочных деталей тракторов и самоходных комбайнов отделываются по IV классу (допускаются: 1 включение на 1 дм^2 размером не более 1 мм на расстоянии 10 мм, шагрень, отдельные штрихи, волнистость до 2 мм);

- наружные поверхности облицовочных деталей сельхозмашин, промышленных, лесохозяйственных и трелевочных тракторов отделываются по V классу (допускаются отдельные потеки);

- остальные изделия, за исключением рамных конструкций, деталей ходовой части и рабочих органов, отделываются по VI классу (допускаются включения, шагрень, отдельные потеки, разнооттеночность).

На деталях ходовой части и рабочих органов класс покрытия не нормируется.

Для грунтования поверхности используются в основном алкидные, алкидно-уретановые и фенольные грунтовки (содержание растворителя — 50 % — 60 %), электрофорезные грунтовки (содержание растворителя — 10 %), водно-дисперсионные грунтовки (содержание растворителя — 8 %).

Для окрашивания изделий 1 и 2 групп используют алкидные, алкидно-уретановые, алкидно-акриловые, меламиноалкидные эмали (содержание растворителя — 50 % — 60 %), водно-дисперсионные краски (содержание растворителя — 8 %). Количество слоев лакокрасочного покрытия — 3, включая грунтование. Внутренняя поверхность кабины, закрытая обивкой, внутренняя поверхность дверей, подлежащая завальцовке, внутренние детали двигателя, топливные насосы и другие подобные детали, ободья и диски колес под резиной допускается только грунтовать.

Изделия 3 группы и сельхозтехнику, контактирующую с минеральными удобрениями, грунтуют фенольными (содержание растворителя — 45 %), хлорвиниловыми (содержание растворителя — 60 %) и акриловыми (содержание растворителя — 85 %) материалами, окрашивают хлорвиниловыми (содержание растворителя — 75 %) и по-

рошковыми материалами. При окрашивании хлорвиниловыми материалами наносят 5 слоев ЛКМ, порошковыми — 1 слой.

1.4.4 Электротехника

Многочисленную группу электротехнических изделий, подлежащих окрашиванию, составляют электродвигатели. Электродвигатели окрашиваются для защиты от воздействия внешних факторов окружающей среды, а также для придания им эстетического вида [33]. Как правило, окрашиванию подлежит наружная поверхность электродвигателей. По внешнему виду ЛКП электродвигателей должны соответствовать VI классу, а для электродвигателей, предназначенных на экспорт, — IV классу по ГОСТ 9.032—74 [28]. В соответствии с [34] гарантийный срок эксплуатации стандартных асинхронных электродвигателей общепромышленного назначения составляет 2 года, средний ресурс до капитального ремонта — 30 000 ч. Для погружных электродвигателей [35] средний срок службы устанавливается 5,5 лет, средний ресурс до капитального ремонта — 21 000 ч. Таким образом, ЛКП должно обеспечивать противокоррозионную защиту металлических поверхностей не менее 5–8 лет.

В конструкции электродвигателя имеются детали из стали, чугуна и алюминия: станина изготавливается из чугуна, кожух и относящиеся к нему детали — из стали, детали вентилятора — из алюминия. Для получения защитных покрытий используют меламиноалкидные и алкидные ЛКМ, а для электродвигателей химстойкого исполнения — эпоксидные ЛКМ. Это материалы высокотемпературной сушки (100 °С — 130 °С).

1.4.5 Металлургия

1.4.5.1 Механическое оборудование и специальные стальные конструкции гидротехнических сооружений

Механическое оборудование гидротехнических сооружений включает совокупность устройств, необходимых для пропуска воды при эксплуатации:

- затворы всех типов, штанги затворов, сороудерживающие решетки, шлюзовые ворота и другие подвижные конструкции;
- закладные части, другие металлические конструкции и детали, заделываемые в бетон;
- подъемно-транспортные механизмы, предназначенные для маневрирования подвижными конструкциями;
- захватные балки;
- решеткоочистительные машины;
- компенсаторы трубопроводов.

К основным специальным стальным конструкциям относятся:

- трубопроводы, облицовки и уравнительные резервуары;
- эстакады;
- подкрановые балки;
- шоссейные, железнодорожные и служебные мосты;
- металлические каркасы ГЭС, других зданий и сооружений.

При воздействии на металлоконструкции при эксплуатации в открытой атмосфере используются в качестве грунтовочных материалов уретановые, кремнийорганические, эпоксидные, эпоксидно-уретановые, керамоэпоксидные, винилово-эпоксидные, эпоксидно-винилхлоридные, полиамидоэпоксидные, этилсиликатные, фенолформальдегидные, винилбутиральные, каучуко-смоляные ЛКМ. В качестве покрывного материала используются уретановые, акрилполиуретановые, кремнийорганические, эпоксидные, эпоксиэфирные, эпоксисополимерные, керамоэпоксидные винилово-эпоксидные, фтор-уретановые, каучуко-смольные, поливинилхлоридные, алкидные, винилбутиральные ЛКМ.

При длительном или периодическом воздействии на металлоконструкции пресной (речной) воды в качестве грунтовочных материалов используют эпоксидные, винилово-эпоксидные, керамоэпоксидные, кремнийорганические, уретановые, винилхлоридные, фенолформальдегидные, акриловые, поливинилбутиральные, каучуко-смоляные ЛКМ. В качестве покрывного материала используют винилово-эпоксидные, эпоксидные, эпоксикаменноугольные, керамоэпоксидные, кремнийорганические, уретановые, поливинилхлоридные, каучуко-смольные, винилбутиральные эмали и грунт-эмали.

При длительном или периодическом воздействии морской воды в качестве грунтовочных материалов используют полиуретановые, винилхлоридные, винилово-эпоксидные, эпоксидные, эпоксикаменноугольные, фенолформальдегидные, акриловые, поливинилбутиральные, кремнийорганические, каучуко-смоляные ЛКМ. В качестве покрывного материала используют полиуретановые, винилово-эпоксидные, эпоксидные, эпоксикаменноугольные, керамоэпоксидные, поливинилхлоридные, кремнийорганические, каучуко-смоляные, винилбутиральные эмали и грунт-эмали.

1.4.5.2 Окрашивание рулонного металла (койл-коутинг)

Окрашивание рулонного металла (койл-коутинг) — способ окрашивания непрерывным нанесением лакокрасочного материала на металлическую ленту, которая после сушки/отверждения лакокрасочного покрытия может быть смотана в рулон [36]. Металл с покрытием, нанесенным по методу койл-коутинга, можно перерабатывать в готовые изделия, не разрушая пленку эмали, поскольку слой ЛКМ, устойчив к воздействию разных механических деформаций. Покрытие не разрушается именно за счет его свойств, обеспеченных химически и технологически.

Прокат с полимерным покрытием широко используется в следующих сегментах рынка:

- строительство (производство конструкционных плит, кровельных материалов, панелей, дверей для гаражей, подвесных потолков, жалюзи, корпусов светильников);
- бытовые приборы (корпусы стиральных машин, холодильников, морозильников, микроволновых печей, газовых плит, бойлеров, бытовой электроники, вентиляторов, кондиционеров);
- автомобилестроение (двери автомобилей, багажники, масляные фильтры, панели приборов, дворники);
- другие изделия (душевые кабины, домашняя мебель, офисная мебель, мебельная фурнитура, архивные шкафы, бочки, емкости для аэрозолей и т. п.).

Имеются данные, что предварительная окраска листового металла позволяет снизить общую себестоимость продукции на 20 % — 30 %.

В настоящее время на территории РФ действует около 30 линий для нанесения ЛКМ методом койл-коутинга, имеющих мощность производства окрашенного металла около 500 тыс. т в год. В Европе действует 158 окрасочных линий с производительностью 8252 тыс. т/г [4].

При окрашивании рулонного металла используются алкидные, акриловые, эпоксидные, полиэфирные, полиуретановые покрытия, покрытия, модифицированные силиконом, покрытия на основе ПХВ (поливинилхлорида) и фторполимеров, например PVDF (поливинилиденфторида). Наиболее широкое распространение получили полиэфирные покрытия, что связано их дешевизной в сочетании с хорошими эксплуатационными характеристиками.

1.4.6 Станкостроение

ЛКП металлорежущего, кузнечно-прессового, литейного и деревообрабатывающего оборудования должны быть устойчивы к климатическим факторам и другим видам воздействия (попаданию на окрашенные поверхности стружки, смазочно-охлаждающих жидкостей, рабочих жидкостей для электроэрозионных и электрохимических станков и др.), определяющим условия эксплуатации [37]. ЛКП должны быть гладкими, однотонными. Для маскировки неровностей поверхности допускается применение гладких рисунчатых (молотковых) или рельефных однотонных ЛКМ. По степени блеска ЛКП основных поверхностей станков и машин должны быть глянцевыми, полуглянцевыми или полуматовыми.

Требования к классу покрытия окрашенных поверхностей оборудования приведены в таблице 7.

Таблица 7 — Требования к классу покрытия

Окрашенные поверхности	Класс покрытия по ГОСТ 9.032
1 Основные поверхности, определяющие внешний вид: а) станков, машин и промышленных роботов обычного исполнения б) станков классов точности В, А и С по ГОСТ 8—82, изделий высшей категории качества, изделий для экспортных поставок	 IV III
2 Поверхности, доступные для обозрения, но не определяющие внешний вид: а) станков, машин и промышленных роботов обычного исполнения б) станков классов точности В, А и С по ГОСТ 8—82, изделий высшей категории качества, изделий для экспортных поставок	 V IV
3 Поверхности электрошкафов: а) наружные б) внутренние	 IV VI
4 Поверхности внутри станков, машин, промышленных роботов (не доступные для обозрения поверхности станков, машин, гидро- и смазочного оборудования и др.)	VII

Применяют нитроцеллюлозные, алкидные, хлорвиниловые, меламиноалкидные, эпоксидные, поливинилбутиральные и кремнийорганические ЛКМ.

1.4.7 Судостроение

Основным методом защиты корпусов судов и корпусных конструкций от коррозии и обрастания является применение ЛКП. В судостроении и судоремонте используется значительное количество ЛКМ различных свойств и назначений. Необходимость применения обширного ассортимента грунтовок, красок и эмалей вызывается наличием разнообразных типов судов и сложными условиями их эксплуатации в районах с различными климатическими условиями, а также характером и степенью агрессивности перевозимых грузов.

В таблице 8 приведены расчетные объемы обработки наружных поверхностей окрашивания корпуса судна 394-А [38].

Таблица 8 — Объемы обработки наружных поверхностей судов

Наименование элемента (изделия), выполняемые работы	Объем обработки на одно судно (изделие), м^2
Подводная часть:	
шпатлевание язв (30 %)	390
грунтование	1300
окрашивание	1320
Пояс переменных ватерлиний:	
шпатлевание язв (30 %)	190
грунтование	416
окрашивание	422
Выступающие части, насадка, ахтерштевень, решетки, форштевень:	
грунтование	117,6
окрашивание	110,9
Надводный борт:	
грунтование	760
окрашивание	800

Используются эпоксидные шпатлевки, поливинилацетатные и эпоксидные грунтовки, эпоксидно-виниловые, сополимерополивинилхлоридные, перхлорвиниловые и пентафталевые эмали.

Биообрастание подводной части судов создает целый ряд проблем при эксплуатации судов — от снижения эффективности использования топлива до потери работоспособности конструкции. Обычная практика предотвращения обрастания морскими организмами — окрашивание поверхности специальными ЛКМ, которые подразделяются на две категории: биоцидные контактного действия и предотвращающие обрастание (самоочищающиеся).

До 2008 г. проблема решалась применением самоочищающихся покрытий с контролируемым высвобождением токсина трибутилолова. Данный биоцид был чрезвычайно эффективен. Однако этот токсичный и стойкий материал использовался

настолько широко, что его накопление в морской экосистеме стало угрожающим. Международная морская организация по контролю за вредными противообрастающими системами на судах (IMO) приняла Международную конвенцию об ограничении, начиная с 2003 г., применения необрастающих систем, содержащих трибутилолово и другие оловосодержащие биоциды.

Самополирующиеся противообрастающие покрытия, не содержащие в своем составе оловоорганических биоцидов с жесткоконтролируемой скоростью полирования, — это покрытия на основе канифоли. В качестве биоцида используется закись меди. Срок службы таких покрытий — 2–3 года.

За рубежом разработка и применение противообрастающих покрытий осуществляется на основе современных экологических требований:

- полное запрещение, в соответствии с решением ООН (IMO Convention), использования оловосодержащих противообрастающих покрытий с начала 2008 г. как наиболее опасных для окружающей среды;

- запрещение бездоковой (на плаву) очистки подводной части судов с целью избегания попадания в воду остатков токсичных покрытий;

- разработка и использование в противообрастающих покрытиях новых малотоксичных биоцидов, не содержащих тяжелых металлов;

- разработка и использование противообрастающих покрытий, токсичные компоненты которых в морской воде быстро (например, в течение 12 ч) теряют свою биологическую активность;

- разработка покрытий с замедленным выделением из них в окружающую среду вредных компонентов, что обеспечивает снижение их концентрации в морской воде;

- ускорение разработки экологически обоснованных нормативных актов по строгому контролю за загрязнением окружающей среды и его проведение.

В целом существует два основных подхода: создание очень скользкой поверхности, к которой не могут прикрепиться обрастающие организмы, или же обеспечение использования поддающихся биологическому разложению материалов, которые будут медленно выщелачиваться из покрытий.

За рубежом проблема создания очень скользкой поверхности решена за счет создания покрытий на основе полиметилсилоксана с функциональными группами силанола (SiOH), двуокиси кремния и силанов с алкокси-группами и применения фторированных, фторэпоксидных смол, отверждаемых аминосиликоновыми соединениями.

Второй подход реализуется использованием самополирующегося покрытия, содержащего соединения одновалентной меди.

Отечественные сополимерополивинилхлоридные и винил-эпоксидные ЛКМ также содержат в качестве биоцида закись меди.

1.4.8 Авиационная промышленность

В процессе эксплуатации покрытия, предназначенные для защиты внешней поверхности изделий авиационной техники, подвергаются воздействию различных разрушающих факторов: солнечной радиации, влаги, перепадов температуры, ударных нагрузок, вызываемых песком, снегом, дождем, сдвиговых нагрузок от высокоскоростного аэродинамического потока, а также синтетических масел и гидравлических жидкостей. На высотах полета порядка 10 км фиксируется излучение с длиной волны 0,2–

0,3 мкм, которое отсутствует у поверхности Земли, в связи с этим фотоокислительная деструкция покрытия на данных высотах протекает интенсивнее, чем у поверхности Земли. К атмосферостойкости ЛКП для авиационной промышленности предъявляются повышенные требования.

Кроме того, ЛКП должны наноситься и отверждаться в цеховых условиях без сушки при повышенных температурах.

Различают два процесса обработки поверхности:

- процессы, связанные с постройкой самолетов;
- техническое обслуживание [4].

При техническом обслуживании проводят полную замену внешнего покрытия самолетов, вызванную снижением оптических свойств, а также для исследования износа и коррозии металла. За рубежом перекраску проводят каждые 6–8 лет.

1.4.9 Нефтегазовая промышленность

К объектам нефтегазовой промышленности относятся:

- технологическое оборудование, трубопроводы и конструкции надземных объектов, предназначенных для добычи, сбора, подготовки, транспортировки, переработки и хранения углеводородов;
- резервуары товарной нефти и динамического и технологического отстоя нефти.

Для защиты наружной стальной поверхности объектов используются ЛКП, устойчивые к длительному воздействию атмосферы умеренного и холодного климата и обеспечивающие устойчивость к отслаиванию, растрескиванию, нарушению сплошности, изменению декоративных и защитных свойств в течение всего срока службы.

Внутренняя поверхность технологического оборудования и промысловых газопроводов должна:

- обеспечивать надежное экранирование защищаемого объекта от воздействия коррозионно-агрессивных сред, содержащих: сероводород, углекислый газ, органические соединения, включая органические кислоты, минерализированную воду и др.;
- выдерживать воздействие температур без отслаивания, расслаивания, растрескивания при эксплуатации от минус 60 °С до 150 °С и при транспортировании и проведении монтажно-строительных работ от минус 40 °С до 50 °С.

Класс покрытия наружных поверхностей изделий — IV по ГОСТ 9.032—74.

Нормируется три уровня срока службы покрытий:

- низкий уровень — от 5 до 7 лет;
- средний уровень — от 7 до 15 лет;
- высокий уровень — более 15 лет.

ЛКП наружных поверхностей резервуаров для хранения нефти должны быть стойкими к кратковременному воздействию хранящегося продукта и нейтральным моющим средствам. Срок службы наружной поверхности резервуара — от 10 до 20 лет, внутренней поверхности резервуаров — не менее 20 лет. Наружное покрытие обследуется не реже 1 раза в 5 лет, внутреннее — не реже 1 раза в 10 лет. В случае нарушения целостности покрытия проводится ремонт по восстановлению ЛКП.

Используются высоковязкие эпоксидные и однокомпонентные полиуретановые ЛКМ отечественного и зарубежного производства толщиной покрытия от 300 до 600 мкм.

1.5 Экологические аспекты производства окрасочных работ и воздействие на окружающую среду

ЛКМ — сложные многокомпонентные системы, содержащие пленкообразователи, пигменты, наполнители и др. Значительной составляющей большинства ЛКМ являются органические растворители. В качестве пигментов, как правило, используют неорганические соединения: оксиды, соли тяжелых металлов. При нанесении ЛКМ в окрасочных камерах образуются твердые, пастообразные и жидкие отходы, пары растворителей и вода, насыщенная растворителями и красочным аэрозолем. Наибольшую опасность для организма человека представляют летучие органические соединения (растворители), выделяющиеся в атмосферу при нанесении и сушке ЛКП; тяжелые металлы, содержащиеся в аэрозоле, образующемся при нанесении ЛКМ; изоцианаты, фталевый и малеиновый ангидриды, формальдегид, жирные кислоты и другие соединения, выделяющиеся при сушке ЛКМ (особенно при высокой температуре) [39]. При этом следует отметить, что растворители предназначены для обеспечения технологических параметров получения лакокрасочного покрытия и полностью отсутствуют в сформированном покрытии. С учетом мирового потребления ЛКМ суммарный выброс органических растворителей в атмосферу достигает 12–18 млн т/г.

Летучие органические соединения (кетоны, спирты, эфиры) вызывают различные аллергические реакции и отравления, а стирол, хлорбензол и этилбензол являются канцерогенами.

Для очистки отходящих газовых выбросов применяют различные способы: окисление кислородом на катализаторах, непосредственное сжигание вредных примесей, улов с использованием гидрофильтров, а также сорбционные способы, с помощью которых удается выделить вещества для повторного использования в производстве.

Сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу можно достичь с помощью инженерно-технических решений:

- оптимизация процесса окраски;
- автоматизация оборудования;
- модернизация систем рециркуляции;
- очистка отходов;
- внедрение ЛКМ с высоким сухим остатком, водоразбавляемых, порошковых и радиационно-отверждаемых.

Применение ЛКМ с содержанием нелетучих веществ 65 % — 75 % позволяет сократить потребление органических растворителей на 30 %, снизить расход ЛКМ и увеличить срок службы покрытий в 1,5–2 раза. Водоразбавляемые материалы могут успешно заменить алкидные органоразбавляемые материалы. При применении порошковой окраски полностью отсутствуют органические растворители и другие ЛОС. Технология порошковой окраски малоотходная (практически полная утилизация красок при нанесении и возвращение в производственный цикл), простая, экономичная (однослойное покрытие взамен двух-трехслойной) и обеспечивает высокое качество и долговечность покрытий.

Одним из путей сокращения расхода растворителя является их рекуперация [40]. В промышленности улавливание растворителей осуществляется конденсационным, адсорбционным и абсорбционным методом. Наиболее актуальным является адсорб-

ционный метод, при котором растворитель поглощается из паровоздушных смесей твердыми адсорбентами с последующей десорбцией растворителя путем нагревания или пропускания паров через насыщенные сорбенты. В качестве адсорбентов в рекуперационных установках, работающих по этому методу, применяются в основном активные угли.

Помимо газообразных отходов при получении лакокрасочных покрытий образуются жидкие и пастообразные отходы. Проблема отходов, содержащих тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий, хром) и биоциды (противообрастающие краски) решается ужесточением требований к безопасности ЛКМ на законодательном уровне.

Готовится к введению в действие технический регламент Таможенного союза «О безопасности лакокрасочных материалов», который учитывает требования Директивы № 2004/42/ЕС [41] по ограничению содержания ЛОМ в ЛКМ и Регламента № 19007/2006 REACH [42] по токсичным соединениям.

Экологическая маркировка ЛКМ [43] — это:

- возможность потребителю выбрать на рынке действительно экологически безопасный продукт;

- возможность сократить негативное воздействие на окружающую среду и обеспечение регулярных проверок третьей стороной, помогающих решить проблемные вопросы предприятия;

- надежный государственный инструмент, направленный на повышение качества и экологической безопасности продукции.

Стандарт содержит требования к:

- компонентам ЛКМ (ограничиваются наиболее опасные вещества: ароматические углеводороды, вещества, обладающие канцерогенными, мутагенными свойствами, вызывающие аллергические реакции, токсичные и наносящие вред репродуктивной системе);

- эксплуатационным свойствам ЛКМ;

- системе обращения с отходами, использованию воды и электроэнергии;

- упаковочным материалам, определяющие их безопасность и пригодность к переработке.

Обработку и ликвидацию опасных отходов можно проводить разными путями:

- физическая обработка (сорбция на угле, диализ, электродиализ, испарение, фильтрование, флокуляция, отстаивание, обратный осмос, обезвоживание);

- химическая обработка (кальцинирование, ионный обмен, нейтрализация, оксидоредукция, осаждение, термическая обработка, пиролиз, сжигание);

- биологическая обработка (активирование пульпы, оросительные пульпы, оросительные фильтры);

- ликвидация и хранение в специальных сооружениях, хранилищах, подземное захоронение, выгрузка навалом либо в таре в океан.

Для ЛКМ актуально уничтожение отходов методом сжигания при 300 °С — 800 °С.

При оценке типичных для России уровней выбросов, сбросов загрязняющих веществ и образования отходов при проведении окрасочных работ члены ТК 35 использовали как результаты анкетирования отечественных предприятий, так и сведения, приведенные в [4].

С целью выбора НДТ на основании текущих выбросов загрязняющих веществ в разделе 4 даны методики их определения.

Раздел 2. Основные технологические процессы подготовки поверхности и окрашивания, применяемые в настоящее время при производстве продукции (товаров) в Российской Федерации

2.1 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания легковых автомобилей

Технологический процесс окрашивания кузова автомобиля включает стадии, перечисленные в таблице 9.

Таблица 9 — Технологический процесс окрашивания кузова легкового автомобиля

Наименование операции	Оборудование, приспособления
1 Предварительное обезжиривание	Ванна распыления
2 Сток	Туннель стока
3 Промывка водой	Ванна распыления
4 Сток	Туннель стока
5 Обезжиривание	Ванна окунания до оконных проемов, распыление на крышу
6 Сток	Туннель стока
7 Обезжиривание распылением	Ванна распыления
8 Сток	Туннель стока
9 Промывка водой	Ванна окунания до оконных проемов, распыление на крышу
10 Промывка водой	Ванна распыления
11 Сток	Туннель стока
12 Фосфатирование	Ванна распыления
13 Сток	Туннель стока
14 Промывка распылением	Ванна распыления
15 Сток	Туннель стока
16 Пассивация	Ванна распыления
17 Сток	Туннель стока
18 Промывка дем. водой	Ванна распылением
19 Сток	Туннель стока
20 Орошение дем. водой	Контур орошения
21 Сток	Туннель стока
22 Сушка от влаги	Камера сушильная
23 Пост ОТК	Площадка
24 Подсоединение к электрической шине	Площадка
25 Окраска катодным электроосаж-дением	Ванна объемом 100 $м^3$ с системой электродиализа, циркуляцией, фильтром очистки, теплообменником

Продолжение таблицы 9

Наименование операции	Оборудование, приспособления
26 Предварительная промывка ультрафильтратом	Контур струйного облива
27 Первая промывка рециркуляционным ультрафильтратом	Контур струйного облива, ванна стока объемом 7–10 м^3
28 Вторая промывка чистым ультрафильтратом	Контуры струйного облива, ванна объемом 7–10 м^3
29 Сток ЛКМ из скрытых сечений	Конусообразная ванна
30 Промывка рециркуляционной дем водой	Контуры струйного облива
31 Промывка чистой дем. водой	Контуры струйного облива, ванна стока дем. воды объемом 6 м^3
32 Отключение электр. шины	Площадка
33 Термоотверждение покрытия	Сушильная установка
34 Осмотр, подшлифовка грунтовочного покрытия, нанесение мастики на сварные швы внутри кузова	Площадка
35 Нанесение противошумной мастики на днище кузова	Камера окрасочная, установка для нанесения высоковязких материалов
36 Протирка вручную напыла мастики	Площадка
37 Нанесение грунтовки в два слоя «мокрый по мокрому» с межслойной выдержкой 2–3 мин	Окрасочная камера 2-позиционная, пневматический распылитель
38 Выдержка 3–5 мин	Тамбур с вытяжной вентиляционной установкой
39 Одновременная сушка мастики и грунтовки при 130 °С 20 мин	Сушильная установка
40 Охлаждение до 30 °С — 40 °С	Тамбур с обдувом холодным сжатым воздухом
41 Перевеска кузова с подвесного конвейера на тележку напольного конвейера	Площадка
42 Мокрое шлифование грунтовки вручную вертикальных поверхностей, шлифование шлифовальными машинками, промывка вручную гидрощетками	Бескамерная установка с гидрофильтром, ротационные шлифовальные машинки, гидрощетки
43 Промывка от шлифовочной пыли дем. водой	Камера мойки
44 Сушка от влаги при 150 °С	Сушильная камера
45 Охлаждение до 30 °С — 40 °С	Тамбур с обдувом холодным сжатым воздухом
46 Пост ОТК	Площадка
47 Нанесение грунтовки на места, прошлифованные до металла	Площадка, кисть

Окончание таблицы 9

Наименование операции	Оборудование, приспособления
48 Нанесение покрывной эмали в два слоя «мокрый по мокрому»	Окрасочная камера двухпозиционная, пневматический распылитель
49 Выдержка 3–5 мин	Тамбур с вытяжной вентиляционной установкой
50 Сушка при 130 °С	Камера сушильная
51 Охлаждение до 30 °С — 40 °С	Тамбур с обдувом холодным сжатым воздухом
52 Пост ОТК	Площадка
53 Местное шлифование вручную дефектов покрытий, нанесение эмали вручную кистью или распылителем	Площадка
54 Сушка	Бескамерная сушильная установка под лампами (типа УСПО)

Предварительную обработку поверхности обезжириванием используют для удаления грязи и масла перед обработкой фосфатированием, которое способствует улучшению адгезии ЛКМ к окрашиваемой поверхности и повышению антикоррозионных свойств ЛКП. Окрашивание электроосаждением обеспечивает защиту от коррозии внутренних и наружных поверхностей, включая внутренние полости. Окрашивание промежуточной грунтовкой необходимо для выравнивания поверхности и обеспечения сцепления с верхним покрывным слоем покрытия. Внешний верхний слой обеспечивает внешний вид покрытия, а также обеспечивает защиту от химического и физического воздействия окружающей среды (солнечное излучение, дождь, снег, химикаты, топливо, механическое повреждение). Нанесение грунтовочного покрытия методом электроосаждения проводят в ваннах окунания. Нанесение промежуточной грунтовки проводят методом электростатического распыления с ручной подкраской труднодоступных мест методом пневматического распыления. Окрашивание проводят в окрасочных камерах, снабженных системой фильтров для очистки от пыли и вентиляцией для удаления загрязненного воздуха из зоны окраски. Сушка покрытия проводится горячим воздухом в сушильных камерах.

В таблице 10 показан расход ЛКМ при окрашивании легкового автомобиля.

Расход находится в прямой зависимости от марки применяемого ЛКМ.

Таблица 10 — Расход материалов

Лакокрасочный материал в рабочей вязкости	Норма расхода, г/м^2
Электрофорезная грунтовка на водной основе, органических растворителей 5 % масс., содержание сухого остатка 14 % — 18 %	70–80 *
Грунтовка на основе растворителей, органических растворителей 45 %, электростатическое распыление	160–180
Эмаль на основе растворителей, органических растворителей 50 % — 60 %	80–120
Защита днища и герметизация	6–12 кг/автомобиль *

Окончание таблицы 10

Лакокрасочный материал в рабочей вязкости	Норма расхода, г/м^2
* Данные [4].	

Вода при обработке поверхности автомобиля используется при:

- подготовке поверхности к окрашиванию;
- электроосаждении;
- очистке вытяжного воздуха окрасочной камеры.

Расход воды для электроосаждения, по данным [4], составляет 3–20 л/м^2.

Для улавливания загрязняющих веществ (ЗВ) при окрашивании окрасочные камеры оборудованы гидрофильтрами. Вода, как правило, циркулирует в системе очистки. Расход циркулируемой воды — 2–3 л/м^3 воздуха, удаляемого из окрасочной камеры. Требуется восполнение воды за счет испарения. Незначительное количество воды теряется при очистке камеры (унос с коагулянтом).

Данные по потреблению электроэнергии в РФ при производстве легковых автомобилей отсутствуют. По данным [4], расход электроэнергии на производство окрасочных работ составляет 38 % — 52 % от общего расхода электроэнергии на производство автомобиля, из них 7 % — 11 % расходуется на подготовку поверхности к окрашиванию, 10 % — 15 % — на электроосаждение, 12 % — 18 % — на герметизацию и защиту днища, 12 % — 18 % — на нанесение промежуточной грунтовки, остальное — на нанесение верхнего слоя покрытия.

2.1.1 Подготовка к окрашиванию

Предварительная обработка поверхности проводится водными составами и обсуждается в справочнике НДТ «Процессы обработки поверхностей металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов».

2.1.2 Грунтование поверхности методом электроосаждения

В настоящее время метод электроосаждения применяется повсеместно как в Европе, так и в России для нанесения первичного грунтовочного слоя при окрашивании легковых автомобилей. Лакокрасочный материл наносится путем погружения в ванну и обычно содержит около 14 % — 22 % твердых компонентов, 2 % — 6 % растворителя, не содержит свинец. Разбавляется материал деминерализованной водой. В качестве пленкообразующего вещества служат латексные полимеры, диспергируемые в уксусной кислоте (ультрафильтрат).

Нанесение покрытий электроосаждением представляет собой процесс, заключающийся в осаждении пленкообразующего материала из водного раствора на окрашиваемую поверхность с помощью постоянного электрического тока. Металлический корпус ванны, в которую помещают окрашиваемое изделие, является одним из электродов, связанных с источником постоянного тока. Противоположным электродом служит окрашиваемое изделие. В зависимости от того, где происходит нанесение ЛКМ — на аноде или катоде, процесс электроосаждения может быть анодным или катодным. При окраске легковых автомобилей преимущественно используется катодное электроосаждение. При нанесении методом электроосаждения достигается высокая равно-

мерность по толщине покрытий, возможность хорошего прокрашивания изделий в труднодоступных местах, на острых кромках и углах.

ЛКМ, который электростатически не осадился на поверхности, удаляется промывкой ультрафильтратом. Используется многократная промывка. Для обеспечения экологической безопасности процесса окрашивания и сокращения объема промывочной воды используются установки ультрафильтрационной очистки рабочего раствора ЛКМ.

Отвержение грунтовочного слоя покрытия проводится при высокой температуре 165 °С — 180 °С в течение 15–30 мин. Перед сушкой для удаления остатков воды проводят обдув горячим воздухом (100 °С).

2.1.3 Защита днища кузова и сварных швов

Нанесение мастики на сварные швы внутри кузова проводят на специальных площадках с применением распылительного оборудования для нанесения высоковязких ЛКМ.

Нанесение противошумной мастики на днище кузова проводят в окрасочных камерах с помощью установок безвоздушного распыления для высоковязких материалов.

ЛКМ представляют собой пластизоли на основе ПХВ и битумные мастики.

2.1.4 Нанесение промежуточной грунтовки

Нанесение промежуточной грунтовки проводят для:

- выравнивания поверхности и подготовки к нанесению внешнего слоя покрытия;
- обеспечения хорошей адгезии и достижения необходимой толщины покрытия;
- защиты от ударов камнями;
- защиты первичного слоя покрытия от действия внешних факторов окружающей среды.

В отечественной практике в качестве промежуточного слоя используется эпоксиэфирная грунтовка, содержащая органические растворители. В зарубежной практике используются также грунтовки на водной основе.

Нанесение грунтовки на внешнюю поверхность проводят обычно электростатическим распылением высокооборотными распылителями. Внутри салона грунтовку наносят ручным пневматическим распылением. Наносятся, как правило, два слоя грунтовки «мокрый по мокрому» с межслойной выдержкой в течение 2–3 мин. Сушку мастики и промежуточной грунтовки проводят в сушильной установке при температуре 130 °С — 150 °С в течение 20 мин. После охлаждения проводят мокрое шлифование в бескамерных установках с гидрофильтрами, промывку шлифовочной пыли в камерах мойки и сушку от влаги.

2.1.5 Нанесение верхнего (финишного) покрытия

После охлаждения и обеспыливания поверхности проводят нанесение верхнего слоя покрытия в два слоя «мокрый по мокрому». В отечественной практике используются меламиноалкидные ЛКМ, в зарубежной — акриловые и полиэфирные ЛКМ и водоразбавляемые ЛКМ. В отечественной практике для нанесения верхнего слоя покрытия используется метод пневматического распыления, в зарубежной — метод электро-

статического распыления высокооборотными распылителями с подкраской пневматическим распылением в труднодоступных местах. Сушку покрытия проводят при 130 °С — 140 °С в течение 35–50 мин.

При окрашивании ЛКМ типа «металлик» сначала наносится базовое покрытие, затем двухслойное лаковое покрытие «мокрый по мокрому». Используются полиакриловые ЛКМ.

На европейских автомобильных заводах для сокращения выбросов ЛОС используют ЛКМ с пониженным содержанием ЛОС, эффективную сухую и мокрую очистку выбрасываемого из окрасочной камеры загрязненного воздуха, термическую очистку воздуха сушильных камер. Для сокращения сточных вод используют противоточные системы промывки и тщательную обработку их на установках по очистке сточных вод. Для снижения выбросов сточных вод из окрасочных камер используют методы окрашивания, дающие минимальные потери ЛКМ и эффективные коагулянты для ванн окрасочных камер. На отечественных автомобильных заводах используется сжигание отходящих из сушильных камер воздуха, загрязненного растворителем.

2.2 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания грузовых автомобилей и автобусов

Подготовка поверхности к окрашиванию включает в себя очистку, обезжиривание с последующим фосфатированием и пассивацией поверхности. Применяют процессы, используемые для подготовки поверхности к окрашиванию легковых автомобилей. Предварительная обработка поверхности водными составами обсуждается в справочнике НДТ «Процессы обработки поверхностей металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов».

Допускается взамен химической обработки применение фосфатирующих грунтовок по очищенной от жировых загрязнений поверхности.

Металлическая поверхность кабин, оперенья и топливных баков должны быть загрунтованы. Внутренняя поверхность кабин, закрываемые обивкой, должны быть загрунтованы. Наружная поверхность кабин, оперенья и топливных баков после должны быть окрашены защитно-декоративными эмалями в два слоя. Допускается окрашивать топливные баки в два слоя без грунтовки или в один слой по грунтовке. Для защиты днища кабин и крыльев от коррозии, истирания и шума используются мастики и пластизоли. Допускается окрашивать поверхности крыльев в два слоя эмалями по грунтовке без применения мастик.

Деревянные детали и узлы платформы окрашиваются эмалями в два слоя без грунтовки или в один слой по грунтовке.

Металлические платформы, сборочные единицы и детали платформ окрашиваются в слои по грунтовке. Допускается окрашивать их в два слоя грунт-эмалевыми составами. Внутренняя поверхность металлических платформ автомобилей-самосвалов окрашиваются в один слой без грунтовки.

Ободья и диски колес в сборе, кольца колес, радиаторы и рессоры, рамы автомобиля, воздушные баллоны, мосты, карданные валы, амортизаторы, детали рулевого управления и другие детали шасси окрашиваются водоразбавляемыми грунтовками или эмалями в один слой. Допускается применение порошковой окраски.

Перечисленные выше детали, кроме деталей радиаторов из цветных металлов, для грузовых автомобилей для Министерства обороны окрашиваются в один слой по грунтовке или в два слоя без грунтовки лакокрасочными материалами с защитными свойствами.

Стальные и чугунные отливки должны быть загрунтованы.

Окрашивание наружной поверхности двигателя проводится в один слой по загрунтованной поверхности. Окрашивание проводят после сборки двигателя. Штампованные детали и детали двигателя также окрашиваются в один слой.

Для грунтования поверхностей используются алкидные грунтовки, водоразбавляемые грунтовки и эмали. Водоразбаляемые грунтовки и эмали разделяются на два типа:

- наносимые электроосаждением;
- наносимые распылением, окунанием или струйным обливом.

Для окрашивания кабин и кузова автобуса используется две системы лакокрасочного покрытия.

Первая система предусматривает нанесение ЛКМ:

- электроосаждением (содержание растворителя — 8 % масс.);
- двухслойное финишное покрытие эмалями (содержание растворителя — не менее 45 % масс. — 55 % масс.).

Вторая система предусматривает нанесение ЛКМ:

- распылением, окунанием, струйным обливом (содержание растворителя — 15 % масс.);
- двухслойное финишное покрытие эмалями (содержание растворителя — не менее 45 % масс. — 55 % масс.).

Допускается система нанесения ЛКМ:

- распылением (содержание растворителя — не менее 55 %);
- двухслойное финишное покрытие эмалями (содержание растворителя — не менее 45 % масс. — 55 % масс.).

Детали шасси, как правило, загрунтовываются водоразбавляемыми материалами: с содержанием растворителей 5 % — 10 % — методом электроосаждения, с содержанием растворителей 10 % — 15 % — методом распыления, окунания; порошковыми материалами или грунтовками на растворителях (содержание растворителя — 45 % — 55 %) — методом ручного распыления из-за различий в размерах и конфигурации изделия. Лакокрасочные материалы наносятся пневматическим или безвоздушным распылением.

Технологические схемы окрашивания кабины приведены в таблице 11.

Таблица 11 — Технологическая схема окрашивания кабины грузового автомобиля

Наименование операции	Оборудование, приспособления для нанесения	
	водоразбавляемых материалов	органоразбавляемых материалов
1 Предварительное обезжиривание распылением	Ванна распыления	
2 Сток	Туннель стока	
3 Промывка водой	Ванна распыления	

Продолжение таблицы 11

Наименование операции	Оборудование, приспособления для нанесения			
	водоразбавляемых материалов		органоразбавляемых материалов	
4 Сток	Туннель стока			
5 Обезжиривание распылением	Ванна распыления			
6 Сток	Туннель стока			
7 Промывка водой	Ванна распыления			
8 Сток	Туннель стока			
9 Фосфатирование	Ванна распыления			
10 Сток	Туннель стока			
11 Промывка водой	Ванна распыления			
12 Пассивация	Ванна распыления			
13 Сток	Туннель стока			
14 Промывка дем. водой	Ванна распыления			
15 Сток	Туннель стока			
16 Орошение дем. водой	Ванна распыления			
17 Сток	Туннель стока			
18 Сушка от влаги	Камера сушильная			
24 Пост ОТК	Площадка			
25 Окраска электроосаждением	Ванна с системой электродиализа, циркуляцией, фильтром очистки, теплообменником	–	–	–
26 Окраска окунанием	–	Ванна окунания с циркуляцией, теплообменником	–	–
27 Окраска струйным обливом	–	–	Ванна с циркуляцией, теплообменником и контурами облива	–

Окончание таблицы 11

Наименование операции	Оборудование, приспособления для нанесения			
	водоразбавляемых материалов		органоразбавляемых материалов	
28 Окраска распылением	–	–	–	Окрасочная камера, пневматический распылитель
29 Предварительная промывка ультрафильтратом	Контуры струйного облива	–	–	–
30 Первая промывка ультрафильтратом	Контуры струйного облива, ванна	–	–	–
31 Вторая промывка ультрафильтратом	Контуры струйного облива, ванна	–	–	–
32 Промывка рециркуляционной дем. водой	Контуры струйного облива	–	–	–
33 Промывка чистой дем. водой	Контуры струйного облива, ванна	–	–	–
34 Отключение электр. шины	Площадка	–	–	–
35 Зона каплепадения	–	Ванна стока	Ванна стока	–
36 Зона растекания	–	Туннель	Туннель	–
37 Термоотверждение покрытия	Сушильная установка			
38 Охлаждение до 30 °С — 40 °С	Тамбур с обдувом холодным сжатым воздухом			
39 Нанесение покрывной эмали в два слоя «мокрый по мокрому»	Окрасочная камера 2-позиционная, пневматический распылитель			
40 Выдержка 5–10 мин	Тамбур с вытяжной вентиляционной установкой			
41 Сушка	Камера сушильная			
42 Охлаждение до 30 °С — 40 °С	Тамбур с обдувом холодным сжатым воздухом			
43 Пост ОТК	Площадка			

При окрашивании деталей шасси водоразбавляемыми материалами используется технологическая схема, аналогичная применяемой при окрашивании кабины (поз. 1–38). При окрашивании материалами на растворителях подготовку поверхности производят обезжириванием вручную, затем производят окрашивание грунт-эмалями на эпоксидно-хлорвиниловой основе в два слоя методом безвоздушного или пневматиче-

ского распыления в окрасочных камерах. Сушку каждого слоя проводят при 60 °С — 80 °С.

При окрашивании автобусов после нанесения первичного слоя лакокрасочного покрытия проводят операции по герметизации швов и защите днища специальными составами. В остальном технология окрашивания существенно не отличается от технологии окрашивания кабин грузового автомобиля. В качестве грунтовки используют эпоксидную или полиуретановую грунтовку, для покрывных слоев — полиуретановые эмали. Порошковое окрашивание применяется исключительно для обработки поверхности поручней салона автобуса.

В таблице 12 показан расход материалов при окрашивании грузовых автомобилей и автобусов [4].

Расход зависит от марки применяемого ЛКМ.

Таблица 12 — Расход материалов

Лакокрасочный материал	Норма расхода, г/м^2		
	Грузовой автомобиль	Автофургон	Автобусы
Электрофорезная грунтовка на водной основе, органических растворителей 5 % масс., содержание сухого остатка 14 % — 18 %	128	128	120–135
Грунтовка на основе растворителей, органических растворителей 50 %	200	200	180–200
Грунтовка водоразбавляемая, 15 % масс. растворителя	200	200	220–260
Эмаль на основе растворителей, органических растворителей 50 % — 65 % — 75 %	116–122	139–146	90–100

Вода при обработке поверхности используется при:

- подготовке поверхности к окрашиванию;
- электроосаждении;
- очистке вытяжного воздуха окрасочной камеры.

Расход воды при окрашивании грузовых автомобилей по данным [4] составляет 35–80 л/м^2.

Данные по потреблению электроэнергии в РФ при производстве грузовых автомобилей и автобусов отсутствуют. По данным [4], расход электроэнергии при использовании природного газа на производство окрасочных работ составляет 0,7–1 нм^3/м^2 окрашенной поверхности.

Для снижения уровня загрязнений окружающей среды в Европе используют лакокрасочные материалы:

- водоразбавляемые для электроосаждения (5 % растворителя);
- водоразбавляемые грунтовки (8 % растворителя), наносимые методом электростатического распыления;
- покрывные материалы с высоким сухим остатком (45 % растворителя) и водоразбавляемые материалы (13 % растворителя), наносимые пневматическим распылением.

2.3 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания железнодорожных средств

Технологические процессы получения покрытий железнодорожных транспортных средств можно разделить на два вида: окрашивание новых вагонов и операции технического обслуживания, включающие ремонтное перекрашивание вагонов. Системы лакокрасочных покрытий в обоих случаях одинаковые.

Технологический процесс окрашивания пассажирских и грузовых вагонов включает стадии, перечисленные в таблице 13, ремонтного окрашивания пассажирских вагонов — в таблице 14.

Таблица 13 — Технологический процесс окрашивания грузовых и пассажирских вагонов

Наименование операции	Оборудование, приспособления
1 Присоединение вагона к конвейеру	–
2 Очистка поверхности от снега и льда, нагрев до 15 °С	Газовая установка прямого нагрева воздуха
3 Струйная промывка (обезжиривание)	Камера очистки с высоконапорным очистительным оборудованием с подогревом воды, ванна стока
4 Обдув сжатым воздухом	Площадка
5 Сушка от влаги	Камера сушки
6 Маскировка ходовой части и тормозной системы	Площадка
7 Автоматическая дробеструйная обработка	Камера очистки с дробеструйным оборудованием
8 Ручная дробеструйная обработка	Камера очистки с ручным дробеструйным оборудованием
9 Очистка от абразивных материалов	Камера очистки с вентиляционным оборудованием
10 Нанесение первого слоя материала	Камера окрасочная, оборудование ручного безвоздушного распыления
11 Выдержка и растекание лакокрасочного покрытия	Площадка с вентиляционным оборудованием
12 Сушка	Камера сушки
13 Охлаждение	Площадка с вентиляционным оборудованием
14 Нанесение второго слоя материала	Камера окрасочная, оборудование ручного безвоздушного распыления
15 Выдержка и растекание лакокрасочного покрытия	Площадка с вентиляционным оборудованием
16 Сушка	Камера сушки
17 Охлаждение	Площадка с вентиляционным оборудованием

Окончание таблицы 13

Наименование операции	Оборудование, приспособления
18 Нанесение третьего слоя материала	Камера окрасочная, оборудование ручного безвоздушного распыления
19 Выдержка и растекание лакокрасочного покрытия	Площадка с вентиляционным оборудованием
20 Сушка	Камера сушки
21 Охлаждение	Площадка с вентиляционным оборудованием
22 Нанесение надписей и логотипов	Камера окрасочная, оборудование ручного пневматического распыления
23 Выдержка и растекание лакокрасочного покрытия	Площадка с вентиляционным оборудованием
24 Сушка	Камера сушки
25 Охлаждение, отсоединение от транспортного пути и откатка	Площадка с вентиляционным оборудованием
26 Испытание тормозов, взвешивание, сдача	–

Таблица 14 — Технологический процесс ремонтного окрашивания пассажирских вагонов

Наименование операции	Оборудование, приспособления
Наружная окраска	
1 Обмывка кузова вагона снаружи от загрязнений и масложировых отложений	Камера очистки с высоконапорным очистительным оборудованием с подогревом воды, ванна стока
2 Очистка от окислов металла и старых покрытий	Камера очистки с ручным дробеструйным оборудованием
3 Обдувка воздухом	Камера очистки с вентиляционным оборудованием
4 Обезжиривание	Камера очистки
5 Нанесение грунтовки	Камера окрасочная
6 Шпатлевание отдельных углублений и дефектных мест	Площадка с вентиляционным оборудованием
7 Повторное шпатлевание в случае необходимости	Площадка с вентиляционным оборудованием
8 Шлифование зашпатлеванной поверхности и дефектных мест (потеки, наплывы и др.)	Площадка с вентиляционным оборудованием
9 Нанесение выявительного слоя сплошное или местами на зашпатлеванную поверхность	Камера окрасочно-сушильная
10 Выправка отдельных дефектных мест	Камера окрасочно-сушильная
11 Подшлифовка выравненных мест	Камера окрасочно-сушильная

Окончание таблицы 14

Наименование операции	Оборудование, приспособления
12 Повторное сплошное грунтование	Камера окрасочно-сушильная
13 Обдувка воздухом	Камера окрасочно-сушильная
14 Нанесение 1 внешнего слоя материала	Камера окрасочно-сушильная
15 Сушка первого слоя	Камера окрасочно-сушильная
16 Нанесение 2 внешнего слоя материала	Камера окрасочно-сушильная
17 Сушка	Камера окрасочно-сушильная
18 Нанесение 3 слоя внешнего слоя материала (при использовании водно-дисперсионных материалов)	Камера окрасочно-сушильная
19 Нанесение надписей	Камера окрасочно-сушильная
20 Прокрашивание отдельных мест	Камера окрасочно-сушильная
Внутренняя поверхность	
21 Обмывка вагона изнутри (стены, потолки, пол, трубы, мебель, рамы, двери и т. д.)	Камера очистки с высоконапорным очистительным оборудованием с подогревом воды, ванна стока
22 Расчистка разрушившегося покрытия на всех поверхностях	Камера очистки с ручным дробеструйным оборудованием
23 Циклевание деревянных поверхностей	Камера окрасочно-сушильная
24 Шлифование деревянных поверхностей	Камера окрасочно-сушильная
25 Нанесение протравного красителя (морилки) на деревянные поверхности	Камера окрасочно-сушильная
26 Грунтование расчищенных мест на металлических поверхностях	Камера окрасочно-сушильная
27 Лакирование деревянных поверхностей	Камера окрасочно-сушильная
28 Окрашивание металлических, деревянных поверхностей, линолеума	Камера окрасочно-сушильная

Для грунтования и окрашивания поверхности вагонов используются алкидные, алкидно-уретановые, фенольные, эпоксидные, акриловые, акрил-уретановые, полиуретановые, водно-дисперсионные материалы. Деревянные поверхности внутренних помещений окрашиваются алкидными и водно-дисперсионными материалами. Для окраски поверхностей, мебели, дверей из алюминия применяют также порошковое окрашивание. Для окрашивания аккумуляторных ящиков используются эпоксидные и хлорвиниловые ЛКМ. Окрашивание производится в соответствии с отраслевой документацией ВНИИЖТ [30, 31].

Площадь окрашивания вагонов составляет от 240 до 300 м^2 и выше.

Расход материалов показан в таблице 15.

Таблица 15 — Расход материалов

Лакокрасочный материал	Норма расхода, г/м^2
Грунтовки, содержание растворителей 50 % — 60 %	60–120

Окончание таблицы 15

Лакокрасочный материал	Норма расхода, г/м^2
Водно-дисперсионные, содержание растворителя 8 %	80–100
Шпатлевки, содержание растворителя 25 %	2000–4000 (при толщине слоя 1–2 мм)
Эмали, содержание растворителя 50 % — 60 %	100–130
Эмаль, содержание растворителя 60 % — 70 %	140–150
Водно-дисперсионные краски, содержание растворителя 8 %	110–130
Лаки, содержание растворителя 70 %	100–120

Окрасочные камеры для нанесения ЛКМ на вагоны выбрасывают в атмосферу от 200 тыс.м^3/ч загрязненного воздуха. Концентрация ЛОС в выбрасываемом в атмосферу воздухе при грунтовании поверхности может достигать 160–250 мг/м^3, при окрашивании алкидными эмалями — 170–330 мг/м^3, эпоксидными эмалями — 170–250 мг/м^3.

Для снижения уровня загрязнения окружающей среды рекомендуется:

- использование водно-дисперсионных материалов (8 % растворителя);
- использование покрывных материалов с высоким сухим остатком (45 % растворителя).
- эффективная очистка выбрасываемого воздуха окрасочной камеры;
- термическое окисление выбрасываемого воздуха от сушильных камер.

2.4 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания сельскохозяйственной техники

Из-за многообразия сельхозтехники по назначению существует многообразие технологических схем окрашивания, общей из которых является:

- подготовка к окрашиванию;
- нанесение и сушка грунтовочного покрытия;
- нанесение не менее двух слоев материалов внешнего слоя и их сушка.

Подготовку поверхности из черных металлов толщиной до 3 мм обрабатывают, как и в автомобильной промышленности, водными составами с получением фосфатных слоев. Но допускается взамен фосфатирования применение фосфатирующих грунтовок, ингибиторов коррозии, модификаторов ржавчины и модификаторов, повышающих пассивирующие свойства ЛКМ.

Из-за сложности конфигурации и больших площадей окрашивания используют практически все методы окрашивания: пневматическое и безвоздушное распыление, электроокраска, струйный облив и окунание. Окрашивание проводят как на конвейерных линиях, включающих окрасочные и сушильные камеры проходного типа, так и в тупиковых окрасочно-сушильных камерах.

Существуют ограничения по сушке покрытий изделий в сборе.

Данные по потреблению материалов, электроэнергии и выбросам загрязняющих веществ отсутствуют из-за многообразия обрабатываемых поверхностей изделий.

В зарубежной практике [44] современными доступными технологиями предусматривается:

- замена обычных ЛКМ на ЛКМ с высоким сухим остатком и на водной основе;
- применение рецептур ЛКМ без вредных загрязнений воздуха;
- минимизация количества ЛОС;
- оптимальная совместимость методов нанесения;
- получение качественных покрытий при меньших затратах.

Например, на линии окраски картофелекопалок на одном из европейских заводов уже с 1995 г. изделия окрашиваются методом окунания с последующим нанесением порошкового ЛКМ. В 2003 г. железофосфатирование заменено на цинкфосфатирование, а грунтование окунанием — на толстослойное (до 45 мкм) катафорезное грунтование. На некоторых заводах линии окраски сельхозмашин аналогичны линиям окраски легкового автомобиля.

Проблема энегосбережения за рубежом решается за счет рациональной загрузки окрасочной линии, использования диагональных вентиляционных систем в окрасочных и сушильных камерах, применения теплообменников для использования регенерированного тепла, например для нагрева ванн подготовки поверхности, регенерации тепла сушильных камер, применения специальных раздвижных ворот для наибольшего сохранения тепла.

В России экономия электроэнергии в основном решается за счет применения энергосберегающих ЛКМ. К таким материалам относятся алкидно-уретановые, алкидно-акриловые, уретановые, акрил-уретановые ЛКМ ускоренной сушки.

Снижение выбросов ЛОС возможно за счет применения материалов с повышенным содержанием сухого остатка, грунт-эмалевых ЛКМ, наносимых в два слоя взамен трехслойного покрытия, порошкового окрашивания. Там, где это возможно, использование электростатического распыления.

Наиболее прогрессивными технологиями окрашивания сельхозтехники являются технологии с катафорезным грунтованием и порошковой окраски.

Применение порошковой технологии при окрашивании сельхозтехники отвечает экологической безопасности производства, позволяет значительно сократить производственные площади под окраску за счет однослойного нанесения, обеспечивает получение долговечного покрытия с высокой износостойкостью и стойкостью к агрессивным средам. Особенно пригодна эта технология для окрашивания почвообрабатывающего и животноводческого оборудования, а также оборудования для производства кормов.

2.5 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания электродвигателей

Технология обработка поверхности электродвигателей включает обезжиривание поверхности, как правило, ручным способом с использованием органических растворителей.

Многообразие деталей, а также климатических исполнений электродвигателей предполагает использование различных схем окрашивания, которые реализуются на

различных окрасочных участках производства с использованием различного набора оборудования, как проходного, так и тупикового вида.

При окраске кожуха электродвигателя и других деталей из стали, станины и других деталей из чугуна сначала проводят грунтование поверхности алкидными и/или фенольными грунтовками, затем проводят окрашивание алкидными, меламиноалкидными и эпоксидными эмалями. При окраске вентилятора и других деталей из алюминия проводят грунтование фенолалкидными грунтовками для цветных металлов, затем проводят окрашивание алкидными, меламиноалкидными и эпоксидными эмалями. После сборки электродвигателя проводят повторное окрашивание эмалями.

Замена ручного обезжиривания на химическую подготовку поверхности к окрашиванию водными составами позволит автоматизировать процесс и сократить выбросы ЛОС.

Применение грунт-эмалевых ЛКМ на алкидно-уретановой и эпоксидно-хлорвиниловой основе взамен алкидных, меламиноалкидных и чисто эпоксидных материалов позволит снизить потребление электроэнергии и выбросы ЛОС при производстве покрытий за счет снижения количества слоев наносимого материала и их ускоренной горячей сушки.

Многообразие деталей, модификаций и размеров электродвигателей предполагает проведение технологического процесса окрашивания как на конвейерной линии, так на оборудовании тупикового типа.

Перспективный энергосберегающий технологический процесс окрашивания электродвигателей алкидно-уретановыми ЛКМ представлен в таблицах 16, 17.

Таблица 16 — Окрашивание на конвейерной линии или на оборудовании периодического действия

Наименование операции	Оборудование, приспособления
1 Одновременное обезжиривание и аморфное фосфатирование распылением	Ванна распыления
2 Сток	Туннель стока
3 Одновременное обезжиривание и аморфное фосфатирование распылением	Ванна распыления
3 Промывка питьевой водой	Ванна распыления
4 Сток	Туннель стока
5 Промывка дем. водой распылением	Ванна распыления
6 Сток	Туннель стока
7 Обдув воздухом	–
8 Сушка от влаги	Камера сушильная
9 Охлаждение холодным воздухом	Тамбур с обдувом холодным сжатым воздухом
10 Пост ОТК	Площадка
11 Нанесение грунтовочного покрытия методом ручного безвоздушного или пневматического распыления	Камера окрасочная, установка нанесения распылением
12 Выдержка перед горячей сушкой	Тамбур с вытяжной вентиляционной установкой

Окончание таблицы 16

Наименование операции	Оборудование, приспособления
13 Сушка	Сушильная установка
14 Нанесение эмали методом ручного безвоздушного или пневматического распыления	Камера окрасочная, установка нанесения распылением
15 Выдержка перед горячей сушкой	Тамбур с вытяжной вентиляционной установкой
16 Сушка	Сушильная камера
17 Охлаждение холодным воздухом	Тамбур с обдувом холодным сжатым воздухом

Таблица 17 — Окрашивание изделий в сборе на оборудовании тупикового типа

Наименование операции	Оборудование, приспособления
1 Обезжиривание растворителем вручную	Камера обезжиривания
2 Сушка	Тамбур с вытяжной вентиляционной установкой
3 Нанесение эмали методом ручного пневматического распыления	Камера окрасочная, оборудование для нанесения распылением
4 Выдержка перед горячей сушкой	Камера окрасочная
5 Сушка	Камера сушильная

Применение алкидно-уретановых ЛКМ позволяет ускорить процесс сушки лакокрасочного покрытия, унифицировать процесс окраски электродвигателя и сократить площади, занимаемые окрасочным производством.

2.6 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания станков, кузнечно-прессовых и литейных машин

Очистку поверхностей литых деталей проводят дробеметно-дробеструйным способом. Обезжиривание крупногабаритных изделий сложной конфигурации, а также сборочных единиц, с поверхности которых трудно удалить остатки водных обезжиривающих составов, проводят органическими растворителями (уайт-спирит, нефрас 150–200 и др.). Обезжиривание остальных поверхностей проводят водными щелочными составами или эмульсиями.

Современный процесс окраски на конвейерных линиях осуществляется на станкостроительных заводах в два этапа:

- окраска чугунных деталей станков до механической обработки;
- окраска собранных станков.

Чугунные детали поступают на станкостроительные заводы с нанесенным слоем алкидной грунтовки. Детали непрерывно перемещаются конвейером в агрегат для щелочного струйного обезжиривания, где с поверхности удаляются масляные, жировые и другие загрязнения. Струйная очистка осуществляется в щелочном растворе кальцинированной соды с температурой 80 °С — 90 °С под давлением 0,2–0,25 МПа.

После сушки чугунные детали окрашиваются эмалями. При необходимости проводят шпатлевание нитроцеллюлозной шпатлевкой. После сушки проводят мокрое шлифование зашпатлеванной поверхности с применением уайт-спирита, который незначительно размягчает нитрошпатлевку и улучшает качество шлифования. После шлифования наружную поверхность детали вытирают насухо поролоновой губкой и подают деталь в окрасочную камеру для окраски эмалью.

Собранные станки сначала обезжиривают вручную уайт-спиритом. После обезжиривания и сушки шлифуют поврежденные места, которые образовались при сборке станка. Если при шлифовке оголяется металл, то на это место наносят акриловую быстросохнущую грунтовку. При необходимости проводят шпатлевание и шлифование поверхности. Затем изделия в сборе окрашивают двумя слоями эмали с сушкой каждого слоя. Метод окрашивания — безвоздушное или пневматическое распыление.

В таблице 18 приведены применяемые при окрашивании материалы и растворители.

Таблица 18 — Применяемые ЛКМ и растворители

Окрашиваемые поверхности, условия эксплуатации, определяющие выбор ЛКМ	Тип ЛКМ	Растворители	Содержание растворителей
Наружные поверхности станков и оборудования при периодическом воздействии минеральных масел. Внутренние поверхности станков и оборудования при постоянном воздействии минеральных масел	Маслостойкие нитроцеллюлозные	Бутилацетат, спирт бутиловый и этиловый, толуол, этилацетат	60–71
Поверхности деревообрабатывающего, кузнечно-прессового и литейного оборудования, работающего на открытом воздухе	Нитроцеллюлозные	Толуол, спирт изобутиловый, этиловый, бутиловый, ксилол	60–71
	Алкидные	Уайт-спирит, сольвент	40–50
	Хлорвиниловые	Ацетон, толуол, ксилол, бутилацетат, этилацетат	67–73
Отдельные поверхности станков и оборудования, подвергаемые периодическому воздействию стружки, абразива и минеральных масел	Меламиноалкидные	Ксилол, бутиловый спирт, сольвент, этилцеллозольв, бутилацетат	43–53

Окончание таблицы 18

Окрашиваемые поверхности, условия эксплуатации, определяющие выбор ЛКМ	Тип ЛКМ	Растворители	Содержание растворителей
Наружные и внутренние поверхности электроэрозионных, электрохимических и других станков, подвергаемые длительному воздействию щелочных эмульсий, электролитов и раствора триэтаноламинов	Эпоксидные	Ксилол, этилцеллозольв, толуол, бутилацетат	40–60
Внутренние поверхности резервуаров, подвергаемых постоянному воздействию минеральных масел	Поливинилбутиральные	Смесевые Р-7, Р-60	37–43
	Алкидные	Ксилол, сольвент, уайт-спирит	38–47
Внутренние поверхности гидрорезервуаров	Поливинилбутиральные	Смесевые Р-7, Р-60	37–43
Отдельные поверхности оборудования, эксплуатируемого при повышенных температурах	Алкидные	Ксилол, сольвент	48–55
	Кремнийорганические	Ксилол, толуол	82 (в основе)

Данные по расходу материалов и электроэнергии отсутствуют.

2.7 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания механического оборудования и специальных стальных конструкций гидротехнических сооружений

Подготовка к окрашиванию состоит из следующих основных операций:

- устранение дефектов поверхности;
- удаление масляных и жировых загрязнений;
- удаление прокатной окалины и продуктов коррозии;
- удаление прочих загрязнений (солей, пыли, остатков абразива и т. п.).

Для удаления жировых загрязнений используется обезжиривание как органическими растворителями, так и водными моющими растворами. Для изделий, эксплуатируемых в жестких и особо жестких условиях, широко применяют фосфатирование.

Для удаления окалины и продуктов коррозии используется также травление окунанием, нанесением или распылением травильными растворами. Травление растворами ортофосфорной кислоты является наиболее рекомендуемым процессом. Образующаяся в процессе обработки поверхности металла пленка фосфата железа способствует лучшей адгезии и коррозионной стойкости лакокрасочного покрытия.

В заводских условиях наиболее часто используют дробеметный или пескоструйный способ очистки для удаления грязи и окалины.

Допускается также применение грунтовок — модификаторов ржавчины, которые наносятся на конструкции, с поверхности которых не удалены полностью продукты коррозии, а также окалина.

В технологии окрашивания механического оборудования и специальных стальных конструкций гидротехнических сооружений грунтование проводят в заводских условиях, окрашивание — после монтажа изделия на месте эксплуатации. На заводах грунтовка наносится тонкой пленкой (20–30 мкм) на подготовленную абразивным способом сталь, чтобы обеспечить временную защиту от коррозии на время механической обработки, транспортировки, монтажа и хранения стальных конструкций. На заводскую грунтовку затем наносится окончательная система покрытий, которая, как правило, включает еще один дополнительный грунтовочный слой.

В качестве заводской грунтовки используют быстросохнущие материалы с высокими механическими свойствами, позволяющими проводить сварочные работы: алкидные, поливинилбутиральные, эпоксидные, цинкнаполненные эпоксидные или силикатные.

В таблице 19 приведены данные по совместимости заводских грунтовок с грунтовками, наносимыми после монтажа конструкции.

Таблица 19 — Совместимость ЛКМ с заводскими грунтовками

Заводская грунтовка		Совместимость с заводской грунтовкой							
Тип	Содержание ЛОС	Алкидные	Хлоркаучуковые	Виниловые	Акриловые	Эпоксидные	Полиуретановые	Цинксиликатные	Битумные
Алкидные	40–45	+	-	–	–	–	–	–	+
Поливинилбутиральные	75–80	+	+	+	+	–	–	–	+
Эпоксидные	55–58	–	+	+	+	+	+	–	+
Эпоксидные цинкнаполненные	10–15	–	+	+	+	+	+	–	+
Силикатные цинкнаполненные	10–15	–	+	+	+	+	+	+	+

ЛКМ наносятся ручным, безвоздушным или пневматическим распылением.

В таблице 20 приведено содержание растворителей в ЛКМ, применяемых для окрашивания металлоконструкций.

Таблица 20 — Содержание растворителей

Тип пленкообразующего вещества ЛКМ	Содержание растворителя, %
Винилово-эпоксидные	55–62
Этилсиликатные цинкнаполненные	88–90
Эпоксиэфирные	36–42
Эпоксиэфирные цинкнаполненные	21–27
Эпоксидно-уретановые	44–63

Окончание таблицы 20

Тип пленкообразующего вещества ЛКМ	Содержание растворителя, %
Эпоксидные	20–28
Эпоксидные цинкнаполненные	10–15
Эпоксидные фосфатирующие	47–57
Поливинилбутиральные	73–75
Кремнийорганические	70–85
Кремнийорганические цинкнаполненные	20–45
Уретановые	60–61
Уретановые цинкнаполненные	12–18
Фторуретановые	41–58
Винилхлоридные	67–73
Поливинилхлоридные	70–77
Фенолформальдегидные	39–40

Данные по расходу материалов, растворителей и электроэнергии отсутствуют.

Снижение выбросов ЛОС возможно при применении толстослойных грунт-эмалевых покрытий, материалов с высоким сухим остатком, двухкомпонентных, не содержащих растворителя материалов.

2.8 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания рулонного металлопроката (койл-коутинг)

Технология окрашивания рулонного металлопроката независимо от типа применяемой подложки (оцинкованная, холоднокатаная сталь, алюминий и его сплавы) и типа применяемого ЛКМ включает этапы:

- размотка металлической ленты;
- предварительная обработка поверхности;
- сушка;
- покрытие обратной стороны металлической поверхности грунтовкой и эмалью;
- сушка;
- нанесение эмали на лицевую и обратную сторону ленты;
- сушка;
- сматывание металлической ленты.

Скорость окрашивания ленты варьируется от 5 до 150 м/мин, длина окрасочной линии — от 80 до 250 м.

Экономические преимущества этого метода обработки поверхности:

- низкий расход ЛКМ и растворителя вследствие применения эмалей с высоким содержанием сухого вещества;
- высокая производительность окрасочной линии;
- сокращение производственных площадей и энергозатрат;
- исключение потерь ЛКМ и растворителей по сравнению с окрашиванием распылением.

Технологические преимущества:

- одновременное нанесение слоя ЛКМ с двух сторон;

- равномерная толщина покрытия на всей площади листа;
- улучшенные защитные свойства покрытия;
- возможность полной автоматизации технологических стадий;
- высокое качество окрашенных покрытий.

Экологические преимущества:

- испаренный растворитель на действующих предприятиях РФ дожигается до углекислоты, а выделенное тепло возвращается обратно в сушильную камеру;
- нет необходимости дополнительно окрашивать готовое изделие после его изготовления или монтажа.

При подготовке к окрашиванию проводят двойное обезжиривание поверхности листа в специальных ваннах с применением вращающихся щеток с последующей двойной промывкой чистой водой распылением форсунками. Затем проводят пассивацию поверхности листа специальными хроматирующими растворами с последующей сушкой горячим воздухом.

Нанесение грунтовки и эмали проводят валковым методом (окрасочными валками). Сушка осуществляется в сушильных печах при заданной температуре. После сушки проводят охлаждение либо воздушное, либо с использованием закрытой водяной системы охлаждения.

В таблице 21 приведено использование ЛКМ с органическими растворителями для окрашивания методом «койл-коутинг».

Таблица 21 — Некоторые типичные органические покрытия, используемые в промышленности [4]

Покрытие	Толщина сухой пленки, мкм	Тип смолы	Концентрация растворителя, %	Тип растворителя	Температура сушки, °С
Грунтовки	4–9	Эпоксидно-уретановые Эпоксидно-меламиновые Полиэфирно-меламиновые Полиуретановые Акриловые	50–70	Высококипящие ароматические спирты Гликолевые эфиры Высококипящие эфиры	210–230
Грунтовки с высоким сухим остатком	12–25	Полиэфирно-меламиновые Полиуретановые	40–50	Высококипящие ароматические спирты Гликолевые эфиры Высококипящие эфиры	210–230

Продолжение таблицы 21

Покрытие	Толщина сухой пленки, мкм	Тип смолы	Концентрация растворителя, %	Тип растворителя	Температура сушки, °С
Покрытия для обратной стороны	4–15	Полиэфирно-меламиновые Эпоксидно-меламиновые Эпоксидно-фенольные Меламино-алкидные	50–70	Высококипящие ароматические спирты Гликолевые эфиры	180–250
Покрывные полиэфирные	18–25	Насыщенные полиэфирные, сшитые меламино-формальдегидными смолами	35–55	Высококипящие ароматические спирты Гликолевые эфиры Высококипящие эфиры и эфиры	210–230
Силиконмодифицированные полиэфиры	18–25	Полиэфирные смолы, модифицированные силиконом	45–55	Высококипящие ароматические спирты Гликолевые эфиры Высококипящие эфиры	210–230
Полиуретаны	20–30	Насыщенные полиэфиры, сшитые уретаном	30–50	Высококипящие ароматические спирты Гликолевые эфиры Высококипящие эфиры	220–240
PVDF	20–25	Поливинилиден-фторидные с акриловыми полимерами	40–65	Высококипящие ароматические спирты Гликолевые эфиры Высококипящие кетоны	240–260
ПХВ-пластизоли	100–200	Поливинилхлоридные пластизоли	Менее 10	Высококипящие эфиры и алифатические углеводороды	190–210

Окончание таблицы 21

Покрытие	Толщина сухой пленки, мкм	Тип смолы	Концентрация растворителя, %	Тип растворителя	Температура сушки, °С
Водорастворимые, включая грунтовки и покрытия для обратной стороны	10–25	Акрил-меламиновые	5–15	Высококипящие эфиры Гликолевые эфиры	220–230
Антипригарные	12–15	Полиэфирно-сульфоновые Политетрафторэтилен	65–80	N-метилпирролидон Бутиралактон Высококипящие ароматические спирты	350–370
Ламинатные пленки	15–120	Поливинилхлорид, ПХВ Полиэтилентерефталат Акриловые Полиуретановые	0	Нет в пленке, но используются в грунтовках-адгезивах	180–230
Порошковые покрытия	35–100	Полиэфир-эпоксидные Полиуретановые	0		200–250

В таблице 22 приведены европейские данные по использованию ЛКМ в 1993 и 2002 гг.

Таблица 22 — Потребление органических покрытий [4]

Тип покрытия	Доля, %	
	1993 г.	2002 г.
Грунтовки	16,5	20
Покрытия обратной стороны	13,2	16,6
Покрывные материалы:		
Полиэфирные	36,1	39
Полиэфирные, модифицированные силиконом	3,4	0,2
Полиуретановые	Неизвестно	6,2
Поливинилиденфторидные	2,7	2,2
ПХВ-пластизоли	19,9	14,1
Водорастворимые	0,4	0,2
Ламинатные пленки	6	6
Порошковые	Неизвестно	0,5
Акриловые на растворителях	0,3	0,002

Окончание таблицы 22

Тип покрытия	Доля, %	
	1993 г.	2002 г.
Другие	7,5	1
Итого:	95 000 т/г	158 000 т/г

Источником загрязнения атмосферы растворителями являются следующие стадии: нанесение покрытий (8 %), сушка (90 %) и охлаждение (2 %) [4].

Для снижения выбросов ЛОС применяют термическую очистку выбрасываемого воздуха.

2.9 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания судов

Подготовку поверхности к окрашиванию на судостроительных заводах проводят с помощью механического, дробеструйного, гидроструйного или струйно-абразивного оборудования. При ремонте судовых стальных конструкций, когда продукты коррозии с поверхности не удается полностью удалить механизированными средствами очистки, допускается применение модификаторов ржавчины. Для поверхностей надводного борта, надстроек, металлических палуб, грузовых трюмов используются эпоксидные модификаторы ржавчины. В отдельных случаях для удаления старых ЛКМ применяются смывки.

В таблице 23 приведены характеристики ЛКМ для грунтования поверхности судов.

Таблица 23 — Грунтовки

Тип поверхности	Тип ЛКМ	Растворители	Содержание растворителя
Металлические поверхности	Поливинилацетатные	Ксилол, толуол, смесевые РФГ, 648, Р-6	78–80
Межоперационное хранение металлических поверхностей	Поливинилацетатные	Смесевые РФГ, 648, Р-6	73–75
	Эпоксидные	Ацетон, толуол, ксилол	47–57
Черные металлы	Фенолформальдегидные	Ксилол, сольвент	36–42
Цветные металлы и их сплавы, деревянные поверхности	Фенолформальдегидные	Ксилол, сольвент	37–45
Металлические поверхности наружной надводной части корпуса, внутренние помещения	Эпоксиэфирные	Ксилол, смесевые РС-2, 646, РКБ	38–44

Окончание таблицы 23

Тип поверхности	Тип ЛКМ	Растворители	Содержание растворителя
Подводная часть, надводный борт, цистерны питьевой воды	Этилсиликатные	Смесевые 646, 647, Р-6, РФГ	45–50
По ржавчине	Эпоксидные	Ацетон, ксилол, этилцеллозольв	32–38
При судоремонте по ржавчине	Водно-дисперсионные акриловые	Вода	50–55
Корпусные конструкции	Водно-дисперсионные каучуковые	Вода	52

В таблице 24 приведены ЛКМ, применяемые для окрашивания подводной части судна и района ПВЛ.

Таблица 24 — Лакокрасочные материалы для окрашивания подводной части судна и района ПВЛ

Тип поверхности	Тип ЛКМ	Растворители	Содержание растворителя
Подводная часть ледоколов и судов ледового плавания	Эпоксидные	Толуол, ацетон	4–12
Подводная и надводная часть корпусов судов неограниченного района плавания, включая суда ледового плавания	Эпоксивиниловые	Ацетон, сольвент, смесевой Р-4	55–60
	Виниловый сополимер, модифицированный сланцевыми смолами	Толуол, ксилол, сольвент, ацетон	52–62
	Сополимерополивинилхлоридные	Ацетон, смесевой Р-4	55–60
Подводная и надводная части корпусов судов неограниченного района плавания, включая суда ледового плавания, морских контейнеров, буровых установок	Эпоксидные	Толуол, ксилол, ацетон	23–29
Противообрастающие покрытия	Виниловый полимер, модифицированный эпоксидной смолой	Сольвент, ксилол, Р-4	21–25

Окончание таблицы 24

Тип поверхности	Тип ЛКМ	Растворители	Содержание растворителя
	Масляно-, алкидно-стирольные самополирующего типа	Ксилол, толуол, сольвент	35–40
	Сополимерополивинилхлоридные	Сольвент, ацетон	20–25
	Канифольные, модифицированные эпоксидной смолой с биоцидными добавками	Сольвент, ксилол	12–18

В таблице 25 приведены ЛКМ, применяемые для окрашивания наружных надводных поверхностей.

Таблица 25 — ЛКМ для окрашивания надводных поверхностей

Тип ЛКМ	Растворители	Содержание растворителя
Алкидные	Уайт-спирит, ксилол	40–60
Двухкомпонентные эпоксивиниловые	Ацетон, ксилол, толуол	56–61
Эпоксиэфирные	Этилцеллозольв, ксилол	39–40
Эпоксидные	Ксилол, толуол, ацетон	23–29

Толщина покрытия подводной части на корпусе судов, включая противообрастающее, составляет от 500 до 1000 мкм.

В таблице 26 приведены ЛКМ, применяемые для окрашивания открытых палуб. Покрытия должны быть износостойкими и обладать противоскользящими свойствами. Для придания палубным покрытиям нескользящих свойств в некоторых случаях вводят противоскользящие добавки, такие как песок или электрокорунд.

Таблица 26 — ЛКМ для открытых палуб

Тип ЛКМ	Растворители	Содержание растворителя
Алкидные	Уайт-спирит, ксилол	31–47
Эпоксиэфирные	Ксилол, сольвент	39–43
Эпоксидные модификаторы ржавчины	Ксилол, толуол, ацетон	32–38
Эпоксивиниловые	Ксилол, толуол, ацетон	55–30

В таблице 27 приведены ЛКМ, применяемые для окрашивания внутренних помещений, в таблице 28 — внутренних поверхностей вспомогательного оборудования, декоративной отделки лаком и материалы, применяемые в качестве шпатлевки для выравнивания неровностей деревянной и металлической поверхности.

Таблица 27 — ЛКМ, применяемые для окрашивания внутренних помещений

Тип ЛКМ	Растворители	Содержание растворителя
Алкидные	Уайт-спирит, ксилол	31–47
Эпоксидные водно-дисперсионные	Вода	38–45
Акриловые водно-дисперсионные	Вода	45–49

Таблица 28 — ЛКМ для окрашивания внутренних поверхностей

Тип оборудования	Тип ЛКМ	Растворители	Содержание растворителя
Цистерны питьевой воды	Кремнийорганические	Этиловый спирт	28–33
	Уретановые	Бутилацетат	28–32
	Этилсиликатные	Смесевые 646, 647, Р-6, РФГ	45–50
	Эпоксидные	Ацетон, этиловый спирт	5–6
Трюмы для хранения охлажденной рыбы и бункера приема рыбы	Эпоксидные	Ацетон, этиловый спирт	5–8
	Эпоксидно-хлорвиниловые	Ацетон, этиловый спирт	4–5
Цистерны морской воды (балластные)	Эпоксидные	Ацетон, этиловый спирт	4-5
	Эпоксидные	Смесевые 646, Р-4	24–28
	Этилсиликатные	Смесевые 646, 647, Р-6, РФГ	45–50
Цистерны питательной и котельной воды	Эпоксидные	Этиловый спирт, ацетон	5–7
Цистерны масляные	Фенол-алкидные	Этиловый спирт	65–70
Цистерны расширительные, подвергающиеся воздействию горячей воды и пара	Фенол-алкидные	Этиловый спирт	65–70
Поверхности, подвергающиеся воздействию высоких температур	Пентафталевые	Смесевой РС-2	30
	Глифталевые	Ксилол, уайт-спирит	15
	Кремнийорганические	Ксилол, толуол	6
Деревянные поверхности	Масляно-стирольные	Ксилол, скипидар	59–63
	Мочевиноформальдегидные	Смесевой РКБ-2	50–54
Чугунные и стальные конструкции	Каменноугольные	Сольвент	Нет данных

Окончание таблицы 28

Тип оборудования	Тип ЛКМ	Растворители	Содержание растворителя
Аккумуляторы и их детали при воздействии серной кислоты	Битумные	Уайт-спирит, скипидар, сольвент	57
Немаслостойкая вулканизированная резина	Нитрильные	Смесь бензина и этилацетона	Нет данных
Декоративная отделка лаком внутри помещения деревянных и металлических поверхностей	Пентафталевые	Сольвент, ксилол, скипидар	49–51
	Глифталевые	Сольвент, ксилол, скипидар	49–53
Выравнивание и исправление поверхности шпатлеванием	Пентафталевые	Уайт-спирит, скипидар, сольвент	25
	Эпоксидные	Смесевые Р-4, Р-5, Р-5А	10

Данные по расходу материалов и электроэнергии отсутствуют.

Процессы окраски судов, как правило, проводят на открытом воздухе, в сухих доках, в открытых ангарах или на набережных. Образующиеся в результате окраски загрязняющие вещества выбрасываются в окружающую среду. В зависимости от погодных условий загрязняющие вещества могут распространяться на несколько километров.

При строительстве новых судов для уменьшения загрязнения окружающей среды окрасочные работы проводят в закрытых помещениях, снабженных вытяжной вентиляцией с фильтрами от пыли.

Уменьшить выбросы пыли на открытом воздухе возможно путем использования мобильных устройств для очистки воздуха, закрытия места проведения окрасочных работ брезентом.

В судостроении для нанесения лакокрасочных покрытий используется в основном метод безвоздушного распыления, нанесение кистью и валиком. С целью защиты окружающей среды альтернативным методом является метод горячего безвоздушного распыления материалов. Однако ассортимент ЛКМ для горячего распыления незначителен.

При окрашивании в помещениях, снабженных вытяжными вентиляционными устройствами, эффективно для очистки воздуха от растворителей использовать фильтры из активированного угля.

Отходы производства (органические растворители, красочный шлам, загрязненные контейнеры, кисти, валики, загрязненные фильтры, остатки масел и др.) подлежат утилизации путем захоронения.

С целью защиты окружающей среды наиболее перспективны технологии с применением материалов с высоким сухим остатком и материалов на водной основе. Однако имеются ограничения по применению водоразбавляемых материалов в зимний

период. Водоразбавляемые материалы применяют в основном для окрашивания интерьеров судов. Для внешней окраски они не нашли применение.

2.10 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания самолетов

Перечень материалов и растворителей для авиации приведен в таблице 29.

Таблица 29 — ЛКМ для авиации

Тип материала	Пленкообразователь	Растворитель	Содержание растворителя, %
Антикоррозионная грунтовка	Акриловый	648, Р-5А	75–84
	Глифталевый	РС-2, 649	40–56
Промежуточная грунтовка	Акриловый	Ксилол, толуол	52–58
	Эпоксидный	Р-5А, 646, Р-189	31–52
Эмаль внешнего слоя	Эпоксидный	Р-5А	39–66
	Алкидно-акриловый	Ксилол, бутанол, толуол, ацетон	62–68
	Уретановый	Р-4А, Р-189	36–61
	Поливинилбутиральный	Р-6	86–92
	Фторопластовый	Бутилацетат	80–83
	Хлорвиниловый	Р-4, Р-4А, Р-5А	68–73
	Акриловый	Р-5А	42–68
	Фторуретановый	Нет данных	
Эмаль термостойкая	Кремнийорганический	Р-5А	40–81
	Глифталевый	Ксилол, уайт-спирит	
Лак	Акриловый	Р-5А	80–86
	Алкидно-акриловый	Р-5А	68–76
	Фторопластовый	Нет данных	88–92
	Хлорвиниловый	Р-4, Р-4А	80–84
Лак термостойкий	Кремнийорганический	Ксилол, толуол, сольвент	42–83
Лак для тканей	Нитроцеллюлозный	645	91

Отечественные ЛКМ наносятся кистью, валиком, пневматическим и безвоздушным распылением. За рубежом наиболее часто используется метод электростатического распыления.

Подготовку поверхности перед окрашиванием проводят либо щелочным обезжириванием, либо ручным обезжириванием органическими растворителями.

В связи с высокими требованиями по коррозионной защите как в РФ, так и за рубежом применяют грунтовки, содержащие хромат стронция или цинка, несмотря на высокое содержание в них растворителей.

Детали самолетов частично окрашиваются перед монтажом. Как правило, детали загрунтовывают и окрашивают одним слоем покрывной эмали. Площадь поверхности деталей примерно в четыре раза больше, чем внешняя поверхность самолета.

На внешнюю поверхность, окрашенную антикоррозионной грунтовкой, наносят два слоя промежуточной грунтовки, затем окрашивают двумя слоями эмали. При применении алкидно-акриловых, акриловых и хлорвиниловых ЛКМ в качестве материала внешнего слоя дополнительно окрашивают соответствующими лаками.

Для защиты дверей, ворот, колодцев колес, зоны хранения грузов дополнительно защищают воскообразными составами.

При техническом обслуживании самолета старое ЛКП с внешней поверхности удаляют и проводят местное химическое оксидирование поверхности. При окрашивании используют двухслойное покрытие эпоксидной грунтовки с последующим нанесением эпоксидной или уретановой эмали.

Нанесение ЛКП на внешнюю поверхность самолета занимает до восьми дней. Наибольшее количество ЛКМ расходуется на окрашивание отдельных деталей.

В таблицах 30 и 31 приведены данные по расходу материалов для окрашивания самолета на 150 пассажирских мест.

Таблица 30 — Обрабатываемая поверхность

Окрашиваемая поверхность	Площадь поверхности	Количество слоев
Детали	3600	1–2
Внешняя поверхность	1200	2–4
Внутренняя поверхность	500	2
Защита заклепок	10 000 (погонные метры)	1–2

Таблица 31 — Расход ЛКМ

Лакокрасочный слой или стадия процесса	Материалы
Подготовка поверхности	200 л растворителя на 600 м^2 (30 % изобутилового спирта и 70 % бутилацетата)
Антикоррозионная грунтовка	70 кг жидкого ЛКМ, потери 20 %
Промежуточная грунтовка	100 кг жидкого ЛКМ, потери 20 %
Эмаль внешнего слоя	200 кг жидкого ЛКМ

В таблице 32 приведены данные по выбросу ЛОС при окрашивании площади 2780 м^2 во время технического обслуживания самолета.

Таблица 32 — Выбросы органических растворителей при техническом обслуживании площадью окрашивания 2780 м^2

Процесс	Материал	Расход материала, кг	Содержание растворителя, %	Выбросы ЛОС, кг
Химическая очистка	Водные растворы	3000	–	Нет ЛОС

Окончание таблицы 32

Процесс	Материал	Расход материала, кг	Содержание растворителя, %	Выбросы ЛОС, кг
Грунтование антикоррозионной грунтовкой	Поливилбутираль, содержащий хроматы	240	76	182
	Грунтовки, содержащие хроматы	450	67	361
	Грунтовки, не содержащие хроматы	450	71	319
Очистка	Бутилацетат, бутиловый спирт	200	100	200
Верхнее покрытие	С высоким сухим остатком	1200	43	516
	На основе растворителей	1300	63	793
Лак	На основе растворителя	1200	65	780

В таблице 33 приведены сравнительные данные отечественных и зарубежных технологий окрашивания по содержанию органических растворителей.

Таблица 33 — Содержание растворителей

Наименование ЛКМ	Содержание растворителя	
	Отечественные	Зарубежные
Антикоррозионные грунтовки, содержащие хроматы:		
поливинилбутиральные	–	70–90
акриловые	75–84	–
эпоксидные	–	70–90
полиуретановые	–	70–90
Грунтовки, содержащие 10 % — 12 % хроматов	40–56	50–67
Грунтовки безхроматные	52–66	71
Материалы внешнего слоя	60–80	55–65
Лаки	80–90	65

Недостатками отечественных технологий являются:

- отсутствие материалов с высоким сухим остатком;
- невозможность нанесения ЛКМ методом электростатического распыления.

При проведении окрасочных работ обычно не применяется оборудование для очистки выбрасываемого воздуха из-за большого объема (до 450 000 м^3/ч) и низкой концентрации ЛОС в выбрасываемом воздухе.

В зарубежной практике для защиты окружающей среды от загрязнений применяют:

- ЛКМ с высоким сухим остатком с содержанием растворителя не более 30 % — 43 % (выбросы ЛОС могут быть снижены на 30 %) [4];

- замену грунтовки, содержащей 6-валентный хром, на безхроматную грунтовку с такими же высокими антикоррозионными свойствами;

- автоматизацию окрасочного производства, позволяющую снизить объем выбрасываемого воздуха;

- использование системы Вентури в гидрофильтрах взамен каскадных гидрофильтров.

2.11 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания оборудования и металлоконструкций нефтегазовой промышленности

2.11.1 Технологический процесс подготовки поверхности резервуаров

При окрашивании наружных поверхностей резервуаров подготовку поверхности к окрашиванию проводят двумя способами.

При окрашивании резервуаров без вывода их из эксплуатации проводят гидроабразивную обработку с последующей промывкой водой для удаления абразива и обдувом горячим воздухом для удаления влаги и осушки поверхности.

Для реконструируемых и вновь вводимых резервуаров проводят абразивную обработку с удалением абразива и обдувом воздухом для удаления пыли. При наличии видимых следов масла перед очисткой удаляют жировые загрязнения волосяной щеткой, смоченной уайт-спиритом. После обезжиривания поверхность осушивают до полного удаления паров растворителя.

Очистку сварных швов и труднодоступных мест осуществляют ручными механизированными щетками или другими инструментами.

При очистке внутренней поверхности резервуаров проводят частичное обезжиривание (при необходимости), абразивную обработку и обеспыливание с помощью вакуумной системы отсоса пыли.

При окрашивании внутренней и наружной поверхности тонкопленочными покрытиями используются высоковязкие эпоксидные ЛКМ, наносимые в 1–2 слоя суммарной толщиной до 500 мкм.

При использовании однокомпонентных полиуретановых ЛКМ сначала наносятся 2 слоя цинксодержащей грунтовки, затем 2 слоя покрывного материала. Суммарная толщина покрытия также не менее 500 мкм.

ЛКМ наносятся методом безвоздушного распыления. Труднодоступные участки, кромки, углы, сварные швы предварительно окрашиваются кистью или шпателем. Каждый последующий слой наносится после отверждения предыдущего.

При окрашивании внутренней поверхности резервуаров с усилением днища и первого пояса стекловолокном сначала проводят нанесение 1–2 слоев тонкопленочного эпоксидного высоковязкого ЛКМ суммарной толщиной до 500 мкм на крышу, внутреннюю обвязку резервуаров и на боковую поверхность, за исключением нижнего пояса, и проводят отверждение покрытия. Затем проводят нанесение толстослойного эпоксидного покрытия, усиленного стекловолокном, суммарной толщиной 2–2,6 мм на нижний пояс резервуара и днище [45].

Технологический процесс окрашивания включает следующие стадии:

- нанесение грунтовочного слоя, в случае если интервал между подготовкой поверхности и нанесением ЛКМ может превысить допустимый интервал;

- заделка неровностей, выравнивание соединений, сглаживание сварных швов при помощи шпатлевки и мест «стенка — днище» при помощи наполнителя (нанесение вручную);

- нанесение (приклеивание) слоя мата из рубленого стекловолокна 300 г/м^2;

- нанесение эпоксидной краски при помощи валика или безвоздушным распылением;

- прикатывание поверхности «игольчатым» валиком для удаления остатков воздуха;

- отверждение слоя покрытия.

Затем в такой же последовательности наносится второй слой.

При нанесении третьего слоя ЛКМ используется стеклопрокладка 30 г/м^2.

После шлифования поверхности для удаления выступающих частиц стекловолокна наносится покрывной слой ЛКМ и проводится его отверждение.

Используют только ЛКМ и системы покрытий, разрешенные ОАО «АК «Транснефть» и прошедшие аттестацию в ОАО ВНИИСТ.

2.11.2 Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания технологических сооружений и оборудования газовой промышленности

Для противокоррозионной защиты наружных металлических поверхностей используют системы покрытий:

- эпоксидный грунт (2 слоя) + полиуретановая эмаль (1 слой);

- эпоксидный грунт (1 слой) + полиуретановая эмаль (2 слоя);

- цинкнаполненная грунтовка (1 слой) + эпоксидная грунтовка (1 слой) + полиуретановая эмаль (1 слой);

- цинкнаполненная грунтовка (1 слой) + полиуретановая эмаль (2 слоя);

- полисилоксановая грунтовка (1 слой) + полисилоксановая эмаль (2 слоя);

- полиуретановый грунт (1 слой) + полиуретановая эмаль (2 слоя);

- эпоксидно-каучуковый грунт (1 слой) + полиуретановая эмаль (2 слоя);

- алкидная грунтовка (1 слой) + алкидный быстроотверждаемый материал (2 слоя);

- двухкомпонентная грунт-эмаль (2 слоя);

- двухкомпонентная эпоксидная грунтовка (1 слой) + двухкомпонентная полиуретан-акриловая эмаль (2 слоя);

- двухкомпонентная эпоксидная грунтовка (1 слой) + двухкомпонентная грунт-эмаль (1 слой) + двухкомпонентная акрил-уретановая эмаль (1 слой);

- эпоксидная цинкфосфатная грунтовка (1 слой) + эпоксидный состав (1 слой) + + полиуретановая эмаль (1 слой);

- грунт-эмаль на основе винилового сополимера (3 слоя);

- силикон-акриловая эмаль (2 слоя);

- алкидно-уретановая эмаль (2 слоя).

Толщина покрытия — от 80 до 400 мкм.

Для защиты внутренних поверхностей используются двухкомпонентные эпоксидные материалы толщиной 300–350 мкм.

Подготовка поверхности, как и при окрашивании резервуаров, проводится абразивно-струйным методом. Материалы наносятся методом безвоздушного распыления. Сушку проводят в естественных условиях в соответствии нормативной документацией на ЛКМ. Используются только материалы, разрешенные ПАО «ГАЗПРОМ».

Данные по расходу материалов и электроэнергии отсутствуют.

2.12 Технологический процесс окрашивания оборудования и металлоконструкций химических производств

На химических производствах задействовано огромное количество всевозможного оборудования: аппараты, машины, транспортные средства. Химическое оборудование защищают, как правило, несколькими способами:

- выполняют футеровку — делают защитную внутреннюю облицовку аппаратов;
- наносят покрытия — резину, полимеры, эмали;
- окрашивают оборудование ЛКМ;
- выполняют изоляцию стеклопластиком.

Технология окрашивания оборудования зависит от условий эксплуатации. Различают 4 группы химстойких лакокрасочных покрытий:

- стойкие в агрессивных газах и парах;
- стойкие в растворах кислот и кислых солей;
- стойкие в растворах щелочей и основных солей;
- стойкие в растворах нейтральных солей.

В таблице 34 приведены рекомендуемые покрытия, эксплуатируемые в различных средах.

Таблица 34 — Химстойкие лакокрасочные покрытия

Среда	Тип пленкообразующего вещества ЛКМ
Водные растворы азотной кислоты	Фторопластовые Полиэтиленовые Перхлорвиниловые Сополимеровинилхлоридные
Растворы соляной кислоты	Эпоксидные Фторопластовые Полиэтиленовые Перхлорвиниловые Фенольные
Растворы плавиковой кислоты	Полиэтиленовые Фторопластовые Фенольные в сочетании с графитом Фуриловые в сочетании с графитом
Уксусная кислота	Фторопластовые Полиэтиленовые Полиуретановые
Щавелевая кислота	Эпоксидные

Продолжение таблицы 34

Среда	Тип пленкообразующего вещества ЛКМ
Разбавленные растворы серной кислоты	Фторопластовые Полиэтиленовые Перхлорвиниловые Фенольные Эпоксидные Полиуретановые
Постоянное воздействие щелочных растворов	Эпоксидные Этинолевые
Периодическое воздействие щелочных растворов	Сополимеровинилхлоридные Перхлорвиниловые
Атмосфера цеха, насыщенная парами, содержащими аммиак, фенол, сероводород и бензин	Эпоксидные
Действие горячей воды	Поливинилбутиральные Этинолевые
Действие пара и воды	Фенольные
Постоянное воздействие холодной воды	Сополимеровинилхлоридные Перхлорвиниловые
Теплообменная аппаратура	Бакелитовые
Периодическое воздействие температур от 180 °С до 300 °С	Битумные
Постоянное воздействие температур от 200 °С до 700 °С	Кремнийорганические
Воздействие горячего минерального масла	Поливинилбутиральные Полиуретановые Эпоксидные
Воздействие холодного минерального масла	Нитроцеллюлозные Глифталевые
Воздействие масла, содержащего воду, при 50 °С	Эпоксидные Фенольные
Водные растворы этилового спирта	Сополимеровинилхлоридные Эпоксидные
Постоянное воздействие бензина, толуола и хлористого этила с примесью этилового спирта и серного эфира	Поливинилбутиральные
Постоянное воздействие толуола, содержащего примесь воды	Фуриловые
Периодическое действие бензина и высокой влажности	Эпоксидные Поливинилбутиральные
Постоянное воздействие бензола, бензола с примесью воды, этилового спирта и серного эфира	Эпоксидные

Окончание таблицы 34

Среда	Тип пленкообразующего вещества ЛКМ
Воздействие сырого бензола	Фуриловые
Воздействие сырого толуола	Фенольные Этинольные
Воздействие бензина, содержащего серную кислоту, едкий натрий	Эпоксидные
Постоянное воздействие скипидара, пинена, уайт-спирита	Сополимеровинилхлоридные

Антикоррозионная защита оборудования химстойкими ЛКМ используется также в целлюлозно-бумажной промышленности, при производстве вин и фруктовых соков, в кукурузнокрахмальном и дрожжевом производствах, мясомолочной промышленности, при производстве вискозного волокна, в табачно-ферментационном производстве.

Из-за многообразия оборудования химических производств по назначению существует многообразие технологических схем окрашивания, общей из которых является:

- подготовка к окрашиванию;
- нанесение и сушка 1–3 слоев грунтовочного покрытия;
- нанесение не менее 2–6 слоев материалов внешнего слоя и их сушка.

Подготовка поверхности к окрашиванию осуществляется обезжириванием растворителями и механической очисткой для придания шероховатости поверхности.

В таблице 35 приведены данные по содержанию ЛОС в химстойких ЛКМ, применяемых для защиты оборудования и металлоконструкций в химических производствах.

Таблица 35 — Содержание ЛОС в химстойких ЛКМ

Тип пленкообразующего вещества	Содержание ЛОС, %
Фторопластовые	80–83
Перхлорвиниловые	64–72
Сополимеровинилхлоридные	76–80
Эпоксидные	40–45
Полиуретановые	50–55
Фуриловые	37–43
Этинолевые	50–55
Поливинилбутиральные	70–73

Данные по расходу материалов и электроэнергии отсутствуют.

ЛКМ имеют высокое содержание ЛОС и были разработаны для защиты оборудования и металлоконструкций в химических производствах в 70–80 гг. прошлого столетия. Применение современных материалов с высоким сухим остатком или ЛКМ, не содержащих растворителей, не только сохраняет окружающую среду, но и позволяет получать толстые беспористые покрытия с малой усадочной деформацией. Эти материалы быстро отверждаются, имеют повышенную химическую стойкость.

Раздел 3. Оборудование окрасочных производств и факторы воздействия на окружающую среду

3.1 Оборудование очистки

3.1.1 Оборудование механической очистки

К методам механической подготовки поверхности к окрашиванию относится ее обработка:

- ручным или механизированным инструментом с помощью проволочных стальных щеток, шарошек, скребков, зубил, абразивных кругов или полотен;
- абразивным насыпным материалом, воздействующим на изделия в галтовочных или вибрационных барабанах;
- струей абразивного материала, выбрасываемого на поверхность с большой скоростью из гидропескоструйных, дробеструйных, дробеметных и других установок.

Ручные инструменты используют при небольшом объеме работ для механической очистки поверхности сложной конфигурации или небольших участков поверхности от окалины, ржавчины, грязи. К ручным инструментам относятся проволочные стальные щетки, скребки, зубила, шпатели, молотки и др. Механизированный инструмент используют для очистки сравнительно больших поверхностей, когда работа ручным инструментом не рациональна.

Галтовочные барабаны предназначены для очистки и отделки мелких деталей.

Наиболее широко распространены методы очистки с использованием аппаратов струйного действия. Принцип их действия основан на сообщении кинетической энергии частицам абразивного материала и их направленной подаче на очищаемое изделие струей сжатого воздуха, воды или за счет действия центробежных сил.

В европейских странах в качестве абразива при механической очистке используют сухой лед, предварительно измельченный прямо в установке. Достоинство такой технологии заключается в отсутствии необходимости утилизации абразивного материала, так как он испаряется.

В таблице 36 приведены абразивные материалы, их характеристики и области применения; в таблице 37 — потребление сжатого воздуха и абразива.

Таблица 36 — Сравнение абразивных материалов

Материал	Размер сита	Твердость по Моосу	Источник	Применение
Песок	6–270	5,0–6,0	Природный материал	Наружная очистка
Минеральный шлак	8–80	7,0–7,5	Отходы	Наружная очистка
Колотая дробь	10–325	8,0	Производство	Удаление плотной окалины
Стальная дробь	8–200	8,0	Производство	Очистка, уплотнение
Оксид алюминия	12–325	8,0–9,0	Производство	Очистка, отделка, удаление заусенцев
Стеклянные шарики	10–400	5,5	Производство	Очистка, отделка

Окончание таблицы 36

Материал	Размер сита	Твердость по Моосу	Источник	Применение
Пластик	12–80	3,0–4,0	Производство	Удаление лакокрасочного покрытия, снятие заусенцев, очистка
Пшеничный крахмал	12–50	2,8–3,0	Отходы	Удаление лакокрасочного покрытия, очистка
Кукурузные початки	8–40	2,0–4,5	Отходы	Удаление лакокрасочного покрытия с деликатных поверхностей

Таблица 37 — Потребление сжатого воздуха и абразива [46]

Отверстие сопла, мм	Давление в сопле, бар (кПа)								Требования
	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	7,0	8,6	10,3	
	350	420	490	560	630	700	860	1035	
5	0,73	0,84	0,92	1,06	1,15	1,26	1,54	1,82	Воздух, м^3/мин
	68	78	89	98	108	120	145	174	Абразив, кг/ч
	4,5	5,3	5,6	6,4	7,1	7,5	9,0	10,8	кВт
6,5	1,31	1,51	1,71	1,90	2,08	2,27	2,75	3,22	Воздух, м^3/мин
	122	142	161	185	203	224	276	325	Абразив, кг/ч
	7,9	9,0	10,1	11,6	12,4	13,5	16,2	19,4	кВт
8	2,16	2,50	2,83	3,16	3,53	3,84	4,71	5,57	Воздух, м^3/мин
	212	242	274	305	336	368	445	534	Абразив, кг/ч
	13,1	15,0	19,1	20,2	21,0	22,9	27,5	33,0	кВт
9,5	3,02	3,53	4,00	4,50	4,85	5,50	6,64	7,79	Воздух, м^3/мин
	303	347	392	435	477	573	632	758	Абразив, кг/ч
	18,0	21,0	24,0	27,0	28,9	33,0	39,6	47,5	кВт
11	4,12	4,76	5,44	6,09	6,73	7,11	8,80	10,48	Воздух, м^3/мин
	406	468	533	595	657	719	876	1040	Абразив, кг/ч
	24,8	28,5	32,6	36,4	40,1	42,4	50,9	61,1	кВт
12,5	5,46	6,28	7,06	7,85	8,65	9,46	11,46	13,45	Воздух, м^3/мин
	526	606	686	762	842	918	1115	1333	Абразив, кг/ч
	32,6	37,5	42,0	46,9	51,8	56,3	67,6	81,1	кВт
Примечание — Данные основаны на использовании абразива плотностью 1,5 кг/л.									

В процессе струйной обработки поверхности гранулы абразива расщепляются на микрочастицы и в виде пыли долгое время остаются в окружающем воздухе.

Процесс обработки поверхности в закрытых помещениях проводится в кабинах и камерах различных размеров. Небольшие камеры обслуживаются рабочими, которые

находятся вне камеры и обрабатывают изделия через проемы, продевая руки в резиновые рукава с перчатками, вмонтированными в эти проемы. В больших камерах помещаются и обрабатываемые изделия, и рабочие в специальных костюмах, обеспечивающих защиту от воздействия пыли. Процесс обработки может автоматизироваться, что позволяет очищать обрабатываемую поверхность без участия рабочего.

Кабины и камеры оборудуются мощной системой вентиляции, фильтрами и уловителями продуктов очистки и абразива. Конструкция камер должна исключать возможность распространения пыли в окружающие помещения.

Количество воздуха, отсасываемого из камеры, приведено в таблице 38.

Таблица 38 — Объем удаляемого из оборудования воздуха

Обслуживание установок очистки	Объем отсасываемого воздуха, $м^3/с$	В расчете на
Снаружи	0,3	1 $м^2$ внутреннего горизонтального сечения камеры
Внутри	3,0–5,0	1 сопло
	0,6–1,0	1 дробеметный аппарат

Скорость движения воздуха в воздуховодах составляет 18–20 м/с.

С целью защиты окружающей среды от загрязнений воздух, удаляемый из камеры, направляется в циклон, где оседают крупные частицы пыли, поступает в увлажнительную камеру или тканевый фильтр или фильтр из полиэфира, затем выбрасывается в атмосферу.

При применении фильтра из перфорированного листа или сетки, на который насыпан гравий с размером зерен 4–5 мм, площадь фильтрующей поверхности принимается из расчета 0,4–0,6 $м^3/м^2/с$.

В современных камерах в качестве фильтрующих элементов используется полиэфирный материал. При нагрузке на фильтр 50–60 $м^3/м^2/ч$ степень очистки выбрасываемого в атмосферу воздуха от пыли, дроби и оксидов железа составляет 99,8 %.

При работе на открытом воздухе участок струйной обработки и близлежащую территорию огораживают для ограничения доступа незащищенного персонала. Пыль может разлететься на большие расстояния и в случае большой концентрации загрязнять строения и предметы, землю, воду и прочие объекты. С целью защиты окружающей среды в полевых условиях струйную обработку осуществляют под тентами, изготовленными из тяжелой ткани, винилового или прорезиненного материала. Защитные тенты широко используются на мостах, при строительстве, в резервуарах-хранилищах, кораблях и иных больших объектах. Промышленные тенты комплектуются пылесборниками и вентиляторами.

При уборке отходов после окончания работ с использованием лопат возникают огромные облака пыли. Для защиты окружающей среды при уборке пользуются вакуумным оборудованием с герметичным контейнером.

При использовании в качестве абразива песка собранные отходы подлежат утилизации. Песок повторно не используется и является источником загрязнения окружающей среды. Использование колотой стальной дроби снимает проблему загрязнений, так как после промывки для удаления свинцовой пыли и иных токсичных загрязнений

может повторно использоваться. Регенерация абразива в значительной степени уменьшает не только затраты при струйной обработке, но и уровень загрязнений.

3.1.2 Оборудование обработки растворителем

Ручное обезжиривание поверхности изделий органическими растворителями производят в производственном помещении с вытяжной вентиляцией либо в камерах с вытяжной вентиляцией, в которых предусмотрены контейнеры с растворителем и контейнеры для сбора и хранения отходов, содержащих растворители (например, загрязненных салфеток и остатков на основе растворителя).

Для очистки используют одноразовые и многоразовые салфетки. Одноразовые салфетки утилизируются путем сжигания. Многоразовые салфетки промываются в растворителе и используются повторно. Загрязненный растворитель отгоняется, а осадок сжигается.

3.2 Окрасочные камеры

Окрасочная камера — это совокупность связанных друг с другом компонентов, например: технической вентиляции из одного или нескольких вентиляторов, системы фильтров сухой очистки и/или системы мокрой очистки воздуха, измерительных и контрольных устройств (например, для блокировки технической вентиляции и распылительных устройств), системы нагрева воздуха технической вентиляции (например, горелки), автоматических устройств пожаротушения, предупреждающих устройств, электрического оборудования, которые соединены друг с другом в частично или полностью закрытом пространстве (ограниченном стенками) для контролируемого нанесения распылением жидких органических ЛКМ [47]. Окрасочные камеры предназначены для создания оптимальных и допустимых санитарно-гигиенических условий труда и исключения возможности образования взрыво- и пожароопасных концентраций красочного аэрозоля и растворителей в рабочих помещениях, предназначенных для окрашивания изделий методами распыления.

Различают:

- закрытые распылительные камеры — закрытые со всех сторон в процессе распыления, за исключением входных и выходных отверстий для изделий и вентиляционных трубопроводов;

- камеры с открытой верхней стороной — закрытые со всех сторон в процессе распыления, за исключением верхней стороны для приточного воздуха, входных выходных отверстий для изделия и выходных отверстий для выбрасываемого в атмосферу воздуха;

- камеры с открытой передней стороной — закрытые со всех сторон в процессе распыления, за исключением входных и выходных отверстий для изделий и трубопроводов для выбрасываемого в атмосферу воздуха в боковых стенках. Открытая передняя сторона служит входным отверстием для приточного воздуха и для обслуживающего персонала.

Крупногабаритные изделия окрашивают на открытых участках, оборудованных системами вытяжной вентиляции или приточно-вытяжной вентиляции и отделенных от

общего помещения легкими переносными металлическими щитами (бескамерная установка).

В таблице 39 приведены нормативы по количеству удаляемого воздуха из окрасочной камеры.

Таблица 39 — Количество удаляемого воздуха из окрасочной камеры

Способ окрашивания	Степень токсичности ЛКМ по ГОСТ 12.1.005—88	Количество удаляемого воздуха	
		через 1 м^2 открытого проема камеры с боковым отсосом	с 1 м^2 площади камеры с нижним отсосом
Пневматическое распыление	I	4700	2200
	II–III	3600	2200
	IV	2500	1800
Безвоздушное распыление	I–III	2500	1500
	IV	2200	1200
Электростатическое распыление	IV	1800	–
Автоматизированное распыление	IV	1500	800

В таблице 40 приведены основные типы камер, используемые в промышленности для обработки поверхности методом окрашивания распылением. Стрелками на схемах показано направление движения воздушного потока.

Для обеспечения санитарно-гигиенических условий труда и защиты окружающей среды от загрязнений основным конструктивным элементом окрасочной камеры является гидрофильтр. При этом следует отметить, что в Российской Федерации в соответствии межотраслевыми правилами по охране труда при окрасочных работах вытяжной воздух из помещений для работ с ЛКМ, местных вентиляционных систем и местных отсосов должен подвергаться очистке от аэрозолей ЛКМ «мокрым» способом в гидрофильтрах [48]. Гидрофильтры предназначены для очистки воздуха, выходящего из камеры, от красочного аэрозоля и паров растворителя (частично) многократной обработкой потока воздуха водой.

Сущность очистки отсасываемого из окрасочной камеры воздуха, загрязненного ЛКМ, состоит в том, что поток воздуха направляется либо на сплошную, постоянно падающую пленку воды, либо на водяную завесу в виде мельчайших капель воды. Сплошная пленка воды, стекающая по экрану, создает водяную завесу на пути движения красочной пыли, вызывая коагуляцию уносимого ЛКМ. В случае применения воды в виде аэрозоля улавливание происходит как за счет коагуляции, так и за счет сложных сорбционно-кинетических взаимодействий воды и частиц ЛКМ.

В зависимости от схемы контакта отсасываемого воздуха с водой гидрофильтры разделяют на три принципиально различных типа:

- форсуночные — воздух проходит через водяную завесу в виде мельчайших капелек;

- экранные (каскадные) — воздух проходит через водяную завесу — сплошную пленку воды, стекающей по экрану;

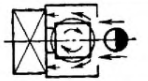
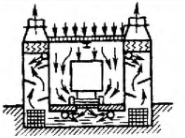
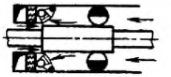
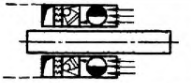
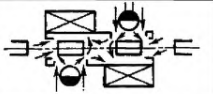
- барботажно-вихревые — обеспечивающие интенсивное турбулентное перемешивание смеси загрязненного воздуха с водой.

Наиболее старый тип гидрофильтра — форсуночный (см. рисунок 4). Ввиду небольшой эффективности улавливания загрязнений из воздушных выбросов из-за невозможности создания сплошной водяной завесы форсуночный гидрофильтр применяется совместно с краскоулавливающими решетками на входе в гидрофильтр и с сепараторами на выходе из него.

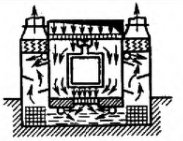
Конструкции экранных гидрофильтров унифицированы в зависимости от количества отсасываемого воздуха (от 4 до 15 $м^3/с$) при скорости его движения в живом сечении промывного канала 5,0–6,5 м/с и расходе воды 2–3 л на 1 $м^3$ воздуха.

В гидрофильтре типа трубы Вентури при высокоскоростном прохождении потока воздуха через местное сужение происходит тонкодисперсное распыление воды, поступающей в горловину сужающегося устройства; это приводит к образованию большой поверхности фазового контакта и более полному улавливанию каплями воды частиц ЛКМ.

Таблица 40 — Типы окрасочных камер [62]

Тип камеры	Вид транспорта	Направление воздуха: принцип действия	Схемы	Производство	Характер изделия
Тупиковая	Тележка, монорельс, поворотный круг	Поперечное		Непоточное	Мелкое
					Среднее
		Вертикальное (нижний отсос, верхний приток)			Среднее и крупное
Проходная	Подвесной конвейер	Поперечное, непрерывного и периодического действия		Поточное	Мелкое и среднее
	Напольный конвейер	Продольное, периодического действия с двухсторонним окрашиванием			Среднее и крупное
		Продольное, с частичным охватом поверхности и двухсторонним окрашивание		Поточное и непоточное	Крупное (вагоны)
Проходная	Подвесной конвейер	Поперечное, непрерывного действия с двухсторонним окрашиванием		Поточное	Мелкое, среднее и длинное

Окончание таблицы 40

Тип камеры	Вид транспорта	Направление воздуха: принцип действия	Схемы	Производство	Характер изделия
	Подвесной и напольный конвейер	Вертикальное (нижний отсос, верхний приток), непрерывного и периодического действия			Среднее и крупное
		Вертикальное (нижний отсос), периодического действия			Крупное небольшой высоты

В таблице 41 приведены параметры очистки воздуха в гидрофильтрах окрасочных камер.

Таблица 41 — Параметры очистки воздуха

Тип гидрофильтра	Коэффициент очистки	
	от паров растворителя	от красочной пыли
Каскадный:		
- с S-образным промывным каналом	0,35	0,86
- со щелью Вентури	0,35–0,50	0,999
Барботажно-вихревой:		
- насосный	52	92
- безнасосный	60	98

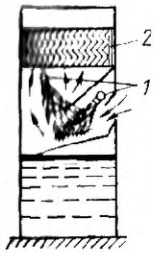
В таблице 42 приведены данные по расходу воды в гидрофильтрах в расчете на 1000 м^3 отсасываемого воздуха.

Таблица 42 — Расход воды

Наименование оборудования и назначение воды	Расход, л
Окрасочная камера для очистки воздуха от красочного аэрозоля	15–20
Бескамерная установка с нижним отсосом для очистки воздуха	15–20

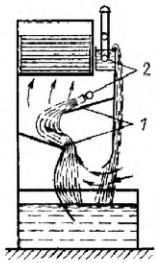
При проведении окрасочных работ в ванне гидрофильтра накапливаются отходы ЛКМ. После многократного использования вода гидрофильтра, представляющая собой высококонцентрированную коллоидную систему, должна подвергаться локальной очистке. Содержание ЛКМ в сточных водах может быть от 50 мг/дм^3 до 10 г/дм^3, растворителя — от 150 мг/дм^3 до 16 г/дм^3. Сброс воды на очистку проводят либо непрерывно, либо периодически.

Для очистки воды применяют различные коагулирующие добавки. Коагулянты дозируют непрерывно или периодически в зону интенсивного перемешивания непосредственно в ванну гидрофильтра либо в специальную емкость с гидравлическим или механическим перемешиванием. Скоагулированный ЛКМ оседает на дно или всплывает на поверхность, в зависимости от типа применяемого коагулянта, и ежедневно удаляется из оборудования.



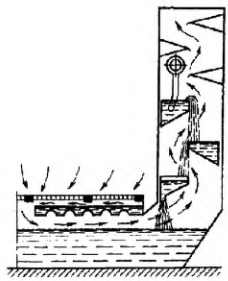
1 — форсунка; 2 — пластинчатый сепаратор

а) форсуночный

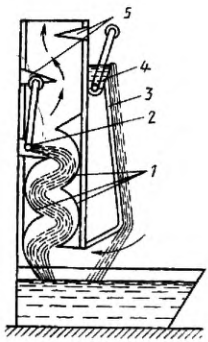


1 — пластинки в промывном канале; 2 — перфорированные трубы

б) экранный

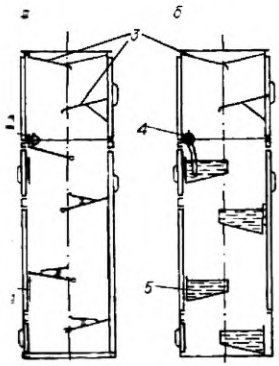


в) экранный



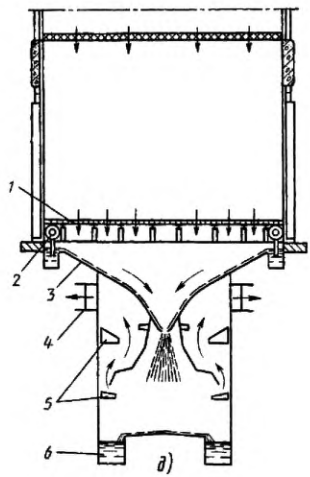
1 — промывной канал; 2 — труба; 3 — экран; 4 — ванна-лоток; 5 — влагоотбойные щитки

г) экранный с S-образным промывным каналом



1 — наклонные щиты, 2 — перфорированная труба; 3 — отражатели; 4 — подающая труба; 5 — лотки-ванны

д) каскадный



1 — решетчатый пол; 2 — коллектор; 3 — коническое днище; 4 — трубопровод; 5 — водоотбойные ребра; 6 — бак-отстойник

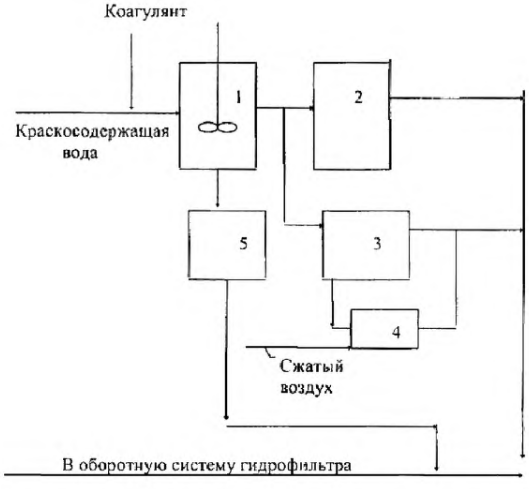
д) типа Вентури

Рисунок 4 — Типы гидрофильтров [62]

Принципиальная схема очистки воды показана на рисунке 5.

В технологии очистки воды гидрофильтров окрасочных камер могут быть использованы как традиционные коагулянты: сернокислый алюминий, гидрохлорид алюминия, хлорид алюминия, полиакриламид, сернокислое закисное окисное железо, алюмо- и железосодержащие отходы производства, так и специфические: соли магния, кальция, цинка, а также элюаты (сточные воды) Na-катионитовых фильтров водоумягчительных установок. Применение различных флоккулирующих добавок позволяет увеличить эффективность осветления очищаемой воды, уменьшить дозу коагулянта.

Кроме перечисленных реагентов для очистки воды гидрофильтров получили распространение специальные многокомпонентные составы. На практике используются порошкообразные щелочные составы, содержащие гидроксид, силикат и фосфат натрия, сульфат алюминия, жидкие алюмокремниевые кислые коагулянты.



1 — смеситель; 2 — отстойник; 3 — флотатор; 4 — сатуратор; 5 — фильтр

Рисунок 5 — Схема очистки краскосодержащих сточных вод [63]

В каждом отдельном случае необходимо разрабатывать оптимальную технологию применения реагентов в зависимости от вида применяемого ЛКМ. При очистке сточных вод от ЛКМ на основе эпоксидных и алкидных смол применение хлорида и сульфата алюминия в дозированном количестве (8–16 мг/л) позволяет получить эффект очистки взвешенных веществ 88 % — 90 % и по ХПК 65 % — 68 %. При этом токсичность воды гидрофильтра снижается в 10–30 раз. Для очистки сточных вод от нитроцеллюлозных и алкидно-акриловых ЛКМ могут быть использованы составы с добавками декстрина. Эффективен щелочной состав на основе едкого натра, кальцинированной соды и полиакриламида. Реагенты могут вводиться непосредственно в ванну гидрофильтра, которая должна иметь зону повышенной турбулентности для смешения реагента с водой.

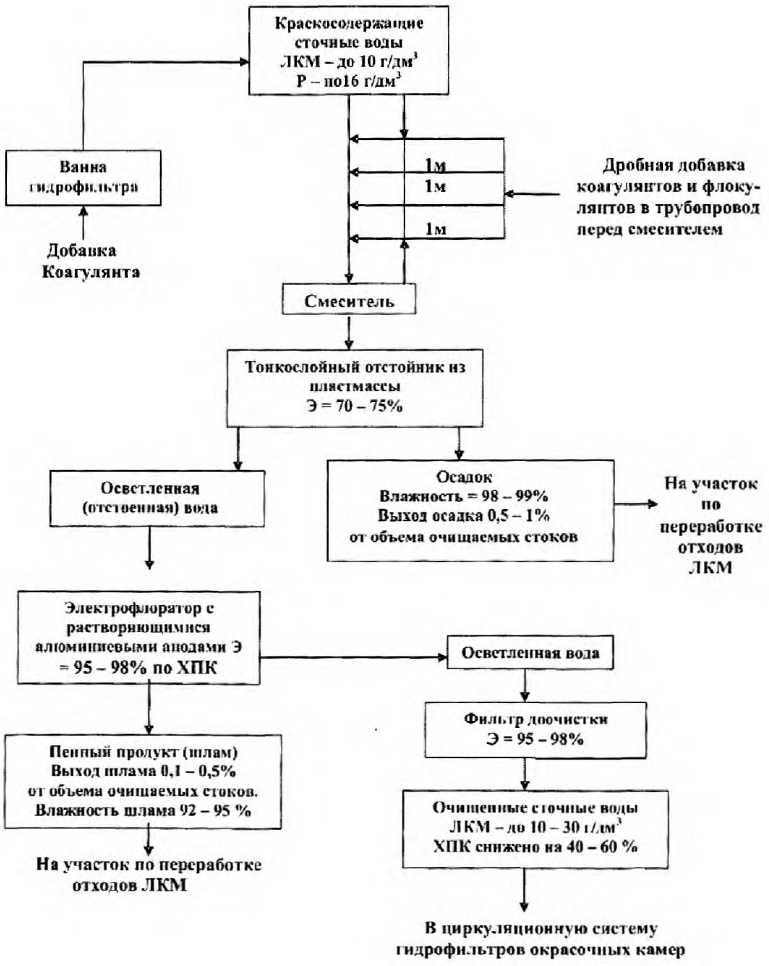
На рисунке 6 показана схема очистки сточных вод гидрофильтра с использованием электрофлотатора при окрашивании железнодорожных вагонов.

Электрофлотационный способ очистки позволяет достигнуть высоких показателей степени очистки сточных вод. Основными преимуществами этого метода являются: простота изготовления установки, возможность регулировать степени очистки стоков в зависимости от фазово-дисперсного состояния путем изменения только одного параметра — плотности тока, дополнительная минерализация растворимых органических соединений с одновременным обеззараживанием воды за счет образующихся на аноде продуктов электролиза — атомарного кислорода и активного хлора. Электрофлотация осуществляется при следующих параметрах:

- плотность тока — 100–150 А/м^2;
- pH — 6–8,0.

Эффект очистки по ХПК — 95 % — 98 %, по взвешенным веществам — 98 % — 99 %.

Для извлечения растворителей из сточных вод за рубежом используется также вакуумная дистилляция [4]. Это испарительная система восстановления, где вакуум используется для снижения давления, позволяющего проводить перегонку при более низких температурах.



Р — содержание растворителя; Э — эффект очистки

Рисунок 6 — Технологическая схема очистки сточных вод окрасочных камер железнодорожных вагонов [64]

Сточные воды гидрофильтров требуют очистки перед сбросом в заводскую канализацию, так как после удаления скоагулированного осадка вода представляет смесь раствора коагулянта с растворителем ЛКМ, в которой находятся взвешенные мелкие частицы твердых фракций ЛКМ. На практике очищенная от скоагулированного осадка вода повторно используется в работе гидрофильтра в течение очень длительного срока.

Скоагулированный осадок образует отходы, которые должны утилизироваться в установленном порядке. Подробно с особенностями обращения с отходами можно ознакомиться в разделе 2.9 ИТС НДТ 15—2016 «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов)» [14] и разделе 1 ИТС 9—2015 «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)» [60].

Наиболее распространенный на предприятиях способ очистки сточных вод — флотационные методы очистки, которые подробно описаны в разделах 2, 4 ИТС НДТ 8-2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях» [9].

За рубежом в окрасочных камерах значительно шире используются сухие фильтры. В камерах с поперечным движением воздуха чаще используются сухие картонные фильтры. Фильтрующий элемент представляет собой (см. рисунок 7) негорючую бумагу складчатого типа (двойная складка) с отверстиями, расположенными в шахматном порядке. Загрязненный ЛКМ воздух, проходя через фильтр, четыре раза меняет направление до выброса в атмосферу. При каждом изменении направления загрязненного воздуха частицы ЛКМ отбрасываются инерционными силами и прилипают к поверхности фильтра. Краскоемкость таких фильтров — от 15 до 30 кг/м^2. Фильтр должен утилизироваться в соответствии с определенным классом опасности отхода в установленном порядке.

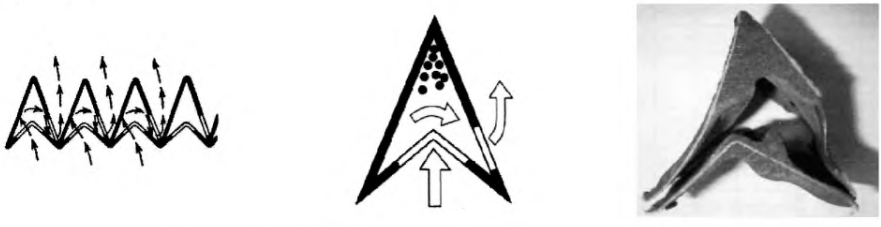


Рисунок 7 — Картонный инерционный фильтр [57]

При вертикальном (нижнем отсосе) движения воздуха используют синтетический фильтр из термовспененных волокон полиэстера. Коэффициент очистки от красочной пыли — от 80 % до 97 %.

Как правило, замена загрязненных фильтров производится каждую неделю. Загрязненные ЛКМ фильтры образуют твердые отходы, которые должны утилизироваться в установленном порядке (например, сжиганием).

Подаваемый в окрасочную камеру воздух фильтруется на фильтрах тонкой очистки, изготавливаемых из объемного полиэфирного волокна. Обычно их замену производят 2 раза в год. Фильтры образуют отходы, которые должны утилизироваться в установленном порядке.

При использовании сухих фильтров, как правило, требуются дополнительные меры для очистки от растворителей, так как весь выделившийся в процессе окрашивания растворитель поступает в окружающую среду.

При проведении окрасочных работ количество растворителя, выделяемого при окрашивании, зависит от метода окрашивания. В таблице 43 приведены данные по количеству выделяемых паров растворителей в окрасочной камере от общего количества растворителя в ЛКМ.

Таблица 43 — Количество растворителя, выделяющегося при окраске

Метод нанесения распылением	Доля растворителя от общего количества в составе ЛКМ, %
Пневматическое распыление	25
Безвоздушное распыление	23
Электростатическое распыление	50
Нанесение кистью	10

Выделяющийся при окрасочных работах растворитель загрязняет атмосферный воздух.

3.3 Сушильные камеры

Отверждение ЛКП осуществляется в естественных условиях или искусственным путем в установках, называемых сушильными камерами. Отверждение (сушка) связано с переходом жидкого ЛКМ в твердое состояние (покрытие) [49]. Отверждение может быть вызвано физическими процессами испарения растворителей, химическими процессами полимеризации или поликонденсации либо теми и другими процессами одновременно.

Искусственная сушка ЛКП при повышенных температурах позволяет значительно сократить время, затраченное на цикл окрашивания, способствует получению более прочной пленки покрытия. Отверждение ЛКП при повышенных температурах осуществляется в сушильных камерах.

Сушильные камеры (сушилки и печи) — это оборудование, в котором имеют место процессы сушки и/или отверждения и в котором выделяются горючие вещества [50].

Применяемые в промышленности сушильные камеры классифицируются:

- по способу подачи энергии окрашиваемому изделию;
- по виду потребления энергии;
- по конструктивному исполнению.

Классификация сушильных камер приведена в таблице 44.

Таблица 44 — Классификация сушильных камер для отверждения ЛКП

Способ подачи энергии	Вид потребляемой энергии
Конвективные	Водяные
	Паровые
	Газовые

Окончание таблицы 44

Способ подачи энергии	Вид потребляемой энергии
	Электрические
Терморадиационные	Газовые
	Электрические
Терморадиационно-конвективные	Газовые
	Электрические
Индукционные	С использованием токов высокой частоты
	С использованием токов промышленной частоты
Радиационно-химические	С использованием ультрафиолетовых лучей
	С использованием ускоренных электронов

В промышленности наиболее широко распространены электрические и газовые сушильные камеры конвективного, терморадиационного и терморадиационно-конвективного типа, в которых отверждение ЛКП связано с использованием тепловой энергии. Перспективными и экономичными являются также радиационно-химические установки, ЛКП в которых отверждаются под действием ультрафиолетовых лучей или ускоренных электронов.

Теплоноситель для сушильных камер выбирается в зависимости от температуры отверждения ЛКП:

- до 80 °С — электричество, газ, пар, вода;
- до 100 °С — электричество, газ, пар;
- более 100 °С — электричество, газ.

При конвективной сушке окрашенные изделия нагреваются в результате непосредственного контакта с горячим циркулирующим воздухом или топочными газами.

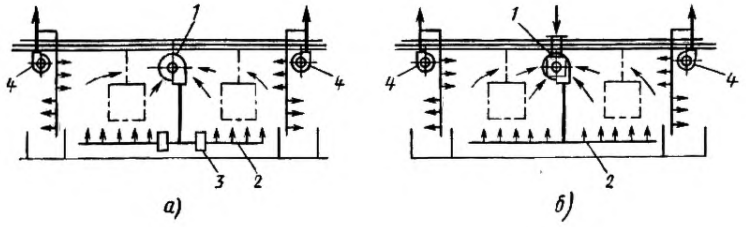
Конвективные сушильные камеры отличаются простотой устройства, легкостью обслуживания, высокой надежностью в работе, высокой равномерностью нагревания окрашенных изделий сложной формы, изготовленных из разных материалов. Их недостатки: низкая производительность из-за необходимости длительного нагревания изделий, большая тепловая инерционность, низкая экономичность из-за того, что значительная часть теплоты расходуется на нагревание стен, воздуха камеры, транспортных средств, теряется с выбрасываемым наружу воздухом.

В терморадиационных сушильных камерах окрашенные изделия нагреваются за счет передачи им теплоты лучистой энергией и поглощения лакокрасочным слоем окрашенного изделия тепловых (инфракрасных) лучей. Роль воздуха в конвективном переносе теплоты невелика. Вследствие более интенсивной передачи энергии и быстрого разогрева металлической поверхности изделия продолжительность процесса сушки при терморадиационном методе нагрева по сравнению с конвективным методом уменьшается в 2–10 раз.

Терморадиационные сушильные камеры характеризуются простотой конструкции, малой тепловой инертностью, легкостью регулирования теплового режима. Их недостатки: невозможность обеспечения равномерного нагрева поверхности сложнопрофильных изделий; сильное влияние экранирования на нагрев, что ограничивает плотность размещения изделий на конвейере; возможное изменения оттенка покрытий на наиболее сильно облучаемых участках поверхности в результате перегрева.

В терморадиационно-конвективных сушильных камерах комбинируется лучистый нагрев с конвекцией, в результате чего повышается КПД и равномерность нагрева окрашенных изделий. Особенно эффективно применение таких камер для отверждения покрытий на изделиях сложной конфигурации, имеющих экранированные участки поверхности. По устройству они аналогичны конвективным.

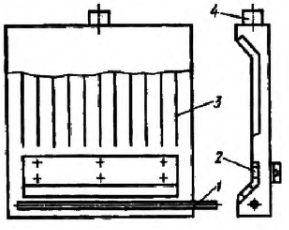
На рисунках 8–10 показаны основные схемы движения воздуха в сушильных камерах различного типа.



а) при использовании пара б) при использовании газа

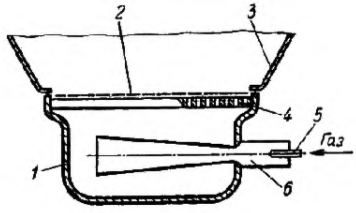
1— вентилятор; 2 — короб; 3 — калорифер; 4 — вентилятор для удаления воздуха, насыщенного парами растворителя

Рисунок 8 — Схемы движения воздуха в проходной камере или электроэнергии



1 — инжекционная горелка; 2 — экран; 3 — ребра для равномерного нагрева панели; 4 — патрубок, снабженный шибером и соединенный с газоходом

Рисунок 9 — Панель ИК-излучения с газовым обогревом [62]



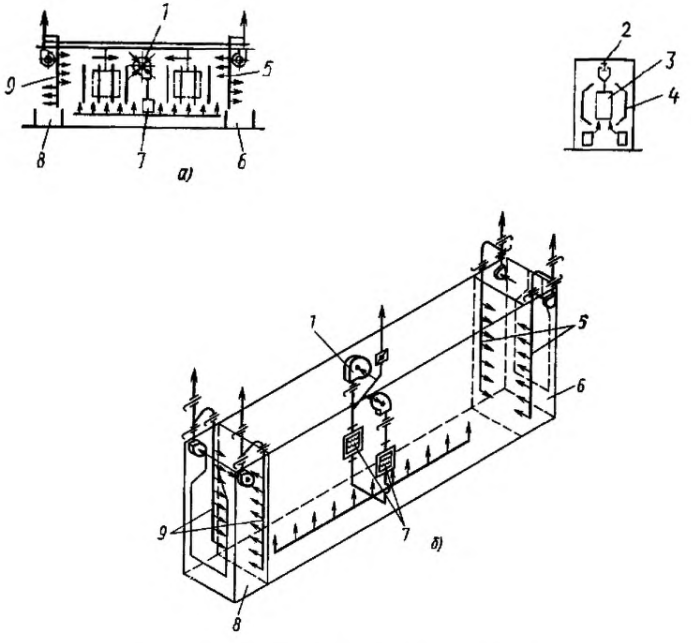
1 — плитки-нагреватели; 2 — металлическая сетка; 3 — алюминиевый отражатель; 4 — керамические плитки; 5 — инжекторное сопло; 6 — смесительная камера

Рисунок 10 — Керамический излучатель с отражателями [62]



1 — высоковольтный кабель от источника высокого напряжения; 2 — ускорительная трубка; 3 — фокусирующее устройство; 4 — система развертки пучка электронов; 5 — плоский расширительный раструб; 6 — металлическая фольга из никеля; 7, 8 — фланцы

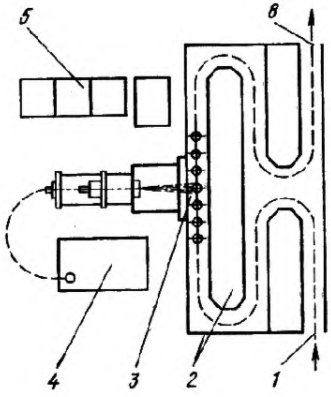
Рисунок 11 — Ускоритель электронов [62]



а) схема конструкции; б) схема движения воздуха

1 — вентилятор; 2 — подвесной конвейер; 3 — транспортируемое изделие; 4 — секции излучателей; 5 — воздушная завеса; 6 — выходной тамбур; 7 — электрокалорифер; 8 — входной тамбур; 9 — воздушная завеса

Рисунок 12 — Терморадиационно-конвективная сушильная камера с электронагревателями [62]



1 — зона загрузки; 2 — экран биологической защиты; 3 — зона облучения; 4 — высоковольтный источник; 5 — пульт управления; 6 — фольга выходного окна раструба ускорителя; 7 — изделие на конвейере; 8 — зона разгрузки

Рисунок 13 — Схема установки радиационно-химического отверждения покрытий ускоренными электронами [62]

Вытяжная вентиляция сушильных камер должна обеспечивать:

- концентрацию паров растворителей не более 50 % нижнего предела их взрываемости;

- отсос воздуха в количестве, равном объему смеси воздуха с поступающими из топки продуктами сгорания (для сушильных камер с газовым обогревом).

Взрывобезопасная концентрация паров растворителя в сушильной камере обеспечивается выбросом в атмосферу части загрязненного воздуха и подсосом свежего. Удаление загрязненного воздуха осуществляется самостоятельным вытяжным вентилятором, вентиляторами воздушной завесы или рециркуляционным вентилятором через выхлопной воздуховод.

Количество растворителя, выделяемого при сушке, также зависит от метода окрашивания. В таблице 45 приведены данные по количеству выделяемых паров растворителей в сушильной камере от общего количества растворителя в ЛКМ в рабочей вязкости.

Таблица 45 — Количество растворителя, выделяющегося при сушке

Метод нанесения распылением	Доля растворителя от общего количества в составе ЛКМ, %
Пневматическое распыление	75
Безвоздушное распыление	77
Электростатическое распыление	50
Нанесение кистью	90

При использовании газовых сушильных камер нагрев окрашенных изделий осуществляется газовоздушной смесью (смесью топочных газов с воздухом) или воздухом, предварительно нагретым топочными газами в воздухонагревателях. Топочные газы также являются источником загрязнения окружающей среды.

В таблице 46 приведен часовой расход отсасываемого воздуха в сушильных камерах в расчете на 100 м^2 окрашиваемой поверхности.

Таблица 46 — Объем выбрасываемого загрязненного воздуха в атмосферу при сушке ЛКП

Температура сушки, °С	Часовое количество отсасываемого воздуха, м^3
До 100	900
До 150	1500
До 200	1800

При работе сушильных установок в атмосферу выбрасывается отработанный воздух со значительным содержанием паров растворителя и других ЛОС (до 3–10 г/м^2), что загрязняет окружающую атмосферу и ухудшает санитарно-гигиенические условия прилегающих к окрасочному производству территорий. При этом происходят также безвозвратные потери органических растворителей, количество и стоимость которых достаточно велики.

Для очистки выбросов сушильных камер используют адсорбционные и окислительные методы, которые подробно описаны в разделе 3.7.

В зарубежной практике [4] для снижения выбросов в атмосферу от конвективных сушильных камер используют инертные газы вместо обычного воздуха. Инертные газы могут содержать гораздо большее пожаровзрывобезопасное количество растворителя. Уменьшается объем выбрасываемого воздуха, увеличивается концентрация в нем растворителя. Растворитель можно извлечь из выбрасываемого в атмосферу воздуха конденсацией.

Применение УФ-отверждения при окраске рулонного металла уменьшает энергетические затраты на отверждение покрытия на 70 %. Отверждение ускоренными электронами позволяет полностью автоматизировать процесс сушки и эффективно при окраске рулонного металла.

3.4 Окрасочно-сушильные камеры

Для окрашивания и сушки крупногабаритных изделий в сборе в промышленности используются окрасочно-сушильные камеры.

В соответствии с [51] окрасочно-сушильные камеры — это совокупность агрегатов и связанных друг с другом компонентов, например вентиляторов, системы нагрева для технической вентиляции (например, теплообменников, горелок), механических дроссельных и переключающих клапанов, трубопроводов для технической вентиляции, системы сухих фильтров и/или системы мокрой очистки воздуха, автоматических устройств для тушения пожаров и дополнительного специального электрооборудования, системы управления и энергосети, которые соединены друг с другом в закрытом пространстве с технической вентиляцией для нанесения и сушки жидких ЛКМ.

Окрасочно-сушильные камеры имеют 4 режима работы: окрашивание, обдув, сушка, охлаждение.

В режиме окрашивания воздух забирается всасывающим вентилятором из атмосферы, затем очищается, нагревается на теплообменнике и проходит через потолочное пространство в камеру в направлении пола. Донный фильтр удаляет из выбрасываемого воздуха красочную пыль.

После окончания окрашивания включается режим продува, в течение заданного времени проходит продувка камеры, в результате которой камера очищается от остатков частиц красочной пыли и паров растворителя.

В режиме сушки нагретый калориферами до заданной температуры воздух начинает циркулировать в камере. До 15 % — 20 % чистого воздуха всасывающий вентилятор постоянно забирает из атмосферы.

В режиме охлаждения в камеру подается воздух из атмосферы для снижения температуры пространства камеры.

На рисунке 14 показана схема движения воздуха при работе окрасочно-сушильной камеры.

При окрашивании воздух вентилятором подается в приточный короб (1) и очищается на фильтре (2) от грубых частиц. Далее воздух проходит через теплообменник и попадает в потолочное пространство (4), проходит через фильтры тонкой очистки и попадает в камеру (5). Очищенный воздух ровным потоком опускается вниз. Красочная пыль задерживается напольными фильтрами (6). Воздух проходит в подпольное пространство (7), через вентиляционное отверстие (8) попадает в группу вытяжки и выбрасывается в окружающую среду.

В режиме сушки переключают рециркуляционную заслонку (1), прекращая поступление холодного воздуха. Запускается горелка, и освещение камеры отключается. Камера перестает забирать воздух с улицы и переходит в режим рециркуляции. Приточный вентилятор (2) подает воздух в теплообменник, где свежий и чистый воздух из камеры нагревается. Горячий воздух из теплообменника (3) через переходной короб (4) поступает внутрь камеры (5), пройдя через фильтры. После этого через напольные фильтры (6) воздух поступает в основание (7) и через переходной короб (8) снова поступает на рециркуляционную заслонку (1), приточный вентилятор снова подает воздух на теплообменник до достижения заданной температуры. По окончании предусмотренного времени сушки прекращается нагрев и включается режим продувки для удаления остаточных паров растворителя и охлаждения теплообменника.

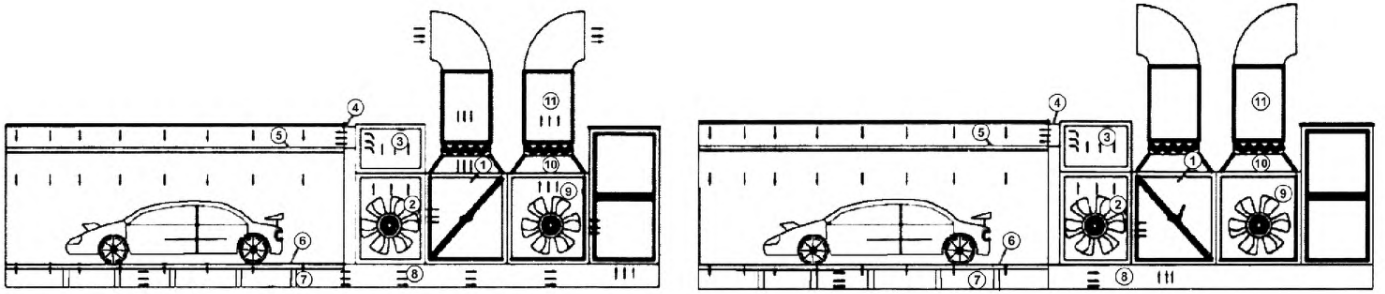
Режим продувки аналогичен режиму окраски без подогрева.

В результате окрасочных работ образуются отходы, загрязненные красочной пылью, которые утилизируют в установленном порядке.

Периодичность образования отходов:

- каждые 50 ч красочная пыль на фильтрах предварительной очистки воздуха;
- каждые 100 ч фильтры сухой очистки, загрязненные красочной пылью;
- каждые 200 ч фильтры окончательной очистки воздуха, загрязненные красочной пылью;
- каждые 700 ч фильтры предварительной очистки воздуха, подаваемого в камеру;
- каждые 1000 ч потолочные фильтры очистки воздуха, подаваемого в камеру.

Растворители, выделяющиеся при окрасочно-сушильных работах, выбрасываются в атмосферу. Для очистки выбросов от растворителя рекомендуется использовать адсорбционные и окислительные методы очистки (см. 3.7).



а) режим окраски и продува

б) режим сушки и охлаждения

(1 - рециркуляционная заслонка; 2 - теплообменник; 3 - верхняя часть; 4 - переходной короб; 5 - камера; 6 - напольные решетки; 7 - основание и пол; 8 - переходной короб; 9 - вытяжной вентилятор; 10 - заслонка; 11 - вытяжной короб)

Рисунок 14 — Пример окрасочно-сушильной камеры [65]

3.5 Оборудование для нанесения лакокрасочных материалов

В зависимости от состояния ЛКМ и способа его нанесения на изделие различают 5 групп методов окрашивания (см. таблицу 46) [52].

Таблица 47 — Группы окрашивания изделий

Состояние ЛКМ	Способ нанесения	Метод окрашивания	Группа
Жидкий на органических растворителях и водоразбавляемый	Дозированный ЛКМ равномерно подается на поверхность в виде жидкой дисперсии	Пневматическое распыление Безвоздушное распыление Распыление в электрическом поле	I
Порошковый (отсутствуют органические растворители)	Дозированный ЛКМ равномерно подается на поверхность в виде порошковой аэродисперсии Нагретое изделие погружается в порошковую аэродисперсию	Пневматическое напыление Напыление в электрополе Погружение в псевдоожиженный слой Погружение в псевдоожиженный слой с применением электрополя	II
Жидкий на органических растворителях	Изделие погружается в ЛКМ	Окунание Окунание с последующей выдержкой в парах растворителя	III
Жидкий водоразбавляемый		Окунание Электроосаждение Автоосаждение	
Жидкий на органических растворителях	ЛКМ подается на поверхность в виде струй или свободно падающей завесы	Струйный облив Струйный облив с последующей выдержкой в парах растворителя	IV
Жидкий водоразбавляемый		Струйный облив	
Жидкий на органических растворителях и водоразбавляемый	ЛКМ подается на поверхность в виде струй или свободно падающей завесы	Налив Валок Кисть	V

К первой, наиболее распространенной группе относятся: пневматическое и безвоздушное распыление, распыление в электростатическом поле и различные комбинации этих методов. Общим для них является то, что ЛКМ предварительно диспергируется с помощью сжатого воздуха и в виде аэрозоля переносится на изделие.

Ко второй, очень перспективной группе с точки зрения защиты окружающей среды относятся методы окрашивания, основанные на получении покрытий из аэродисперсий порошковых красок (не содержат органические растворители).

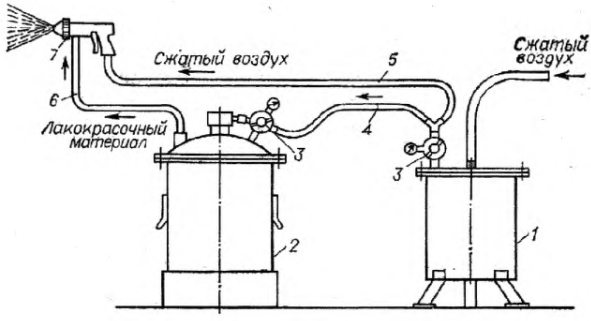
Третью, четвертую и пятую группы составляют окунание, облив, налив, электро- и автоосаждение, окрашивание кистью и валиком. Для нанесения покрытий этими методами необходим прямой контакт твердой поверхности и жидкого ЛКМ.

В таблице 48 приведены сведения о применении различных методов окрашивания для различных изделий.

Таблица 48 — Применение методов окрашивания для различных изделий

Метод окрашивания	ЛКМ	Класс покрытия по ГОСТ 9.032—74	Габариты, конфигурация изделия	Тип производства
Пневматическое распыление без нагрева	Любой	I	Любые	Единичное, серийное, массовое
Пневматическое распыление с нагревом	Любой	II	Любые	Серийное, массовое
Безвоздушное распыление без нагрева и с нагревом	Любой	III	Средние, крупные и особо крупные, простой и средней сложности	Единичное, серийное, массовое
Электростатическое распыление	С соответствующими электрическими свойствами	II	Любые, простой и средней сложности	Серийное, массовое
Окунание	Однокомпонентные, кроме быстровысыхающих	IV	Простой и средней сложности	Серийное, массовое
Окунание с последующей выдержкой в парах растворителя	Однокомпонентные, кроме быстровысыхающих	IV	Простой и средней сложности	Серийное, массовое
Электроосаждение, автоосаждение	Водоразбавляемый	II	Любые	Серийное, массовое
Струйный облив, струйный облив с последующей выдержкой в парах растворителя	Однокомпонентные, кроме быстровысыхающего и пенообразующего	V	Средние, крупные, простой и средней сложности	Серийное, массовое
Налив	Любой	IV	Любые, простой сложности	Серийное, массовое
Валки	Любой	V	Любые, простой сложности	Серийное, массовое
Кисть	Любой	V	Любые	Единичное

Окрашивание пневматическим распылением — способ нанесения лакокрасочного материала распылением с помощью сжатого воздуха. При окрашивании используется оборудование, представленное на рисунке 15.



1 — масловодоотделитель; 2 — красконагнетальный бак; 3 — редуктор; 4, 5, 6 — шланги; 7 — краскораспылитель

Рисунок 15 — Оборудование при окрашивании пневматическим распылением [62]

Окрашивание безвоздушным распылением — способ нанесения лакокрасочного материала, находящегося под высоким давлением, распылением без подачи воздуха (см. рисунок 16).

Окрашивание электростатическим распылением — способ нанесения лакокрасочного материала, при котором между окрашиваемым изделием и распыленными частицами лакокрасочного материала создается разность электростатических потенциалов (см. рисунок 17).

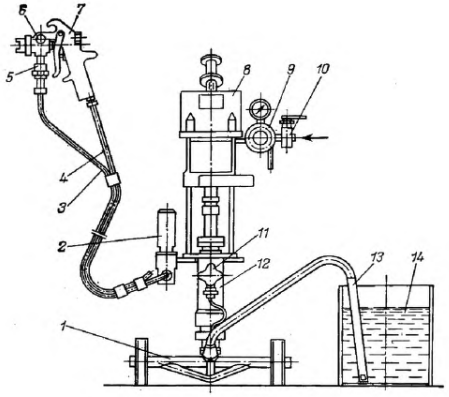
Окрашивание электроосаждением — способ нанесения водорастворимого лакокрасочного материала, находящегося под воздействием электрического тока, на окрашиваемое изделие, являющееся в зависимости от природы лакокрасочного материала анодом или катодом (см. рисунок 20).

Окрашивание окунанием — способ нанесения лакокрасочного материала погружением окрашиваемого изделия в ванну с лакокрасочным материалом с последующим извлечением и стеканием избыточного лакокрасочного материала (см. рисунок 18).

Окрашивание струйным обливом — способ нанесения лакокрасочного материала, при котором окрашиваемое изделие перемещается сквозь завесу струи лакокрасочного материала, рециркулируемого в замкнутом контуре (см. рисунок 19).

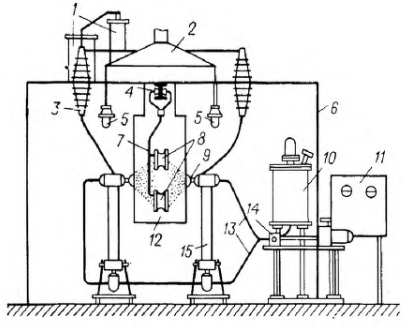
Окрашивание валками — способ нанесения лакокрасочного материала, при котором плоское изделие проходит между двумя или более горизонтально расположенными валками, с помощью которых лакокрасочный материал наносится на изделие с одной или обеих сторон (см. рисунок 21).

Окрашивание наливом — способ нанесения лакокрасочного материала наливом без стекания или с возможностью стекания его излишков с окрашиваемого изделия (см. рисунок 22).



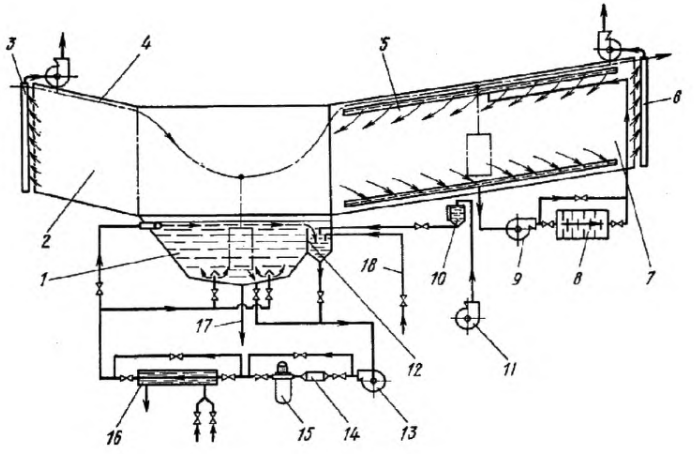
1 — тележка; 2 — фильтр тонкой очистки; 3 — шланг высокого давления; 4 — шланг подачи воздуха; 5 — фильтр тонкой очистки краскораспылителя; 6 — дроссель регулировки подачи воздуха; 7 — краскораспылитель; 8 — пневмопривод насоса; 9 — регулятор давления; 10 — кран; 11 — вентиль сброса давления; 12 — плунжерный насос; 13 — всасывающий шланг с фильтром грубой очистки; 14 — емкость с ЛКМ

Рисунок 16 — Оборудование при окрашивании безвоздушным распылением [62]



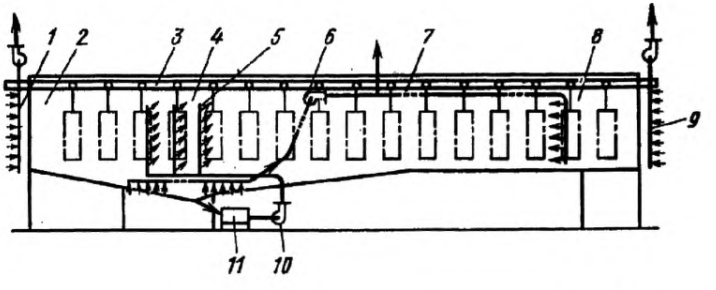
1 — источник высокого напряжения; 2 — короб вентиляционный; 3 — изолятор; 4 — ролики конвейера; 5 — светильник; 6 — корпус камеры; 7 — подвеска; 8 — окрашиваемое изделие; 9 — чаша распылителя; 10 — бак с ЛКМ; 11 — пульт управления; 12 — транспортный проем; 13 — шланги для подачи ЛКМ; 14 — дозатор; 15 — стойка изоляционная

Рисунок 17 — Оборудование при окрашивании электростатическим распылением [66]



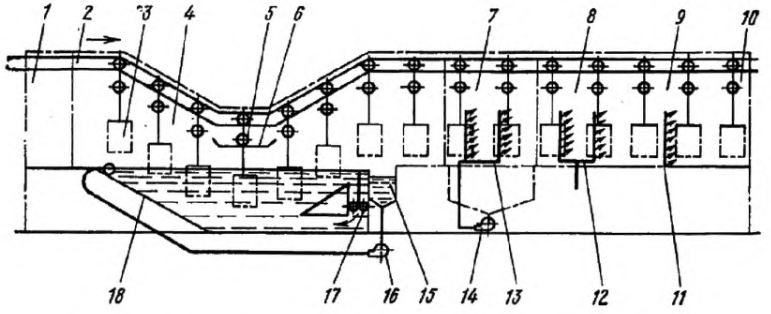
1 — ванна окунания; 2, 7 — тамбуры; 3, 6 — воздушные завесы; 4 — подвесной конвейер; 5 — паровой туннель; 8 — вентилятор системы рециркуляции; 10 — насос подачи растворителя; 11 — мерный бачок; 12 — перегородка; 13 — насос; 14 — магнитный фильтр; 15 — фильтр тонкой очистки; 16 — теплообменник

Рисунок 18 — Оборудование для нанесения окунанием [66]



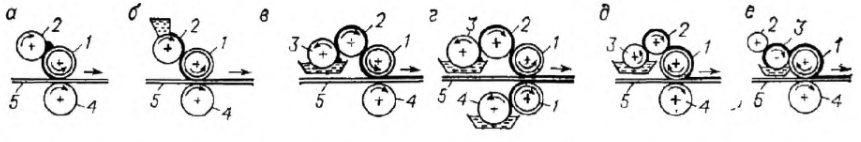
1, 9 — воздушные затворы; 2, 8 — входной и выходной тамбуры; 4 — камера облива; 5 — контур облива с соплами для подачи ЛКМ; 7 — паровой туннель; 10 — красконагнетальные насосы; 11 — бак ЛКМ

Рисунок 19 — Оборудование для нанесения струйным обливом [62]



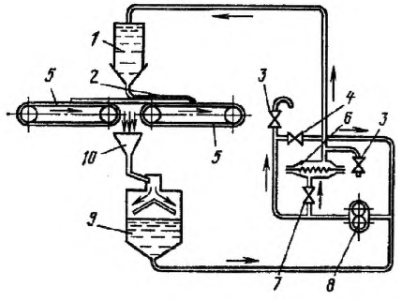
1, 10 — входной и выходной тамбуры; 2 — монорельс; 4 — зона электроосаждения; 5 — токосъемник с изделием; 6 — токоведущая шина; 7, 8 — зоны промывки водой; 9 — зона обдува сжатым воздухом; 11 — контур обдува; 12 — промывной контур; 13 — контуры с насадками; 14 — насос; 15 — переливной карман; 16 — насос; 17 — лопастная мешалка; 18 — ванна (катод)

Рисунок 20 — Оборудование для нанесения электроосаждением [62]



1 — наносящий валок; 2 — регулирующий валок; 3 — питающий валок; 4 — опорный валок; 5 — изделие

Рисунок 21 — Оборудование для нанесения валками методом прямой (а–г) и обратной (д, е) ротации [66]



1 — наливочная головка с донной щелью; 2 — окрашиваемое изделие; 3 — вентиль спусковой; 4, 7 — вентили перепусковые; 5 — транспортирующее устройство; 6 — фильтр сетчатый; 8 — насос; 9 — бак отстойный; 10 — приемный лоток

Рисунок 22 — Оборудование для нанесения наливом [66]

В процессе нанесения ЛКМ не весь материал попадает на окрашиваемую поверхность. Часть материала теряется и образует безвозвратные потери в виде красочной пыли. В таблице 49 показаны потери ЛКМ в зависимости от метода нанесения. Потери зависят также от сложности конфигурации поверхности изделий.

Таблица 49 — Потери ЛКМ по методам окрашивания и группам сложности поверхности, %

Метод окрашивания	Группа сложности поверхности		
	I	II	III
Пневматическое распыление	24	34	55
Безвоздушное распыление (без подогрева)	20	35	55
Электростатическое распыление	10	–	–
Электростатическое распыление высокооборотными распылителями	8	–	–
Струйный облив с выдержкой в парах растворителя	20	25	–
Окунание	20	25	–
Электрофорез	5	10	–
Валковый	10	–	–
Налив	10	–	–

В таблице 50 показаны данные по выделению загрязняющих веществ (растворителей) при нанесении ЛКМ.

Таблица 50 — Преимущества и недостатки различных методов

Метод нанесения	Содержание паров растворителя от общего содержания растворителя в ЛКМ в рабочей вязкости, %	
	при окрашивании	при сушке
Пневматическое распыление	25	75
Безвоздушное распыление	23	77
Гидроэлектростатическое распыление	25	75
Пневмоэлектростатическое распыление	20	80
Электростатическое распыление	50	50
Горячее распыление	22	78
Окунание	28	72
Струйный облив	35	65
Электроосаждение	10	90

В таблице 51 приведены экологические и экономические преимущества и недостатки различных методов нанесения.

Таблица 51 — Преимущества и недостатки различных методов нанесения ЛКМ

Метод окрашивания	Преимущества	Недостатки
Пневматическое распыление	Простота устройства и обслуживания оборудования, надежность его работы; возможность окрашивания поверхностей любой сложности и конфигурации; высокое качество ЛКП; простота в обслуживании	Большие потери на туманообразование
Безвоздушное и пневмобезвоздушное распыление	Уменьшение потерь ЛКМ на туманообразование; высокопроизводительная окраска; возможность получения утолщенного покрытия	На изделиях сложной формы, а также на рамных изделиях большие потери ЛКМ; большой расход ЛКМ через сопло распылителя; невозможность изменения расхода ЛКМ; невозможность получения высокого класса покрытия; более дорогостоящее оборудование по сравнению с оборудованием пневматического распыления

Окончание таблицы 51

Метод окрашивания	Преимущества	Недостатки
Ручное электростатическое и пневмоэлектростатическое распыление	Сокращение потерь ЛКМ (до 90 % ЛКМ попадает на окрашиваемую поверхность)	Возможны непрокрасы на острых кромках; невозможность окрашивания изделий сложной конфигурации, имеющих глубокие впадины и сложные сопряжения, без последующей подкраски пневматическим распылением; высокая стоимость оборудования
Окунание, струйный облив	Не требует сложного оборудования; процесс окрашивания без участия маляра; одновременное окрашивание наружных и внутренних поверхностей большого количества изделий различной конфигурации	Окрашиваемые изделия должны иметь обтекаемую форму и гладкую поверхность; значительная неравномерность и невысокое декоративное качество покрытия; возможность потеков; необходимость больших объемов ЛКМ для заполнения ванны окунания; необходимость емкости аварийного слива за пределами окрасочного участка
Электроосаждение	Высокое качество покрытия; равномерность по толщине; отсутствие потеков; возможность окрашивания внутренней и внешней поверхностей изделий со скрытыми карманами; экологически безопасный метод	Сложное дорогостоящее оборудование; применимость только для грунтования поверхности; высокотемпературная (180 °С) сушка

Снижению количества выбросов загрязненного воздуха в атмосферу способствует автоматизация процесса окрашивания и подачи ЛКМ на распыление.

Согласно [4], во время ручного перемешивания возникают потери растворителя от 1 % до 2 %. Они могут составлять до 15 % от общего объема выбросов ЛОС. Автоматическое смешение ЛКМ в закрытых емкостях уменьшает количество выбросов ЛОС в атмосферу.

Теоретическая и практическая подготовка персонала также имеет немаловажное значение. Знания технологических инструкций ведения технологического процесса окрашивания, обслуживания оборудования, свойств применяемых материалов, борьбы

с розливами обеспечивают снижение потребления ЛКМ и отходов производства и способствуют снижению выбросов ЛОС.

Оптимизация технологических процессов окрашивания, использование компьютерных программ для поддержания параметров работы оборудования позволяют оптимизировать потребление воды, электроэнергии и экономию сырья, способствуют сведению к минимуму выбросов ЛОС.

Техническое обслуживание оборудования, регулярные визуальные проверки уплотнений, фланцев, клапанов, гидравлические испытания трубопроводов и резервуаров, наличия износа исключают неорганизованные выбросы ЛОС в результате аварий.

При окрашивании электроосаждением применение обратной каскадной системы промывки снижает потребление воды и образование отходов.

При окрашивании пневматическим распылением переход на распылители низкого давления (HVLP) обеспечивает экономию лакокрасочного материала до 20 % по сравнению с обычным пневматическим распылением [4]. Более низкие количества ЛОС образуются при горячем распылении ЛКМ, так как снижается количество растворителя в ЛКМ рабочей вязкости. Нагрев до 60 °С — 70 °С может осуществляться как в распыляющем пистолете, так и в емкости или нагретых трубопроводах. Уменьшается количество слоев ЛКП. Расход ЛКМ может снизиться до 10 % [4].

3.6 Камеры и зоны выдержки и растекания ЛКП

Камеры и зоны предназначены для выдержки и растекания ЛКП. В этих камерах и зонах можно проводить естественную сушку лакокрасочных покрытий. Камеры представляют собой туннели, снабженные приточно-вытяжной вентиляцией. Эти камеры в технологической линии окрашивания помещаются перед сушильной камерой. Зоны выдержки снабжены приточно-вытяжной вентиляцией и не имеют ограждений от основного помещения окрасочного производства.

В камерах и зонах выдержки и растекания ЛКП проходят процессы испарения растворителя, как и при сушке ЛКП. К ним предъявляются такие же требования по взрывобезопасности, что и для сушильных камер. Часовое количество отсасываемого воздуха составляет 1500–2000 $м^3$ на 1 $м^2$ открытого проема туннеля. Вытяжная вентиляция должна обеспечивать концентрацию паров растворителей не более 50 % нижнего предела их взрываемости.

Время выдержки в технологическом процессе окрашивания для большинства ЛКМ составляет от 5 до 10 мин.

По данным [53], потери растворителя из свежеокрашенных покрытий перед горячей сушкой составляют:

- 10 мин — 25 %;
- 20 мин — 45 %;
- 30 мин — 50 %.

Испарение растворителей со свежеокрашенных поверхностей происходит неравномерно по времени и зависит от физико-химических свойств ЛКМ, температуры и скорости воздуха вблизи высыхающей поверхности, от расположения поверхности в пространстве (вертикально, горизонтально).

Определение текущих уровней выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду от камер и зон выдержки и растекания ЛКП приведено в разделе 4.

Для очистки загрязненного воздуха, выбрасываемого в атмосферу, применяют такие же методы, что и для сушильных камер.

3.7 Оборудование для очистки вентиляционных выбросов окрасочно-сушильного оборудования

Для очистки вентиляционных выбросов, содержащих пары растворителей, применяются в основном два метода: адсорбционный и окислительный [54, 55].

3.7.1 Адсорбционный метод очистки

Адсорбция — это процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов из газовой или жидкой среды твердыми телами. В промышленной практике в качестве адсорбентов применяют активные угли, силикагели, алюмогели и цеолиты.

Наиболее распространенным адсорбентом для рекуперации летучих растворителей являются активные угли. Их применяют для улавливания паров растворителя, присутствующих в выбросах в небольшой концентрации.

Активные угли — пористые углеродные адсорбенты, содержащие все разновидности пор. Для очистки вентиляционных выбросов используются так называемые газовые и рекуперационные активные угли. Используются газовые угли типа АГ, БАУ, СКТ и рекуперационные типа АР, АРТ и др.

На рисунке 23 показана схема сорбционной технологии очистки.

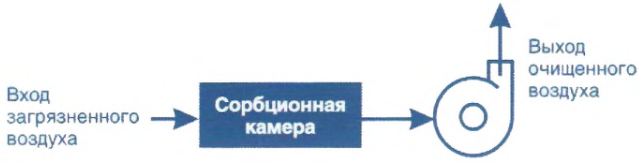
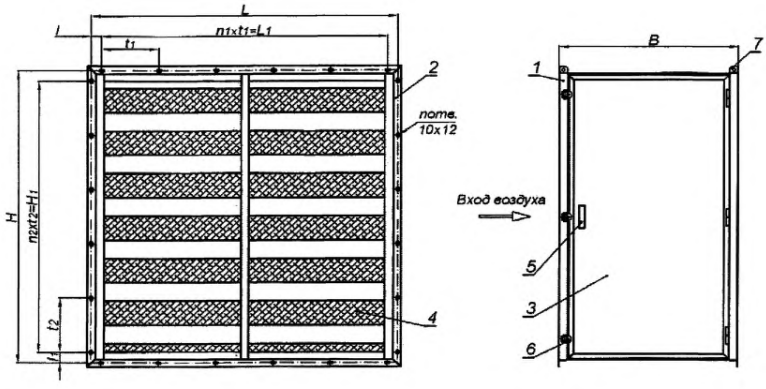


Рисунок 23 — Пример сорбционной очистки воздуха [67]

Температура входной газовой смеси должна быть не выше 60 °С, концентрация пыли — до 10 мг/м^3. Концентрация вредных веществ — до 10 мг/м^3 без регенерации адсорбента и неограниченно — с регенерацией. Эффективность очистки составляет 90 % — 98 %.

Схема секции угольного фильтра показана на рисунке 24.



1 — корпус; 2 — фланец; 4 — фильтрующие ячейки; 5 — ручка; 6 — прижим; 7 — проушины для строповки

Рисунок 24 — Пример схемы секции сорбционно-угольного фильтра [68]

При применении активных углей окрасочные камеры будут служить значительно дольше по сравнению с сушильными камерами, так как 1/4 часть растворителей выделяется при окраске и 3/4 — при сушке ЛКП. Сорбционный метод очистки с использованием угольных фильтров предполагает встраивание их в воздуховоды. При отсутствии установки регенерации метод становится дорогостоящим, так как стоимость активного угля может доходить до 10 долларов за 1 кг.

3.7.2 Окислительный метод очистки

Суть окислительного метода очистки заключается в обезвреживании паров растворителей путем их сжигания (окисления) и превращения при этом в пары воды и углекислый газ.

Этот метод подразделяется на низкотемпературный каталитический, высокотемпературный термический и термокаталитический комбинированный. К разновидностям низкотемпературного каталитического метода относятся газоразрядно- и плазмокаталитический методы очистки.

3.7.2.1 Термические окислители

Термические регенеративные окислители (см. рисунок 25), работающие при температуре 760 °С — 816 °С, имеют трубчатый теплообменник в корпусе из нержавеющей стали для предварительного нагрева воздуха. Окисление происходит при прохождении вытяжного воздуха через теплообменник, при смешении и поддержании его при повышенной температуре в камере сгорания в течение 0,5–2 с. Современные термические окислители (оксидайзеры) имеют КПД до 80 %, и степень очистки составляет около 95 % — 99 %.

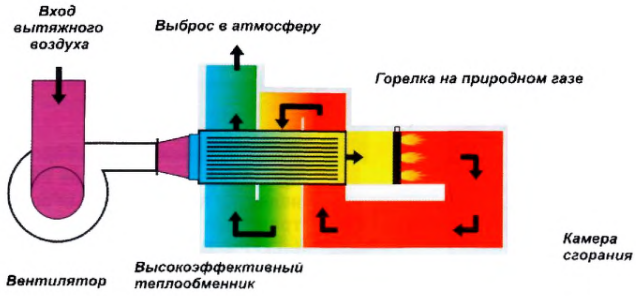


Рисунок 25 — Диаграмма воздушного потока термического рекуперативного окислителя [55]

При применении оксидайзеров для дожигания отходящих от сушильных камер газов выбросы растворителей в атмосферу снижаются на 85 %. Экологический эффект от внедрения такой системы очистки на заводах по производству легковых автомобилей выражается в снижении выбросов ЛОС на 120 т/г. КПД систем «Оксидайзер» составляет около 94 %.

Метод термической очистки наименее затратный. Установка горелок в газоходы обеспечивает сжигание органических примесей в удаляемом воздухе, а также нагрев воздуха для дальнейшего использования в сушильных камерах.

3.7.2.2 Регенеративно-термические окислители

В регенеративно-термическом окислителе (см. рисунок 26) (RTO) загрязненный воздух от рабочего процесса направляется приточным вентилятором во всасывающий трубопровод последовательно через первую и вторую коробки регенерации энергии с помощью впускных контрольных клапанов. Загрязненный воздух проходит от узла клапана вертикально вверх через первую из двух коробок теплообменника, где адсорбирует тепло из керамической среды, охлаждая таким образом среду и обеспечивая предварительный нагрев воздушного потока.

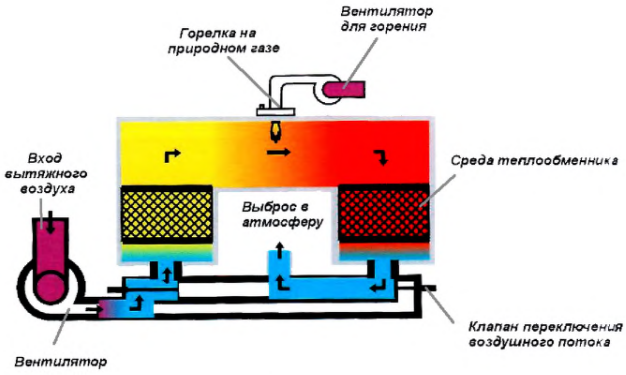


Рисунок 26 — Диаграмма воздушного потока термического регенеративного окислителя [55]

Затем предварительно нагретый воздух поступает в камеру сгорания. В камере сгорания воздух нагревается до температуры 816 °С и поддерживается при этой температуре в течение 0,5–2 с до полной деструкции ЛОС. Дополнительно в камеру сгорания подводится топливо (природный газ). Чистый горячий воздух проходит от камеры сгорания вертикально вниз через вторую коробку регенерации энергии. Тепло, получаемое при термическом окислении загрязненного воздуха, адсорбируется затем керамической средой, которая нагревается, а очищенный воздух охлаждается. Охлажденный воздух выбрасывается в атмосферу через выпускной контрольный клапан, выпускной трубопровод и выхлопную трубу. Для достижения максимального теплообмена, как правило, клапаны переключаются для чередования пути воздушного потока между коробками через каждые 3–5 мин. Современные RTO обеспечивают КПД до 97 % и обеспечивают очистку воздуха до 95 % — 99 %.

Эффективность применения установок термического дожигания зависит от концентрации паров растворителя в газовых выбросах, которая обычно составляет 0,5–5 г/м^3 (чем она больше, тем выше технико-экономические показатели установок).

3.7.2.3 Каталитические окислители

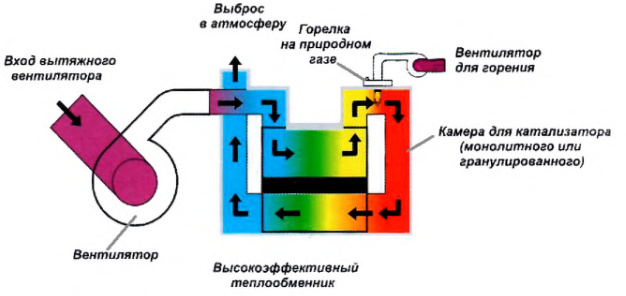


Рисунок 27 — Диаграмма воздушного потока каталитического окислителя [55]

Каталитические окислители обеспечивают химическую деструкцию растворителей при более низкой температуре по сравнению с термическим окислением, обычно при 260 °С — 343 °С. Благодаря более низкой рабочей температуре каталитическая деструкция требует меньших энергозатрат. Для уменьшения производственных расходов каталитические окислители имеют высокоэффективный противоточный пластинчатый теплообменник для предварительного нагрева очищаемого воздуха. Окисление происходит при прохождении загрязненного воздуха через слой катализатора из чистых металлов группы платины. Современные рекуперационные каталитические окислители имеют КПД до 80 % и обеспечивают степень очистки 95 % — 99 %.

Для дожигания исходящих газов из сушильных камер рекомендуется использовать катализаторы $PtCu\text{-}Ce/Al_2O_3$ в блоках из кордеирита. Стоимость очистки ориентировочно составляет 2,5 $ за 1 $м^3$ очищаемого воздушного потока. Каталитические блоки работают не менее трех лет до момента регенерации.

3.7.2.4 Фотокаталитические окислители

В настоящее время широко изучается и развивается фотокаталитический метод окисления органических соединений. В основном при этом используются катализаторы на основе диоксида титана с применением УФ-облучения.

Сущность метода состоит в окислении веществ на поверхности катализатора под действием мягкого УФ-излучения диапазона А (с длиной волны более 300 нм). Реакция протекает при комнатной температуре, при этом токсичные примеси не накапливаются на фильтре, а разрушаются до безвредных компонентов воздуха (диоксида углерода, воды и азота). Вредные органические, неорганические загрязнители, бактерии и вирусы адсорбируются на поверхности фотокатализатора, нанесенного на пористый носитель (фотокаталитический фильтр). Под действием света от УФ-лампы органические компоненты окисляются до углекислого газа и воды.

Для очистки воздуха от окрасочных камер предлагается использование фотокатализатора $Pt/Pd/TiO_2$. Установка, включая озонатор с производительностью 1–2 г озона в час, будет потреблять порядка 25 кВт электроэнергии. Срок работоспособности установки — 1,5–2 года.

3.7.2.5 Системы вращающихся концентраторов

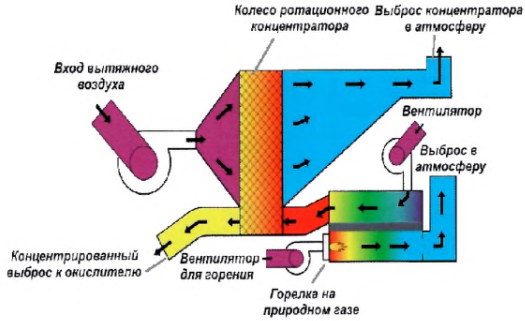


Рисунок 28 — Диаграмма воздушного потока системы ротационного концентратора [55]

Процесс очистки воздуха производится в две стадии:

- удаление загрязнений из воздушного потока с помощью вращающего колеса из гидрофобного цеолита;

- деструкция концентрированного загрязнения воздуха с помощью RTO.

После предварительной эффективной фильтрации от твердых загрязнений воздух проходит через вращающееся колесо концентратора, растворитель адсорбируется гидрофобной средой из цеолита. Приблизительно 10 % очищенного воздушного потока проходит через вентиляционную систему охлаждения, остальная часть выбрасывается в атмосферу. 10 % воздушного потока нагревается до температуры десорбции (обычно 176 °С) и возвращается в корпус концентратора в зону десорбции. Колесо концентратора вращается со скоростью 2–8 об/ч, при этом сектор колеса с адсорбированным растворителем постоянно проходит через зону десорбции для удаления с помощью нагретого воздушного потока. Затем воздушный поток с высокой концентрацией растворителя подается в RTO для термической деструкции. Концентрация увеличивается по сравнению с первоначальным отходящим газом примерно в 15 раз.

3.7.2.6 Термокаталитические окислители

Термокаталитические методы очистки отличаются универсальностью. Позволяют перерабатывать многокомпонентные газы с малыми начальными концентрациями растворителей, добиваться высокой степеней очистки, вести процесс непрерывно, избегать образования вторичных загрязнений. Реализация метода каталитического окисления зависит в основном от правильного выбора надежных, долговечных и дешевых активных катализаторов. Наиболее активны платиновые и палладиевые катализаторы, а также катализаторы на основе Cr_2O_3, Fe_2O_3, CuO, NiO, Co_3O_4.

Для невысоких концентраций и больших объемов очищаемого воздуха (например, воздуха окрасочных камер) использование термокаталитического метода требует высоких энергозатрат.

Разновидностью термокаталитического метода очистки является озоно-каталитический, сорбционно-плазмо-каталитический и газоразрядно-каталитический методы (см. рисунки 29–31).



Рисунок 29 — Пример озоно-каталитической очистки [67]

Температура входной газовой смеси должна быть до 100 °С. Концентрация пыли — до 10 мг/м^3, концентрация вредных веществ — до 100 мг/м^3. Энергопотребление составляет до 3 Вт·ч/м^3. Достигается степень очистки 90 % — 98 %.



Рисунок 30 — Пример сорбционно-плазмо-каталитической очистки [67]

Температура входной газовой смеси должна быть до 260 °С. Концентрация пыли — до 10 мг/м^3, концентрация вредных веществ — до 3 г/м^3. Энергопотребление составляет до 1 Вт·ч/м^3. Достигается степень очистки 90 % — 98 %.

На рисунке 31 показана схема газоразрядно-каталитической установки очистки воздуха от растворителей. Установка очищает вентиляционные выбросы от газообразных загрязнений органической природы путем их полного каталитического окисления атмосферным кислородом до образования углекислого газа и воды. Окисление происходит в результате комбинирования воздействия объемного барьерного разряда, озона высокой концентрации, каталитического воздействия на молекулы загрязнений и других физических факторов. Оборудование встраивается в существующую систему вентиляции.

Конструктивно состоит их следующих блоков:

- газоразрядный блок;
- каталитический блок;
- блок питания;
- щит управления.

Блоки установки монтируются непосредственно в вытяжную вентиляцию.

Производительность установки — до 30 000 м^3. Энергопотребление — до 6 кВт. Температура входящей газовой смеси — до 50 °С. Достигается эффективность очистки 90 % — 99 %, которая не зависит от качественного состава загрязнений.

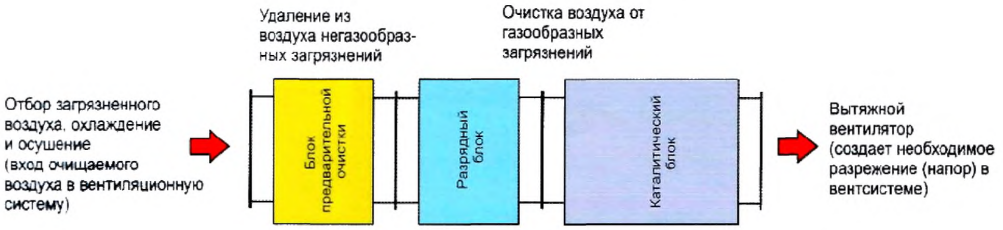


Рисунок 31 — Установка газоразрядно-каталитической очистки [55]

К преимуществам газоразрядно-каталитической технологии по сравнению с термокаталитической очисткой относится низкое потребление электроэнергии (0,12 Вт/м^3). К недостаткам — необходимость охлаждения вытяжного воздуха до 50 °С. В течение трех лет возможно снижение эффективности очистки на 10 % — 20 % от начальной из-за снижения эффективности катализатора. При этом возможно восстановление (регенерация) катализатора либо его замена. Регенерация катализатора с восстановлением 85 % его эффективности производится путем подогрева в течение 2 ч. При этом возможно выделение большого количества дыма. Стоимость катализатора для замены составляет 30 % — 35 % от базовой стоимости установки. Установки предназначены для очистки воздуха от газообразных органических загрязнений с концентрацией от 3 г/м^3.

3.7.2.7 Установки для биохимической очистки

Биохимические методы очистки основаны на способности микроорганизмов разрушать и преобразовывать различные соединения. Разложение веществ происходит под действием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами в среде очищаемых газов. Биохимическая система пригодна для очистки газов постоянного состава. К недостаткам биохимического метода очистки относятся: низкая скорость биохимических реакций, высокая избирательность штампов микроорганизмов, трудоемкость переработки смесей переменного состава, необходимость утилизации продуктов очистки.



Рисунок 32 — Пример схемы биологической очистки [67]

Влажность входной газовой смеси может быть до 100 %. Температура газовой смеси должна быть не более 50 °С. Концентрация пыли без предварительной фильтрации допускается до 100 мг/м^3. Применяют для очистки загрязнений растворителями до 100 мг/м^3. Энергопотребление отсутствует (без учета вентилятора). Эффективность

очистки составляет 80 % — 98 %. Биологическая очистка эффективна для очистки от растворителей, хорошо растворяющихся в воде (простые и сложные эфиры, кетоны, спирты).

3.7.2.8 Установки охлаждения

В зарубежной практике [4] используется также метод охлаждения отходящих газов в теплообменнике до температуры ниже 0 °С. Обычно используется два режима: конденсации и разморозки. ЛОС могут быть восстановлены и повторно использованы. Этот метод обычно используют при концентрациях растворителя выше 100 г/м^3.

Используется также криогенная заморозка жидким азотом при концентрации загрязнений от 200 до 1000 г/м^3.

Раздел 4. Определение текущих уровней эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду

4.1 Выбросы в атмосферный воздух

При обработке поверхностей промышленной продукции (товаров) органическими растворителями и/или материалами, содержащими в своем составе органические растворители, загрязнение атмосферного воздуха происходит:

- при ручном обезжиривании растворителями;
- при нанесении ЛКМ в окрасочных камерах или на установках бескамерной окраски;
- при выдержке и растекании ЛКП в зонах или камерах выдержки;
- при сушке ЛКП в сушильных камерах.

Балансовый расчет загрязнений выполняется для загрязнений красочной пылью (твердыми отходами) и растворителями (газообразными отходами):

- растворитель (при подготовке поверхности):

$$Q_{об} = Q_{ц1} + Q^{в}_{об} + Q^{в}_{об}, \quad (1)$$

где $Q_{об}$ — общее количество растворителя, затраченное на обезжиривание поверхности, г;

$Q_{ц1}$ — количество растворителя, поступающего в помещение цеха, г;

$Q^{в}_{об}$ — количество растворителя, поступающего в воду гидрофильтра (при обезжиривании в окрасочной камере), г;

$Q^{в}_{об}$ — количество растворителя, поступающего в вентиляционные выбросы;

- красочная пыль (твердые отходы) при окраске:

$$Q_т = Q_{ц2} + Q^{в}_т + Q^{в}_т, \quad (2)$$

где $Q_т$ — общее количество твердых отходов, г;

$Q_{ц2}$ — количество красочной пыли, поступающей в помещение цеха, г;

$Q^{в}_т$ — количество красочной пыли, поступающей в ванну гидрофильтра, г;

$Q^{в}_т$ — количество красочной пыли, поступающей в вентиляционные выбросы;

- - растворитель (при окраске и сушке):

$$Q_г = Q_{ц3} + Q_{ц4} + Q_г^в + Q_{го}^в + Q_{гс}^в, \quad (3)$$

где $Q_г$ — общее количество растворителя (газообразные отходы), г;

$Q_{ц3}$ — количество растворителя, поступающего в помещение цеха при окраске, г;

$Q_{ц4}$ — количество растворителя, поступающего в помещение цеха при транспортировке окрашенного изделия, г;

$Q_г^в$ — количество растворителя, поступающего в ванну гидрофильтра, г;

$Q_{го}^в$ — количество растворителя, поступающего в вентиляционные выбросы при окрашивании, г;

$Q_{гс}^в$ — количество растворителя, поступающего в вентиляционные выбросы при сушке (в сушильной камере), г.

4.1.1 При ручном обезжиривании уайт-спиритом

$$Q_{об} = 50 \cdot F, \text{ г}, \quad (4)$$

где 50 — удельный расход уайт-спирита, г/м^2;

F — площадь поверхности обезжиривания, м^2.

При обезжиривании растворителем на установках бескамерной окраски 5 % растворителя, испаряясь с поверхности изделий, попадает в производственное помещение:

$$Q_{ц1} = 0,05 \cdot Q_{об}, \text{ г}. \quad (5)$$

При ручном обезжиривании растворителем на решетке установки бескамерной окраски:

$$Q_{об}^в = (Q_{об}^в - Q_{ц1}) \cdot K, \text{ г}, \quad (6)$$

где K — коэффициент очистки воздуха от паров растворителя водой гидрофильтра, равный 0,35 для каскадных гидрофильтров, 0,8 для гидрофильтров с щелью Вентури и 0,7 для барботажно-вихревых гидрофильтров.

Количество растворителя, поступающего в вентиляционные выбросы при обезжиривании:

$$Q_{об}^в = Q_{об} - Q_{ц1} - Q_{об}^в, \text{ г} \quad (7)$$

Концентрация растворителя в вентиляционных выбросах:

$$C = Q \cdot 1000 / Q_{уд.в}, \quad (8)$$

где C — концентрация растворителя в удаляемом воздухе, мг/м^3;

Q — количество растворителя, поступающего в вентиляционные выбросы, г/ч;

$Q_{уд.в}$ — количество воздуха, удаляемого из оборудования (производительность вентилятора), м^3/ч.

Время, необходимое для обезжиривания 1 м^2 поверхности салфеткой, смоченной растворителем, составляет:

- для изделий I группы сложности — 0,5 мин;

- для изделий II группы сложности — 0,7 мин;
- для изделий III группы сложности — 1 мин.

Исходя из этих данных рассчитывается часовое количество растворителя, поступающего в вентиляционные выбросы (г/ч).

4.1.2 При окрашивании общее количество твердых отходов ЛКМ

$$Q_m = \frac{H(1-K3)P}{100}, \text{г}, \quad (9)$$

где H — норма расхода ЛКМ, определенная по следующей формуле:

$$H = N \cdot F \cdot \delta \cdot K1 \cdot K2, \quad (10)$$

где N — норматив расхода ЛКМ, г/м^2 мкм;

F — площадь поверхности окрашивания, м^2;

δ — толщина сухого слоя, мкм;

K_1 — коэффициент расхода ЛКМ для различных методов окрашивания по группам сложности поверхности (см. таблицу 52);

K_2 — коэффициент, учитывающий характеристику окрашиваемой поверхности (см. таблицу 53);

K_3 — коэффициент использования ЛКМ (см. таблицу 56);

P — массовая доля нелетучих веществ ЛКМ, %.

Таблица 52 — Коэффициент расхода ЛКМ для различных методов окрашивания по группам сложности поверхности (K_1)

Метод окрашивания	Группа сложности поверхности		
	I	II	III
Пневматическое распыление	1,0	1,15	1,69
Безвоздушное распыление	1,0	1,23	1,78
Электростатическое распыление	1,0	–	–
Струйный облив с выдержкой в парах растворителей	1,0	1,07	–
Окунание	1,0	1,07	–
Электрофорез	1,0	1,07	–
Валковый метод	1,0	–	–
Кисть	1,0	–	–
Примечание — Прочерк означает, что для данного метода окрашивания поверхности на группы сложности не подразделяются. Метод окрашивания не рекомендуется использовать для этих методов.			

Таблица 53 — Коэффициент, учитывающий характеристику окрашиваемой поверхности (K_2)

Характеристика поверхности	Коэффициент на соответствующий слой покрытия		
	первый	второй	последующий
Гладкая: металлопрокат холоднокатаный; литье по выплавляемым моделям, в кокиль, в оболочковые формы и под давлением; механически обработанные поверхности после точения, шлифования, полирования и протяжки; поверхности после шпатлевания и фосфатирования	1,00	1,00	1,00
Шероховатая: металлопрокат холоднокатаный, обработанный металлическим песком	1,10	1,00	1,00
Шероховатая: металлопрокат горячекатаный, поверхности кузнечных поковок и штамповок после дробеструйной очистки; грубая обработка резанием (обдирка)	1,15	1,05	1,00
Пористая: литье в песочные формы после дробеструйной и гидропескоструйной очистки	1,40	1,20	1,00

Классификация поверхностей по группам сложности приведена в таблице 54, типичные представители изделий I–III группы — в таблице 55.

Таблица 54 — Классификация поверхностей по группам сложности

Характеристика геометрической формы окрашиваемой поверхности	Основной определяющий размер	Группа сложности поверхности		
		I	II	III
Плоская форма: листовая, прямолинейного или криволинейного контура, плавно выпуклой или вогнутой формы, с отверстиями и небольшими отбортовками	Ширина, мм	Свыше 300	150–300	До 150
	Доля поверхности, занятая отверстиями, %	До 20	До 20	–

Окончание таблицы 54

Характеристика геометрической формы окрашиваемой поверхности	Основной определяющий размер	Группа сложности поверхности		
		I	II	III
Коробчатая форма: объемная, с прямолинейными или криволинейными поверхностями, изготовленная из листов, штампованная или литая	Длина, высота, ширина, мм	Свыше 300×300××300	Свыше 150×150××150 до 300×300××300	До 150×150××150
	Доля поверхности, занятая отверстиями, %	До 20	До 20	–
Цилиндрическая, коническая, сферическая форма: объемная с цилиндрической, сферической или конической поверхностью	Средний диаметр, высота, мм	Свыше 300	150-300	До 150
	Доля поверхности, занятая отверстиями	До 20	До 20	–
Фигурная форма: рычажные, коленчатые, эксцентриковые, перекрестно-осевые, согнутые под углами, с наличием приливов, пазов, ребер жесткости	Сложность конструкции, высота выступающих элементов, мм	–	До 150	Свыше 150
Профильная форма: фасонный прокат (типа уголков, швеллеров, двутавровых балок и других поверхностей), окрашиваемый индивидуально	Высота профиля, мм	Свыше 300	150–300	До 150

Таблица 55 — Типичные представители изделий I–III группы сложности

Форма изделий	Группа сложности	Типичные представители изделий
Плоская	I–III	Листы, обшивки, панели, двери, борта, крышки, капоты, оперенье, щитки, лопасти вентиляторов, пластины, планки, рейки и др.

Окончание таблицы 55

Форма изделий	Группа сложности	Типичные представители изделий
Коробчатая	I–III	Контейнеры, коробки, желоба корпуса холодильника, шкафы, топливные баки, кожухи, кузова товарных и пассажирских вагонов, кузова легковых автомобилей, автобусов, кормушки, поилки, станины станков прессов, корпусы редукторов и дозаторов, тарные ящики, тележки
Цилиндрическая, коническая, сферическая	I–III	Технологические колонны, цистерны, циклоны, трубопроводы, гидроцилиндры, обтекатели, корпусы фар, сферические крышки, кожухи, колесные пары
Фигурная	II–III	Кронштейны, полки, шарниры карданных передач, корпусы весов, клапанов, рабочие колеса вентиляторов, рамы
Профильная	II–III	Сварные металлоконструкции из двутавровых и тавровых балок, стальных уголков, швеллеров (лестничные марши, рабочие площадки, стрелы башенных кранов и экскаваторов, рамы автомобильных и товарных вагонов, каркасные конструкции, не обшитые листами)

Таблица 56 — Коэффициент использования ЛКМ по методам окрашивания и группам сложности (K_3)

Метод окрашивания	Группа сложности поверхности		
	I	II	III
Пневматическое распыление	0,76	0,66	0,45
Безвоздушное распыление	0,8	0,65	0,45
Электростатическое распыление	0,9	–	–
Высокооборотное электростатическое распыление	0,92	–	–
Струйный облив с выдержкой в парах растворителя	0,8	0,75	–
Окунание	0,8	0,75	–
Электрофорез	0,95	0,9	–
Валковый метод	0,9	–	–
Кисть	0,9	–	–

При нанесении ЛКМ методом распыления на установках бескамерной окраски аэрозоль красочной пыли частично попадает в помещение цеха, на технологическое оборудование, что составляет приблизительно 7 % от общего количества потерь $Q_т$.

$$Q_{ц2} = 0,07Q_m, \text{ г.} \quad (11)$$

Загрязнения красочной пылью ванн гидрофильтров окрасочного оборудования:

$$Q_m^в = (Q_m - Q_{ц2}) \cdot K7, г, \quad (12)$$

где K_7 — коэффициент очистки воздуха от красочной пыли водой гидрофильтра (см. таблицу 57).

Таблица 57 — Параметры очистки воздуха в гидрофильтрах окрасочных камер

Тип гидрофильтра	Коэффициент очистки	
	от паров растворителя (K_6)	от красочной пыли (K_7)
Каскадный	0,35	0,86
С щелью Вентури	0,80	0,98
Барботажно-вихревой	0,90	0,98

Загрязнения атмосферных выбросов красочной пылью:

$$Q_m^в = Q_m - (Q_{ц2} + Q_m^а), г, \quad (13)$$

где $Q_{ц2}$ — загрязнения помещения цеха красочной пылью;

$Q_m^а$ — загрязнение воды гидрофильтра красочной пылью.

Концентрация красочной пыли в вентиляционных выбросах:

$$C = Q \cdot 1000 / Q_{уд.в}, \quad (14)$$

где C — концентрация красочной пыли в удаляемом воздухе, мг/м^3;

Q — количество красочной пыли, поступающей в вентиляционные выбросы, г/ч;

$Q_{уд.в}$ — количество воздуха, удаляемого из оборудования (производительность вентилятора), м^3/ч.

При непрерывном окрашивании на конвейерной линии часовое количество рассчитывается:

$$Q = \frac{Q_{mг}^в}{Ф} \cdot 1000, \quad (15)$$

где $Q_{mг}^в$ — годовое количество загрязнений атмосферных выбросов красочной пылью, кг;

$Ф$ — годовой фонд рабочего времени, ч.

При окрашивании в тупиковом оборудовании периодического действия:

$$Q = \frac{Q_{m\,изд}^в}{T} \cdot 1000, \quad (16)$$

где $Q_{m\,изд}^в$ — количество загрязнений атмосферных выбросов красочной пылью при окрашивании одного изделия, кг;

T — время окрашивания одного изделия, ч.

Время окрашивания одного изделия принимается по таблице 57.

Таблица 58 — Средняя удельная трудоемкость операций окрашивания [56]

Технологическая операция	Средняя трудоемкость на окрашивание 1 м² поверхности по группам сложности изделий, мин		
	I	II	III
Грунтование наружной поверхности кистью	1,8	2,5	3,6
Грунтование внутренней поверхности кистью	2,2	3,0	4,3
Грунтование наружной поверхности распылением	0,8	0,8	1,2
Грунтование внутренней поверхности распылением	0,7	1,0	1,6
Окрашивание наружной поверхности кистью	3,15	4,3	6,0
Окрашивание внутренней поверхности кистью	3,0	5,2	7,5
Окрашивание наружной поверхности распылением	0,9	1,2	1,7
Окрашивание внутренней поверхности распылением	0,90	1,2	1,7
Шпатлевание поверхности первым сплошным слоем	3,0	3,7	3,7
Шпатлевание поверхности вторым сплошным слоем	2,7	3,3	4,2

4.1.3 Общее количество растворителя, выделяемое при окрашивании

$$Q_г = \frac{H(100 - B - P)}{100}, \text{г}, \quad (17)$$

где B — степень разбавления ЛКМ до рабочей вязкости, %;

P — массовая доля нелетучих веществ ЛКМ, %.

При нанесении ЛКМ методами распыления на установках бескамерной окраски приблизительно 10 % паров растворителя попадает в помещение цеха.

$$Q_{цз} = 0{,}1 \cdot Q_г \cdot K4, \text{г}, \quad (18)$$

где K_4 — коэффициент, учитывающий количество растворителя, выделяющегося при окраске (см. таблицу 59).

Таблица 59 — Коэффициенты, учитывающие количество растворителя, выделяющегося при окраске и сушке

Метод нанесения	Для паров растворителей	
	при окраске (K_4)	при выдержке и сушке (K_5)
Пневматическое распыление	0,25	0,75
Безвоздушное распыление	0,23	0,77
Электростатическое распыление	0,50	0,50
Пневмоэлектростатическое распыление	0,20	0,80
Безвоздушное электростатическое распыление	0,25	0,75
Окунание	0,28	0,72
Струйный облив	0,35	0,65
Электроосаждение	0,10	0,90
Кисть	0,10	0,90

Загрязнение растворителем ванн гидрофильтра при окраске:

$$Q_{г}^{в} = (Q_{г} \cdot K4 - Q_{цз})K6 = 0{,}9Q_{г} \cdot K4 \cdot K6. \quad (19)$$

При использовании гидрофильтров с S-образным промывным каналом произведение $K_4 \cdot K_6 = K_8$ не превышает 0,2. Значение коэффициента K_8 для различных ЛКМ приведено в таблице 60.

Таблица 60 — Коэффициент K_8, учитывающий содержание растворителя в воде гидрофильтра с S-образным промывным каналом

Группа ЛКМ	K_8
ГФ, ПФ, ФЛ	0,183
ХВ	0,185
ХС	0,119
ЭП	0,174
КО	0,192
АК	0,184
НЦ	0,182
МЛ	0,190
УР	0,184
КФ	0,185
МЧ	0,208
МС	0,185
АС	0,184
ВЛ	0,186

Загрязнение атмосферных выбросов растворителем при окраске:

$$Q_{во}^{в} = Q_{г} \cdot K4 - Q_{цз} - Q_{г}^{в}, \text{ г}, \quad (20)$$

где $Q_{г} \cdot K4$ — общее количество растворителя, выделяющегося при окраске;

$Q_{цз}$ — потери растворителя в помещении цеха при окраске;

$Q_{г}^{в}$ — количество растворителя, задержавшегося в воде гидрофильтра.

Концентрация растворителя в вентиляционных выбросах:

$$C = Q \cdot 1000 / Q_{уд.в}, \quad (21)$$

где C — концентрация растворителя в удаляемом воздухе, мг/м^3;

Q — количество растворителя, поступающего в вентиляционные выбросы, г/ч;

$Q_{уд.в}$ — количество воздуха, удаляемого из оборудования (производительность вентилятора), м^3/ч.

При непрерывном окрашивании на конвейерной линии часовое количество рассчитывается:

$$Q = \frac{Q^{в}_{го}}{Ф} \cdot 1000, \quad (22)$$

где $Q^{в}_{го}$ — годовое количество загрязнений атмосферных выбросов растворителем, кг;

$Ф$ — годовой фонд рабочего времени, ч.

При окрашивании в тупиковом оборудовании периодического действия:

$$Q = \frac{Q^{в}_{г\,изд}}{T} \cdot 1000, \quad (23)$$

где $Q^{в}_{г\,изд}$ — количество загрязнений атмосферных выбросов растворителем при окрашивании одного изделия, кг;

T — время окрашивания одного изделия, ч (см. таблицу 58).

4.1.4 Количество растворителя, выделяемого при выдержке и растекании нанесенного лакокрасочного покрытия

При транспортировке окрашенного изделия на место сушки покрытия в помещении окрасочного участка, а также в туннелях растекания и выдержки покрытий выделяются пары растворителя:

$$Q_{ц4} = A, г, \quad (24)$$

где A — интенсивность испарения растворителя из пленки ЛКМ:

$$A = Q_{г} \cdot K5\left(1 - \frac{1}{e^{Ф \cdot \tau}}\right), г, \quad (25)$$

где τ — время испарения, мин (обычно составляет 5–10 мин);

$Ф$ — общий коэффициент, характеризующий интенсивность испарения растворителя в зависимости от условий в помещении производственного участка;

K_5 — коэффициент, учитывающий количество растворителя, выделяющегося при сушке (см. таблицу 59);

$$Ф = K_{20} \cdot K_{\tau} \cdot K_{\varphi} \cdot K_{\delta} \cdot K_{r}, \quad (26)$$

При нормальных условиях принимаются:

- $K_{20} = 4{,}5 / \tau_{n}$ (см. таблицу 61);
- температура воздуха в помещении — 20°С $(K_{\tau} = 1)$;
- относительная влажность воздуха — до 80 % $(K_{\varphi} = 1)$;
- подвижность воздуха v — 0,2 v/c (Kv = 1,8);
- нормативная толщина пленки покрытия: до 120 мкм $(K_{\delta} = 1)$; до 200 мкм $(K_{\delta} = 0{,}6)$; для 300 мкм $(K_{\delta} = 0{,}5)$; для 400 мкм $(K_{\delta} = 0{,}4)$; для 500 мкм $(K_{\delta} = 0{,}3)$;

- расположение окрашенной поверхности: вертикальное $(K_r = 1)$; горизонтальное (пол) $(K_r = 0,7)$; горизонтальное (потолок) $(K_r = 1,3)$.

Значения коэффициента $Ф$ при нормальных условиях приведены в таблице 61.

Таблица 61 — Значения коэффициента Ф при нормальных условиях

Группа ЛКМ	Коэффициент интенсивности испарения растворителя (K_{20})	Общий коэффициент ($Ф$)
Глифталевые	0,10	0,18
Пентафталевые	0,04	0,072
Фенольные	0,04	0,072
Винилхлоридные	0,22	0,4
Сополимеровинилхлоридные	0,20	0,36
Алкидно-акриловые	0,22	0,4
Нитроцеллюлозные	0,15	0,27

Концентрация растворителя в вентиляционных выбросах:

$$C = Q \cdot 1000 / Q_{уд.в}, \quad (27)$$

где C — концентрация растворителя в удаляемом воздухе, мг/м^3;

Q — количество растворителя, поступающего в вентиляционные выбросы, г/ч;

$Q_{уд.в}$ — количество воздуха, удаляемого из оборудования (производительность вентилятора), м^3/ч.

При непрерывном окрашивании на конвейерной линии часовое количество рассчитывается:

$$Q = \frac{Q_{ц4}}{Ф} \cdot 1000, \quad (28)$$

где $Q_{ц4}$ — годовое количество загрязнений атмосферных выбросов растворителем, кг;

$Ф$ — годовой фонд рабочего времени, ч.

При окрашивании в тупиковом оборудовании периодического действия:

$$Q = \frac{Q_{ц4}}{\tau} \cdot 1000, \quad (29)$$

где $Q_{ц4}$ — количество загрязнений атмосферных выбросов растворителем при выдержке одного изделия, кг;

τ — 5–10 мин.

4.1.5 Количество растворителя, выделяемого при сушке лакокрасочного покрытия

$$Q^в_{ас} = (Q_г \cdot K5 - Q_{ц4})K11, \quad (30)$$

где $Q_г \cdot K5$ — общее количество растворителя, выделяющегося при сушке покрытия;

$Q_{ц4}$ — количество растворителя, выделяющегося при выдержке покрытия;

K_{11} — коэффициент очистки атмосферных выбросов из сушильной камеры в очистных устройствах (окислительных или каталитических).

Концентрация растворителя в вентиляционных выбросах:

$$C = Q \cdot 1000 / Q_{уд.в}, \quad (31)$$

где C — концентрация растворителя в удаляемом воздухе, мг/м^3;

Q — количество растворителя, поступающего в вентиляционные выбросы, г/ч;

$Q_{уд.в}$ — количество воздуха, удаляемого из оборудования (производительность вентилятора), м^3/ч.

При непрерывном окрашивании на конвейерной линии часовое количество рассчитывается:

$$Q = \frac{Q_{гс}^{в}}{Ф} \cdot 1000, \quad (32)$$

где $Q_{гс}^{в}$ — годовое количество загрязнений атмосферных выбросов растворителем, кг;

$Ф$ — годовой фонд рабочего времени, ч.

При окрашивании в тупиковом оборудовании периодического действия:

$$Q = \frac{Q_{гс}^{в}}{\tau} \cdot 1000, \quad (33)$$

где $Q_{гс}^{в}$ — количество загрязнений атмосферных выбросов растворителем при выдержке одного изделия, кг;

τ — продолжительность сушки ЛКМ, ч.

4.2 Производственные сточные воды

В окрасочных камерах с гидрофильтром различают непрерывный и периодический режимы сброса сточных вод, загрязненных красочной пылью и растворителями [57]. При непрерывном режиме сброса сточных вод концентрацию ЛКМ в них $C_{кр}$, г/л, определяют по формуле

$$C_{кр} = F \cdot q_{кр} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 / Q_в, \quad (34)$$

где F — производительность по окрашиваемой поверхности, м^2/ч;

$q_{кр}$ — норма расхода ЛКМ, г/м^2 (рассчитывается по формуле 10);

$Q_в$ — расход свежей воды, л/ч;

K_1 — коэффициент, учитывающий потери краски при нанесении:

$K_1 = 1 - K_{п.и}$, $K_{п.и}$ — коэффициент полезного использования ЛКМ (равен $K3$ по таблице 55);

K_2 — коэффициент, учитывающий содержание в ЛКМ массовой доли нелетучих веществ (K_2 = 0,2–0,5);

K_3 — коэффициент очистки воздуха от красочной пыли (равен K_7 по таблице 56);

K_4 — коэффициент, учитывающий количество краски, попадающей в ванну гидрофильтра (K_4 = 0,9);

K_5 — коэффициент, учитывающий количество краски, уносимой со сточными водами (K_5 = 0,1).

Концентрацию растворителя в сточных водах $C_{раств}$, г/л, определяют по формуле

$$C_{раств} = F \cdot F \cdot q_{кр} \cdot K_1 \cdot K_6 \cdot K_7 / Q_в, \quad (35)$$

где K_6 — коэффициент, учитывающий содержание в краске растворителя ($K_3 = 1 - K_2$);

K_7 — коэффициент очистки воздуха от паров растворителя (равен K_6 по таблице 56).

При периодическом режиме сброса сточных вод ванны гидрофильтра опорожняют не реже одного раза в неделю.

Концентрацию ЛКМ в сточных водах $C_{кр}$, г/л, при периодическом режиме сброса определяют по формуле

$$C_{кр} = F_{нед} \cdot q_{кр} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 / V, \quad (36)$$

где $F_{нед}$ — средняя окрашиваемая поверхность за неделю, м^2;

$$F_{нед} = F_{год} \cdot 41 n_{см} / T, \quad (37)$$

где $F_{год}$ — средняя годовая окрашиваемая поверхность, м^2;

41 — продолжительность рабочей недели, ч;

$n_{см}$ — число рабочих смен;

T — действительный фонд времени работы оборудования в году, ч (при двухсменной работе T = 4015);

V — полезный объем ванны гидрофильтра.

Концентрация растворителя $C_{раств}$, г/л, в сточных водах:

$$C_{раств} = F_{нед} \cdot q_{кр} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 / V. \quad (38)$$

Концентрацию краски в сточных водах установки окраски методом электроосаждения $C_{кр}$, л/л, определяют по формуле

$$C_{кр} = F \cdot q_{кр} \cdot K_1 \cdot K_8 \cdot K_9 / Q_в, \quad (39)$$

где F — производительность установки по окрашиваемой поверхности, м^2/ч;

$q_{кр}$ — норма расхода ЛКМ (рассчитывается по формуле 10);

K_1 — коэффициент, учитывающий потери водоразбавляемых материалов, обусловленные адсорбцией и захватом части рабочего раствора (K_1 = 0,02–0,05);

K_8 — концентрация рабочего раствора по массовой доле нелетучих веществ;

K_9 — коэффициент, определяющий степень очистки K_{10} ($K_9 = 1 - K_{10}$; $K_{10} = 0{,}8–0{,}95$);

$Q_в$ — расход свежей воды, л/ч:

$$Q_в = F \cdot q_в, \tag{40}$$

где $q_в$ — норма расхода воды на промывку, л/м^2 ($q_в$ = 15 л/м^2).

Концентрация загрязнений в сточных водах установки электроосаждения:

$$C_{кр} = q_{кр} \cdot K_1 \cdot K_8 \cdot K_9 / q_в. \tag{41}$$

4.3 Отходы производства

4.3.1 Промасленная ветошь

Обтирочный материал при ручном обезжиривании поверхности растворителем содержит:

- грязь (по диоксиду кремния) — 22 %;
- текстиль — 60 %;
- нефтепродукты — 18 %.

Количество отходов N, м/г, определяют по формуле

$$N = M_o + M + W, \tag{42}$$

где M_o — количество используемой ветоши;

M — содержание в ветоши масла;

W — влажность промасленной ветоши.

M = 0,12 M_o, W = 0,15 M_o.

4.3.2 Тара, загрязненная лакокрасочным материалом

Количество, образующихся отходов тары, рассчитывают по формуле (см. [58]):

$$P = \sum Q_i / M_i \cdot m_i \cdot 10^{-3}, \tag{43}$$

где Qi — годовой расход сырья i-го вида ЛКМ;

Mi — вес сырья i-го вида в упаковке, кг;

mi — вес пустой упаковки из-под ЛКМ i-го вида.

4.3.3 Шлам гидрофильтров

Количество шлама, извлекаемого из ванн гидрофильтров окрасочных камер, рассчитывают по формуле

$$M = m_k \cdot \delta_a \cdot (1 - f_a) \cdot k / (1 - B), \tag{44}$$

где m_k — расход ЛКМ, используемого для покрытия, т/г;

δ_a — доля ЛКМ, потерянная в виде аэрозоля, %/100;

f_a — доля летучей части (растворителя) в ЛКМ, %/100;

k — коэффициент очистки воздуха в гидрофильтре, %/100;

B — влажность шлама, извлекаемого из ванны гидрофильтра, %/100 (принимается равной 0,6–0,7).

В таблице 62 приведены данные по доле ЛКМ, потерянной в виде аэрозоля.

Таблица 62 — Доля ЛКМ, потерянная в виде аэрозоля

Метод окрашивания	Доля ЛКМ, потерянная в виде аэрозоля, δ_a, %/100, для групп сложности изделий		
	I	II	III
Пневматический	0,23	0,34	0,55
Безвоздушный	0,20	0,35	0,55
Электростатический	0,10	-	-
Высокооборотный электростатический	0,08	-	-
Пневмоэлектростатический	0,23	0,34	0,55
Безвоздушный электростатический	0,20	0,35	0,55

При окунании, струйном обливе, электроосаждении и валковом методе окрашивания выделение аэрозоля не происходит.

4.3.4 Фильтры с лакокрасочным материалом

Количество отходов в виде фильтров, загрязненных ЛКМ, из окрасочных камер с сухими фильтрами рассчитывают по формуле

$$M = M_{ф.м} + (m_k \cdot \delta_a \cdot (1 - f_a) \cdot k_ф / (1 - B)', \quad (45)$$

где $M_{ф.м}$ — расход фильтрующего материала, т/г;

$k_ф$ — коэффициент очистки воздуха фильтрующим элементом (берется по паспорту на очистное оборудование).

Раздел 5. Определение наилучших доступных технологий производства окрасочных работ при обработке поверхностей промышленной продукции (товаров)

Определение подходов, мер и мероприятий в качестве наилучшей доступной технологии обработки поверхностей промышленной продукции (товаров) органическими растворителями и/или материалами, содержащими в своем составе органические растворители (окрасочные работы), осуществлялось в соответствии с Федеральным законом от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», Методическими рекомендациями по определению технологии в качестве наилучшей доступной, утвержденными приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31 марта 2015 г. № 665, для областей применения НДТ, установленных распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 г. № 2674-р (да-

лее — области применения НДТ), положений ГОСТ Р 33570-2015 «Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии. Методология идентификации» (см. рисунок 33), а также европейского справочника НДТ «Комплексное воздействие на окружающую среду и экономическую эффективность».



Рисунок 33 — Логический подход для принятия решений по НДТ

5.1 Критерии отнесения технологических процессов подготовки поверхности и окрашивания, оборудования, технических способов, методов к НДТ

Отнесение технологических процессов при обработке поверхности (подготовке поверхности и окрашивании) промышленной продукции (товаров), оборудования, технических способов, методов к НДТ осуществлялось с учетом совокупности следующих критериев:

а) промышленное внедрение технологических процессов подготовки поверхности и окрашивания, оборудования, технических способов, методов очистки выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, способы утилизации отходов на двух и более промышленных объектах в Российской Федерации, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду;

б) наименьший уровень негативного воздействия технологических процессов подготовки поверхности и окрашивания, оборудования, технических способов, методов очистки выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и окружающую среду в расчете на единицу времени или объем производимой продукции (товара) либо соответствие другим показателям воздействия на окружающую среду, предусмотренным международными договорами Российской Федерации;

в) экономическая эффективность внедрения и эксплуатации технологических процессов подготовки поверхности и окрашивания, оборудования, технических способов, методов очистки выбросов вредных (загрязняющих) веществ в окружающую среду;

г) период внедрения технологических процессов подготовки поверхности и окрашивания, оборудования, технических способов, методов очистки выбросов вредных (загрязняющих) веществ в окружающую среду.

На этапе сбора и обработки данных был проведен анализ общих сведений об области применения НДТ с целью получения следующей информации:

- примерное количество объектов, относящихся к области применения настоящего справочника НДТ;
- территориальное распределение объектов по производственной мощности;
- главные стадии производства окрасочных работ;
- основные экологические проблемы, связанные с очисткой выбросов вредных (загрязняющих) веществ в окружающую среду, на объектах, относящихся к области применения настоящего справочника НДТ.

В качестве источников информации об областях применения НДТ, о применяемых на практике технологиях, относящихся к НДТ, были использованы европейские справочники НДТ и источники, перечисленные в библиографии, а также сведения, полученные в результате анкетирования предприятий, и информация, полученная в ходе консультаций с экспертами в соответствующей области.

Выбор технологических процессов, оборудования, технических способов и методов, относящихся к области применения НДТ и внедренных на двух и более объектах (предприятиях) в Российской Федерации, был проведен в соответствии с алгоритмом (см. рисунок 34).



Рисунок 34 — Алгоритм выбора технологий, относящихся к области применения НДТ и применяемых на двух и более объектах (предприятиях) в Российской Федерации, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду

Исходя из данного алгоритма, информация была обработана следующим образом:

а) технологические процессы подготовки поверхности и окрашивания были сгруппированы по направлениям, на которых применяются;

б) оборудование, технические способы, методы, приемы и средства являются общими для всех направлений использования;

в) была проведена обработка информации об образовании выбросов вредных веществ в окружающую среду, их воздействии на окружающую среду и потреблении ресурсов в процессе обращения с ними;

г) была проведена обработка информации о методах расчета количества вредных выбросов в окружающую среду с целью проведения контроля за выбросами вредных веществ.

По результатам предварительной обработки информации были выделены объекты, по которым ТРГ 35 имеет достаточное для проведения оценки количество информации о применяемых технологиях очистки выбросов вредных веществ в окружающую среду.

На основании обработки информации были сформированы следующие разделы настоящего справочника НДТ:

- раздел 1. Общая информация о применении растворителей и материалов, содержащих в своем составе органические растворители, при обработке поверхности промышленной продукции (товаров);

- раздел 2. Описание основных технологических процессов подготовки поверхности и окрашивания, применяемых в настоящее время при производстве продукции (товаров) в Российской Федерации, а также информация об особенностях технологических процессов, получивших распространение в производстве;

В случае если промышленное внедрение технологии очистки вредных выбросов загрязняющих веществ не было выявлено, несмотря на декларируемые разработчиками доступность по критерию, экономическую эффективность и преимущества для окружающей среды при внедрении технологии, технология подлежала включению в перечень перспективных технологий, которые в настоящее время не получили достаточного распространения: это технологии, в отношении которых проводят научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы или осуществляется их опытно-промышленное применение.

Проведена оценка мер, направленных на предотвращение или сокращение выбросов в атмосферу, сбросов сточных вод в водные объекты и почву. Было выбрано решение, сопровождающееся наименьшим отрицательным воздействием на окружающую среду.

При определении технологии в качестве НДТ была проведена оценка опасностей вовлекаемых в технологический процесс и образующихся в них вредных загрязняющих веществ.

Характер и масштаб негативного воздействия на окружающую среду, возможность снижения удельных значений эмиссий загрязняющих веществ в окружающую среду оценивались на основании следующих показателей сбросов загрязняющих веществ:

- источники выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду;

- перечень загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах;

- концентрация загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах до их очистки;
- наличие газоочистных и других сооружений;
- метод очистки, повторного использования;
- концентрация загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах (степень очистки в процентах) после их очистки.

Возможное снижение рисков негативного воздействия выбросов загрязняющих веществ после внедрения технологии очистки считалось критерием отнесения технологии к НДТ.

По результатам оценки были сформированы следующие разделы настоящего справочника:

- раздел 3. Описание оборудования окрасочных производств, являющихся источниками загрязнения окружающей среды;
- раздел 4. Методы определения текущих уровней эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду;
- раздел 6. Наилучшие доступные технологии, относящиеся ко всей области применения настоящего справочника.

При рассмотрении технологий с целью выявления НДТ оценка по критерию экономической эффективности не производилась и остается в сфере компетенции предприятий ввиду заведомо высоких инвестиционных и эксплуатационных затрат на очистку от загрязняющих веществ. Был проведен анализ эффективности затрат, используемый для определения того, какие мероприятия являются наиболее предпочтительными для достижения определенной экологической цели при самой низкой стоимости.

Экономическая эффективность технологии определялась методом экспертных оценок, где это было возможно, с учетом ограничений степени конкретизации, накладываемых межотраслевым (горизонтальным) характером настоящего справочника НДТ.

Критерий «Экономическая эффективность внедрения и эксплуатации и период внедрения» определялся с использованием основных принципов оценки экономической эффективности внедрения и эксплуатации технологии:

- основной принцип 1 — уточнение области применения и оценка наилучшей доступной технологии;
- основной принцип 2 — сбор и обоснование данных, касающихся затрат на внедрение технологии;
- основной принцип 3 — определение состава затрат на внедрение технологии;
- основной принцип 4 — обработка и представление информации о затратах;
- основной принцип 5 — оценка времени внедрения технологии.

Сопоставление различных НДТ по критерию сроков внедрения не проводилось и остается в сфере компетенции предприятий.

5.2 Внедрение наилучшей доступной технологии

Внедрение НДТ хозяйствующими субъектами в конкретной отрасли промышленности ориентировано на обеспечение комплексного подхода по предотвращению и/или минимизации техногенного воздействия и базируется на сопоставлении эффективности мероприятий по защите окружающей среды и затрат, которые должен при этом

нести хозяйствующий субъект для предотвращения и/или минимизации оказываемого им техногенного воздействия в обычных условиях, т. е. до внедрения НДТ.

При внедрении НДТ на объекте хозяйственной деятельности необходимо учитывать затраты на все технологические переделы и потребности в необходимом аппаратурном оснащении производства с учетом затрат хозяйствующих субъектов, ожидаемой экономической целесообразности внедрения НДТ и воздействия на окружающую среду.

Обобщенный алгоритм аспектов оценки ожидаемой экономической целесообразности применения НДТ в отраслях промышленности включает:

- идентификацию затрат на реализацию пакета по выбору НДТ для конкретной отрасли и отвечает на вопросы, могут ли затраты быть переложенными на потребителя или поставщика и/или могут ли затраты быть покрыты промышленностью;
- определение экономической жизнеспособности технологии;
- обоснование периода внедрения.

Раздел 6. Наилучшие доступные технологии по защите окружающей среды

6.1 Система экологического менеджмента

НДТ 1. Внедрение и постоянная поддержка принципов экологического менеджмента

НДТ включает в зависимости от конкретных условий следующие подходы:

а) определение экологических приоритетов предприятия его высшим руководством (приверженность высшего руководства принципам экологического менеджмента рассматривается как необходимое условие для успешного применения остальных принципов экологического менеджмента);

б) разработка и утверждение плана действий;

в) осуществление плана действий на основе:

- ответственности и компетентности персонала, включая высшее руководство;
- системности действий;
- обучения, информирования и участия персонала в реализации мероприятий, связанных с внедрением принципов экологического менеджмента;
- документирования действий;
- эффективного управления процессом;
- наличия и реализации программы технического обслуживания;
- наличия плана мероприятий на случай аварийных и чрезвычайных ситуаций;

г) анализ достигнутых результатов на основе производственного экологического контроля, внутреннего и/или независимого внешнего аудита и проведение корректирующих мероприятий с введением соответствующего учета.

В состав вспомогательных мероприятий, которые являются желательным, но не обязательным условием НДТ 1, входят:

а) наличие системы управления и процедур аудита, проверенных и утвержденных аккредитованным органом сертификации или внешним верификатором принципов экологического менеджмента;

б) регулярная подготовка и издание (возможно, при внешней проверке) экологической декларации с описанием всех существующих экологических аспектов деятельности предприятия, что позволяет сопоставить решение экологических задач и достижение экологических целей с предыдущими годами, а также с достижениями других предприятий отрасли;

в) внедрение и соблюдение требований добровольных стандартов и систем, признанных на международном уровне, например ISO 14001, EMAS;

г) учет воздействия на окружающую среду на этапе вывода предприятия из эксплуатации;

д) проведение на регулярной основе (по мере возможности) сравнения экологических показателей предприятия с показателями других предприятий отрасли, в том числе в части энергоэффективности, энергосбережения и ресурсосбережения.

НДТ 2 Повышение квалификации персонала

Данная НДТ включает наличие у предприятия программы повышения квалификации персонала (стажировок, переподготовки, аттестаций и т. п.), задействованного в технологических процессах обработки поверхности предметов или продукции органическими растворителями.

НДТ 3 Снижение вероятности чрезвычайных ситуаций

Данная НДТ предусматривает в зависимости от конкретных условий следующие подходы:

а) установление договорных отношений между двумя и более юридическими и/или физическими лицами, эксплуатирующими отдельные производственные объекты, находящиеся на территории одной промышленной площадки, с целью развития сотрудничества по вопросам охраны окружающей среды и безопасности, организации труда и здоровья персонала;

б) принятие планов действий при возникновении чрезвычайных ситуаций и на уровне предприятия, и на всех производственных объектах или промышленных площадках предприятия в целях выявления и устранения неисправностей и обеспечения надлежащего устранения воздействий на окружающую среду.

НДТ 4 Аппаратурный учет количества выбросов маркерных веществ

Данная НДТ заключается в использовании автоматических средств измерения и учета объема или массы выбросов маркерных веществ, сбросов маркерных веществ и концентраций маркерных веществ, фиксации (архивирование) и передачи информации

об объеме или массе выбросов маркерных веществ, сбросов маркерных веществ и о концентрации маркерных веществ.

НДТ 5 Разработка и внедрение на предприятии программы и методик измерений

Данная НДТ включает разработку и внедрение на предприятии программ и методик измерений, используемых в производственном экологическом контроле в соответствии с положениями справочника НТД ИТС 22.1-2016 «Общие принципы производственного экологического контроля и его методологического обеспечения».

НДТ 6 Техническое обслуживание всех установок и оборудования

График технического обслуживания и учет всех проверок и технического обслуживания должен включать:

- визуальную проверку наличия негерметичных уплотнений, фланцев, клапанов, сварных швов, резервуаров;
- гидравлические испытания трубопроводов и резервуаров;
- герметичность гаек и болтов;
- проверку наличия износа оборудования;
- проверку исправности работы очистного оборудования;
- проверку герметичности сушильных печей;
- проверку герметичности воздуховодов.

Профилактическое техническое облуживание там, где это возможно, должно поддерживаться компьютерным программным обеспечением.

НДТ 7 Материальный баланс растворителей

Материальный баланс растворителей позволяет определить, сколько и где используются растворители и сколько и где выбрасываются.

План регулирования использования растворителей (баланс массы) обеспечивает сокращение выбросов в окружающую среду. Определение объемного расхода растворителей и других загрязнений — в соответствии с разделом 4.

6.2 Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет технологических средств

НДТ 8 Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет изменения технологии подготовки к окрашиванию

НДТ включает:

а) замену обезжиривания растворителем на обезжиривание водными составами, где это возможно;

б) использование менее токсичных растворителей при обезжиривании растворителем;

в) ограничение количества используемого растворителя (например, путем измерения и ограничения количества);

г) использование ультразвуковых методов очистки при обезжиривании растворителем методом окунания.

НДТ 9 Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет применения материалов с низким содержанием растворителей или без растворителей

НДТ включает замену лакокрасочных материалов с содержанием растворителей от 50 % до 80 % на материалы:

а) лакокрасочные материалы с высоким содержанием массовой доли нелетучих веществ (более 65 %), так называемые материалы с высоким сухим остатком (ВСО). При применении этих материалов для окраски сельхозтехники и строительной техники используют ЛКМ на основе акриловых смол и полиуретана. При окрашивании судов, изделий нефтегазовой промышленности, металлоконструкций и гидротехнического оборудования используют эпоксидные ЛКМ. При окрашивании железнодорожного транспорта, автобусов, рулонного металла материалы ВСО используют для покрывного (верхнего) слоя покрытия. Применение грунт-эмалевых ЛКМ с ВСО при окрашивании сельхозтехники, железнодорожного транспорта, электродвигателей и других изделий позволяет снизить количество слоев наносимого покрытия, что приводит к ресурсо- и энегосбережению;

б) лакокрасочные материалы на водной основе. Лакокрасочные материалы на водной основе содержат в своем составе от 10 % до 65 % воды и менее 3 % — 18 % органических растворителей для улучшения свойств мокрого слоя пленки. Это материалы на основе алкидных, полиэфирных, акриловых, меламинных и эпоксидных смол одно- и двухкомпонентные. Двухкомпонентные ЛКМ имеют более высокую атмосферостойкость. При применении этих материалов исключаются риски, связанные с пожаро- и взрывоопасностью. При применении этих материалов должны соблюдаться следующие требования: температура окружающей среды должна быть в пределах 18 °С — 28 °С, температура обрабатываемой поверхности — не ниже 15 °С, влажность воздуха — 55 % — 75 %; хранение при температуре не ниже 0 °С (температура замерзания); хороший поток воздуха по всей поверхности. При окрашивании судов ЛКМ на водной основе используются ограниченно. Нанесение ЛКМ проводится безвоздушным распылением или валиком. Электростатическое распыление не используется. При окрашивании железнодорожного транспорта двухкомпонентные ЛКМ на водной основе применяют в качестве эпоксидного грунтовочного слоя. ЛКМ на водной основе применяют также для защиты днища кузова. Для окрашивания легковых, грузовых автомобилей, автобусов, деталей шасси используют электрофорезные водные ЛКМ в качестве грунтовочных покрытий. Для окрашивания самолетов водные ЛКМ не применяют из-за их более низкой атмосферостойкости, низкой стойкости к химическим веществам и гидравлическому маслу;

в) порошковые краски. Порошковые краски представляют собой материалы без растворителя, состоящие из порошка с размером частиц от 25 до 60 мкм. Большинство порошковых красок отверждается при высоких температурах, так процесс образования пленки происходит за счет плавления порошка. Преимущества порошковой окраски: отсутствие выбросов растворителя, отсутствие воды для адсорбирования частиц ЛКМ в окрасочной камере, безотходная технология при рециркуляции краски, повторное (до 95 %) использование краски, высокая доля циркулирующего воздуха, снижение энергопотребления. Окрашивание проводится чаще всего методом электростатического распыления. Метод порошкового окрашивания эффективен для применения в сельхозмашиностроении, деталей шасси и других мелких деталей легковых и грузовых автомобилей, а также для строительных металлоконструкций. Не применяется для окрашивания самолетов, судов, железнодорожного транспорта, автобусов;

г) энергосберегающие материалы. К энергосберегающим ЛКМ относятся ЛКМ, которые отверждаются при пониженных температурах, в отличие от традиционных ЛКМ, и обладают более высокими защитными свойствами. Примерами энергосберегающих ЛКМ являются: алкидно-уретановые ЛКМ — в отличие от алкидных, полиуретановых, акрил-уретановые ЛКМ — в отличие от меламиноалкидных, эпоксихлорвиниловые — в отличие от эпоксидных, и другие ЛКМ. Они позволяют снизить температуру отверждения ЛКП до 60 °С — 80 °С за более короткое время (обычно 15–30 мин вместо 35–120 мин). Могут применяться как в автомобильной промышленности, так и в железнодорожной отрасли, для окраски электродвигателей, автобусов и других изделий;

д) двухкомпонентные материалы, не содержащие растворителей. Как правило, это эпоксидные или полиамидные высоковязкие ЛКМ. При окрашивании смешение компонентов происходит в сопле распылителя при нагреве. Эффективны при окрашивании емкостного оборудования, металлоконструкций, трубопроводов и других изделий длительной эксплуатации.

НДТ 10 Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет предварительного грунтования изделий

Предварительное грунтование может использоваться при сборке изделий, снижая количество применяемых ЛКМ после сборки изделия. Используется при окрашивании в сборе строительных конструкций, электротехнических изделий, станкостроении, автомобилестроении. Окрашивание предварительно загрунтованных изделий сокращает производственные операции и выбросы загрязняющих веществ в основном производстве.

НДТ 11 Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет методов окрашивания с высокой степенью переноса ЛКМ на изделие и малым туманообразованием или его отсутствием

НДТ включает применение следующих методов окрашивания:

а) электроосаждение.

Применение метода электроосаждения для грунтования поверхности изделий позволяет использовать материалы, содержащие не более 2 % — 6 % органических растворителей. Метод представляет собой окунание изделия в ванну, где между обрабатываемым изделием и ванной циркулирует электрический ток. Изделие образует один электрод, противоположный — корпус ванны. Метод обеспечивает высокую долю переноса ЛКМ на изделие (95 % — 100 %). Используется обратная каскадная промывка и ультрафильтрация промывочных вод. Метод эффективен в автомобильной промышленности, для окрашивания автобусов, сельхозтехники, строительной техники, для окрашивания грузовых автомобилей и коммерческих транспортных средств. Может быть применим для изделий из смешанных металлов, которые сварены в узлы, для окрашивания мелких деталей. Метод не применим для окрашивания самолетов, железнодорожного транспорта, судов;

б) пневматическое распыление низкого давления (HVLP).

В краскораспылителях HVLP благодаря особой конструкции воздушной головки поток сжатого воздуха обычного давления (2,5–3 атм) и сравнительно малого объема преобразуется в поток большого объема (до 40 м^3/ч) и низкого давления (0,5–0,7 атм). Распыляемый материал диспергируется при относительно малых скоростях истечения воздушного потока большого объема. При этом создается эффект «мягкого факела» с высокой эффективностью переноса частиц ЛКМ к окрашиваемой поверхности, снижение загазованности атмосферы и, соответственно, снижение потерь ЛКМ на туманообразование (на 20 % по сравнению с обычным распылением). Метод HVLP может быть применен ко всем поверхностям изделий, однако ограниченно применим для окрашивания судов и самолетов;

в) безвоздушное распыление.

При нанесении ЛКМ методом безвоздушного распыления дробление ЛКМ происходит без участия сжатого воздуха. ЛКМ за счет высокого гидравлического давления вытесняется с большой скоростью через эллиптическое отверстие. При этом потенциальная энергия ЛКМ на выходе в атмосферу переходит в кинетическую, возникают завихрения, приводящие к пульсации струи, развитию колебаний и деформации поверхности струи. Деформация усиливается благодаря гидравлическому воздействию окружающего воздуха и приводит к образованию облака аэрозоля. За счет полученной кинетической энергии капли ЛКМ движутся к окрашиваемой поверхности и, преодолевая сопротивление воздуха, тормозятся и мягко настилаются на поверхность. Часть наиболее мелких капель теряет скорость и, не долетая до окрашиваемой поверхности, выпадает из окрасочного факела, оседая на полу и окружающих предметах. По сравнению с пневматическим распылением позволяет: резко снизить потери ЛКМ на туманообразование, уменьшить расход растворителей в связи с возможностью распыления более вязких ЛКМ, снизить мощность вентиляции, так как удаляются в основном только пары растворителя, увеличить производительность труда (особенно при окрашивании больших площадей), уменьшить трудоемкость окрасочных работ благодаря возможности нанесения покрытий большей толщины. Метод широко используется в автомобильной промышленности, при окраске судов и самолетов, изделий тяжелого машиностроени;

г) горячее распыление.

При нагревании ЛКМ их вязкость резко падает, благодаря чему создается возможность распылять материал повышенной вязкости, как обычные низковязкие мате-

риалы. При этом на 30 % — 40 % уменьшается расход растворителей, возрастает толщина получаемого покрытия, снижаются потери на туманообразование вследствие пониженного содержания растворителей, улучшается качество получаемого покрытия;

д) электростатическое распыление.

Основой метода нанесения ЛКМ в электрическом поле высокого напряжения является способность частиц материала приобретать заряд в электрическом (электростатическом) поле. Электростатическое поле высокого напряжения (60–140 кВ) создается между заземленным изделием и распыляющим устройством, которое является одновременно и коронирующим электродом с высоким отрицательным потенциалом. Распыляемые частицы ЛКМ, получив заряд с помощью зарядного устройства, перемещаются в направлении силовых линий электрического поля от распыляющей головки к заземленному изделию. Попав на поверхность изделия, частицы ЛКМ отдают ему свой заряд и образуют равномерное покрытие на его поверхности. Это один из наиболее экономичных методов окраски (коэффициент использования материала 0,9 % –0,95 %). При этом значительно уменьшается туманообразование. Для очистки воздуха достаточно удалить пары растворителя, что возможно при небольших скоростях движения воздуха. Метод электростатического распыления не применим для распыления ЛКМ на водной основе, а также при распылении ЛКМ, содержащих в своем составе большое количество веществ с температурой вспышки ниже 60 °С, таких как ацетон, бутилацетат и др. При окрашивании изделий сложной конфигурации с глубокими впадинами, острыми кромками, сложными сопряжениями, а также внутренних поверхностей изделий метод имеет ограничения (предусматривается ручная подкраска методом пневматического распыления).

НДТ 12 Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет минимизации потребления ЛКМ

Минимизировать потребление сырья позволяет:

- использование автоматизированных систем смешения ЛКМ;
- повторное использование ЛКМ путем применения ультрафильтрации (электроосаждение);
- централизованная подача ЛКМ к рабочим местам из краскоприготовительного участка;
- прямые наземные трубопроводы подачи ЛКМ и растворителей в производственное помещение со склада-хранилища с регулярной проверкой и техническим обслуживанием;
- автоматизация методов окрашивания.

НДТ 13 Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет уменьшения выбросов при сушке ЛКП

При выборе метода сушки необходимо применять тот метод, который обеспечивает максимальную эффективную сушку ЛКП и сводит к минимуму:

- выбросы растворителя;
- использование энергии.

К НДТ относится:

а) метод терморадиационно-конвективной сушки покрытия, обеспечивающий равномерный нагрев и увеличение скорости сушки и снижение потребления энергии;

б) использование инертного сушильного газа при конвективной сушке, что позволяет увеличить объем циркулирующего газа, уменьшить объем выбрасываемого воздуха и увеличить его концентрацию в выбрасываемом воздухе, что увеличивает эффективность последующей очистки путем термического окисления;

в) поддержание отрицательного давления в процессе сушки, снижающее утечку ЛОС через транспортные проемы сушильных камер непрерывного действия.

6.3 Очистка вентиляционных выбросов окрасочно-сушильного оборудования

НДТ 14 Сокращение и предотвращение образования выбросов в атмосферный воздух твердых частиц (пыли), взвешенных веществ

Сокращение поступления в выбросы красочной пыли осуществляется применением мокрой очистки в гидрофильтрах и сухой очистки на фильтрах сухой очистки.

НДТ является снижение выбросов пыли путем повышения абсорбции с применением трубки Вентури и барботажно-вихревых гидрофильтров, систем сухой фильтрации, описанных в 3.2.

НДТ 15 Сокращение и предотвращение образования выбросов в атмосферный воздух летучих органических соединений (растворителей)

НДТ является сокращение поступления в выбросы летучих органических соединений с помощью любого из нижеперечисленных методов или их сочетания с учетом условий применимости:

а) оптимизация условий эксплуатации и технического обслуживания оборудования в целях предотвращения утечек (надлежащие программы эксплуатации, применение систем замкнутого цикла, повышение герметичности резервуаров для хранения, соединительных узлов, клапанов и т. п.);

б) использование материалов с низким содержанием органических растворителей или их отсутствие (НДТ 9.1–9.3);

в) применение технологий, основанных на разрушении летучих органических соединений, имеющихся в отработанных газах, в том числе: рекуперативное или регенеративное термическое окисление; рекуперативное или регенеративное каталитическое окисление; биологическая деструкция, осуществляемая на биофильтрах и биоскруббераx, где во влажной среде и при низкой температуре с помощью микроорганизмов происходит разрушение биоразлагаемых растворителей, описанных в 3.7;

г) применение технологий, позволяющих осуществить восстановление растворителей для повторного использования в производственном процессе после специальной обработки, которая может производиться на месте или за пределами предприятия, в

том числе адсорбция активным углем или цеолитовым субстрактом; абсорбция в переработанных очистительных жидкостях (вода); конденсация и низкотемпературная конденсация (в качестве хладагентов используют холодную воду, жидкий азот и охладители; конденсацию применяют в качестве метода предварительной обработки); мембранная сепарация, которая должна быть связана с другими процессами, такими как низкотемпературная конденсация и адсорбция. После мембранной сепарации поток концентрированного газа конденсируют посредством обычной технологии конденсации и используют газоочистительные устройства (технологии описаны в ИТС 22—2016);

д) повторное использование и/или восстановление растворителей посредством использования таких технологий, как конденсация, адсорбция, абсорбция и мембранные процессы;

е) разрушение растворителей за счет применения технологий регулирования выбросов (например, термическое или каталитическое окисление или биологическая обработка). При сжигании рекомендуется использовать вторичное тепло для уменьшения эксплуатационных расходов и потребления ресурсов;

ж) разрушение негалогенизированных растворителей посредством использования потока газа с ЛОС в качестве вторичного воздуха или топлива в существующих устройствах преобразования энергии.

НДТ 16 Совершенствование систем очистки выбросов вредных загрязняющих веществ

Данная НДТ включает следующие подходы:

а) включение непосредственно в технологический процесс оборудования и установок очистки выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в качестве конструктивного узла основного технологического оборудования;

б) автоматизация технологических процессов очистки выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;

в) применение надежного и герметичного оборудования в целях предотвращения неорганизованных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

НДТ 17 Использование систем автоматического управления расходом реагентов для очистки выбросов загрязняющих веществ

Данная НДТ заключается в использовании систем автоматического управления расходом реагентов для очистки выбросов загрязняющих веществ, обеспечивающих их дозирование в количествах, минимально достаточных для осуществления технологических процессов.

НДТ 18 Использование комплексного подхода при обращении с отходящими газами

Данная НДТ заключается в применении комплексного подхода при обращении с отходящими газами, включающего в себя подходы, являющиеся частью технологиче-

ского процесса, и подходы, направленные на обработку отходящих паровоздушных смесей. Комплексный подход основывается на инвентаризации и корректировке стационарных источников и выбросов вредных веществ в атмосферный воздух, при этом первоочередное внимание уделяется подходам, интегрированным в технологические процессы и оборудование.

6.4 Очистка сточных вод окрасочного оборудования

НДТ 19 Очистка ванны гидрофильтра от шлама

НДТ является обработка сточных вод окрасочных камер коагулянтами и флокулянтами в целях максимального использования технологической воды при работе окрасочных камер.

Непрерывный отвод скоагулировавшего ЛКМ из ванн гидрофильтра окрасочных камер увеличивает срок службы воды до 1 года. Циркуляция воды в замкнутой системе с применением коагулянтов и флокулянтов, описанных в 3.2, осветление воды в отстойниках значительно сокращают потребление воды.

НДТ 20 Совершенствование систем очистки сточных вод

НДТ включает следующие подходы:

а) включение непосредственно в технологический процесс окрашивания оборудования и установок очистки воды в качестве конструктивного узла окрасочных камер;

б) проведение доочистки до требуемых норм сброса в водоемы, описанной в ИТС 8—2015;

в) автоматизацию технологических процессов очистки сточных вод;

г) применение на новых предприятиях герметичных аппаратов-отстойников с тонкослойными модулями, напорной или импеллерной флотации с глубокой очисткой на скорых напорных фильтрах с зернистой нагрузкой, оборудованных узлом интенсивной регенерации загрузки, описанные в ИТС 8—2015.

НДТ 21 Сокращение до минимального возможного уровня водопотребления

НДТ включает:

а) применение безводных технологических процессов с использованием сухих фильтров очистки от красочной пыли;

б) использование противоточных промывочных систем вместо прямоточных.

НДТ 22 Повышение степени повторного использования сточных вод

НДТ включает:

а) определение и оценку минимального приемлемого качества вод при использовании в технологическом процессе;

б) выявление возможности повторного использования очищенных и подготовленных сточных вод с определением соответствующей их качеству технологии очистки;

в) циркуляцию воды в замкнутых водяных контурах, в том числе в циклах охлаждения технологического оборудования;

г) использование противоточных схем повторного использования сточных вод, при которых подаваемая чистая вода используется последовательно, по мере ее загрязнения, на новых стадиях процесса.

НДТ 23 Использование применяемых для очистки сточных вод реагентов, имеющих методики определения остаточных концентраций

НДТ заключается в замене реагентов, используемых при очистке сточных вод, на менее токсичные и имеющие методики химического анализа для определения их остаточных концентраций при наличии экономической целесообразности и технической возможности замены используемых реагентов.

НДТ 24 Использование систем автоматического управления расходом реагентов для очистки сточных вод

НДТ заключается в использовании систем автоматического управления расходом реагентов для очистки сточных вод, обеспечивающих их дозирование в количествах, минимально достаточных для осуществления технологического процесса.

НДТ 25 Аппаратурный учет количества сбрасываемых сточных вод и специфических загрязнений

НДТ заключается в использовании автоматических средств измерения и учета объема или массы сбросов сточных вод и концентрации загрязняющих веществ, а также технических средств фиксации и передачи полученной информации.

НДТ 26 Применение ультразвуковых или индукционных расходомеров

НДТ заключается в применении ультразвуковых или индукционных расходомеров для определения расходов воды, транспортируемой в трубопроводах, работающих полным сечением, в том числе напорных, при наличии экономической целесообразности и технической возможности их установки.

НДТ 27 Постоянный контроль качества сточных вод, сбрасываемых в централизованную систему водоотведения

Количество контролируемых параметров определяется в соответствии с действующими нормативными актами и другими требованиями. Постоянный контроль ка-

чества сбрасываемых сточных вод осуществляется путем отбора и анализа проб очищенных сточных вод после очистки в сборном колодце (камере).

6.5 Рекуперация тепла отходящей воздушно-газовой смеси сушильных установок

НДТ 27 Рекуперация тепла

НДТ заключается в частичном использовании тепловой энергии отходящих газов для:

а) нагрева подаваемого свежего воздуха в сушильную установку;

б) десорбирования отходящих газов в установках очистки выбросов типа RTO;

в) отопления бытовых и производственных помещений.

Рекуперация тепла позволяет экономить до 30 % — 40 % потребляемой энергии. В сушильных камерах с газовым обогревом использование подогретого воздуха вместо воздуха окружающей среды улучшает горение топлива, снижает его химический и механический недожог. В результате при том же расходе топлива количество теплоты, получаемой в процессе горения, увеличивается на 10 % — 15 %.

Раздел 7. Перспективные технологии подготовки поверхности и окрашивания продукции (товаров)

7.1 Система экологического менеджмента

Система экологического менеджмента (СЭМ) — часть системы менеджмента, используемая для управления экологическими аспектами, выполнения принятых обязательств и учитывающая риски и возможности. Экологический аспект рассматривается как элемент деятельности организации, ее продукции или услуг, который взаимодействует или может взаимодействовать с окружающей средой [61].

Для промышленных предприятий приоритетные экологические аспекты идентифицируются в результате анализа таких факторов воздействия на окружающую среду, как:

- потребление энергии, сырья, материалов;
- выбросы загрязняющих веществ в атмосферу;
- сбросы загрязняющих веществ в водные объекты;
- образование отходов.

Ключевыми принципами СЭМ являются предотвращение загрязнений и последовательное улучшение.

Предотвращение загрязнения предполагает применение процессов, практических методов, технических решений, материалов, продукции, услуг или энергии, для того чтобы избежать, уменьшить или управлять (по отдельности или в комбинации) образованием, выбросом или сбросом любого типа загрязняющего вещества или отходов с целью уменьшения негативных экологических воздействий.

Предотвращение загрязнения может включать устранение или сокращение источника (загрязнения); изменения процесса, продукции или услуг, эффективное ис-

пользование ресурсов; замену используемых материалов и видов энергии; повторное использование; восстановление; вторичную переработку, утилизацию; или очистку, т. е. принцип предотвращения загрязнения полностью соответствует содержанию термина «наилучшие доступные технологии».

Процесс последовательного улучшения реализуется путем постановки экологических целей и задач, выделения ресурсов и распределения ответственности для их достижения и выполнения (разработки и реализации программ экологического менеджмента). При этом с точки зрения НДТ экологические задачи (детализированные требования к результативности) должны ставиться с учетом технологических показателей НДТ. Тем самым принцип последовательного улучшения приобретает конкретность, получает численные ориентиры, что соответствует современным взглядам на требования к СЭМ. В связи с тем что для постановки и проверки выполнения задач СЭМ необходимо обеспечить систему оценки (в том числе и по результатам измерений) показателей результативности, разработка программ экологического менеджмента предполагает и совершенствование практики производственного экологического мониторинга и контроля, включая выбор, обоснование и организацию измерений ключевых параметров. Это тем более важно, что в соответствии со статьей 22 Федерального закона от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» [1] и отдельные законодательные акты Российской Федерации» предприятия категории I должны будут передавать результаты измерений концентраций ЗВ, содержащихся в выбросах в атмосферный воздух и сбросах в водные объекты, в «государственный фонд данных государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), создаваемый и используемый в соответствии с законодательством в области охраны окружающей среды».

В общем случае в состав СЭМ входят следующие взаимосвязанные элементы [59]:

- экологическая политика;
- планирование (цели, задачи, мероприятия), программа СЭМ;
- внедрение и функционирование, управление операциями;
- взаимодействие и обмен информацией;
- мотивация персонала;
- подготовка и обучение персонала;
- внутренний аудит СЭМ;
- анализ и оценка СЭМ руководством организации.

Действенность СЭМ обеспечивается путем разработки, внедрения и соблюдения основных процедур, необходимых для управления экологическими аспектами. Процедура представляет собой определенный способ осуществления действия или процесса. Процедуры могут быть документированными или недокументированными. Процедуры определяют последовательность операций и важные факторы этапов различных видов деятельности. В процедуры могут быть включены рабочие критерии нормального выполнения этапа, действия в случае отклонения от нормы или критерии выбора последующих этапов.

Процедуры позволяют обеспечить:

- взаимодействие подразделений для решения задач, вовлекающих более одного подразделения;
- функционирование сложных организационных структур (например, матричных);

- точное выполнение всех этапов важных видов деятельности;
- надежный механизм изменения действий (в частности, последовательного улучшения);
- накопление опыта и передачу его от специалистов новым работникам.

В связи с тем что значительное негативное воздействие на ОС нередко оказывается в результате возникновения нештатных ситуаций, СЭМ включает требование обеспечения подготовленности к таким ситуациям и разработки ответных действий. Предприятие должно установить, внедрить и поддерживать процедуры, необходимые для выявления потенциально возможных аварий и нештатных ситуаций, которые могут оказывать воздействие на ОС, и для определения того, как организация будет на них реагировать. Предприятие должно также реагировать на возникающие нештатные ситуации и аварии и предотвращать или смягчать связанные с ними негативные воздействия на ОС. Работоспособность таких процедур целесообразно периодически проверять на практике.

НДТ следует считать разработку СЭМ, использование ее инструментов и следование ее принципам. Практический опыт отечественных предприятий свидетельствует о том, что основные преимущества состоят в использовании ключевых методов СЭМ, в том числе таких, как:

- идентификация экологических аспектов производства (и выделение из их числа приоритетных аспектов);
- укрепление системы производственного экологического контроля;
- разработка и выполнение программ экологического менеджмента и тем самым достижение последовательного улучшения результативности там, где это практически возможно;
- разработка и внедрение процедур, необходимых для обеспечения соответствия организации требованиям нормативов, установленных на основе технологических показателей.

7.2 Перспективные технологические и технические решения, общие для производства всех видов продукции (товаров)

В число перспективных входят применимые ко всем производствам технические и управленческие решения:

- совершенствование систем очистки выбросов вредных загрязняющих веществ;
- разработка и внедрение на предприятии программы и методик измерений;
- аппаратурный учет количества выбросов маркерных веществ.

Из промышленно освоенных технологий перспективными технологиями являются:

- очистка выбрасываемого в атмосферу загрязненного воздуха газоконвектором;
- установка механического обезвоживания осадков;
- безреагентная коагуляция и осаждение загрязнителей при очистке воды;
- турбобарботажная установка для сжигания влажных отходов.

ПТ 1 Газоразрядная очистка вентиляционных выбросов

Очистка воздуха достигается воздействием электрического разряда на молекулы газов, находящихся в зоне разряда. В газоконвекторе применяется высокочастотный

барьерный разряд в специальных ячейках, позволяющих создать объемное поле разряда, за счет чего достигается высокая производительность системы. Поток очищаемого воздуха проходит через зону объемного разряда, под его воздействием происходит разрушение молекул вредных веществ и их возбуждение. Далее в каталитическом блоке газоконвектора происходит взаимодействие возбужденных молекул и их частей с озоном (образующимся в разрядном блоке) и «дожигание» вредных веществ до безобидных H_2O, CO_2 и др.

Эффектность очистки приведена в таблице 63.

Таблица 63 — Степень очистки от вредных веществ газоконвектором

Вещество	Степень очистки, %
Озон, ароматические углеводороды	95
Масляная кислота	98
Ацетон, угарный газ, этанол	99,9
Бензол	92
Бутанол, толуол	96
Формальдегид	90
Фенол, стирол	99

Производительность по очищаемому воздуху — от 1500 до 30 000 м^3/ч и по содержанию вредных веществ в очищаемом воздухе — от 200 до 1000 мг/м^3; потребление энергии — не более 0,12 Вт/м^3.

ПТ 2 Механическое обезвоживание осадков

Установка механического обезвоживания осадков (УМО) — это высокоэффективное оборудование для механического обезвоживания осадков сточных вод для обработки осадков до 30 м^3/сут. Принцип действия основан на оригинальной технологии, включающей, в частности, специальные фильтровальные материалы для обезвоживания осадка и реагентную обработку поступающего осадка.

Основные технологические стадии:

- отведение из осадкообразующих сооружений;
- уплотнение;
- обезвоживание;
- сушка в естественных условиях;
- отведение фильтрата.

Обезвоживание осадка сокращает количество твердых отходов и экономит потребляемую воду.

ПТ 3 Безреагентная коагуляция и осаждение загрязнителей при очистке воды

В электрокоагуляторе для безреагентной коагуляции и осаждения загрязнителей при очистке сточных вод окрасочных камер коагуляция и осаждение происходят на электродах под воздействием электрического тока.

Схема очистки приведена в 3.2.

Производительность установки — от 0,5 до 150 м^3/ч.

ПТ 4 Сжигание влажных отходов в турбобарботажной установке

Установки турбобарботажного способа сжигания позволяют утилизировать отходы красочной пыли с влажностью до 70 % и имеют коэффициент полезного действия до 74 % и производительность от 0,2 до 10 т/ч. Позволяют снизить загрязнение окружающей среды на полигонах захоронения вредных веществ.

В настоящее время в стадии НИР и НИОКР находятся следующие перспективные технологии очистки вредных веществ в окружающую среду.

ПТ 5 Мультивихревой гидрофильтр

Мультивихревые гидрофильтры (МВГ) предназначены для очистки загрязненного воздуха от механических примесей, пыли, аэрозолей, паров и газовых примесей в составе локальных фильтровентиляционных систем, оснащенных дополнительно вентилятором, устройствами отбора загрязненного воздуха, подводящей и отводящей вентиляционными магистралями, системой подачи и отвода орошающей жидкости.

Очистка загрязненного воздуха от примесей происходит в результате его глубокого смешивания с орошающей жидкостью (промывкой), с последующим полным отделением капельной влаги от очищенного воздуха [8].

МВГ обеспечивает высокую эффективность очистки загрязненного воздуха (степень очистки 99 %) при минимальных требованиях к качеству орошающей жидкости. В МВГ отсутствуют форсунки, и, соответственно, подача орошающей жидкости происходит без избыточного давления разорванной струей. Основной процесс перемешивания взаимно перекрещивающихся струй газа, прошедших через отверстие диспергирующей решетки, и орошающей жидкости происходит над решеткой, а не на ее поверхности, что позволяет уменьшить изнашивание материала решетки и, соответственно, увеличить срок ее службы.

ПТ 6 Плазмокаталитическая технология воздухоочистки

Для предприятий, на которых уровень загрязнения воздуха газообразными веществами не превышает 3000 мг/м^3, перспективным является применение плазмокаталитической установки [22].

Технология основана на высокой окислительной способности продуктов высоковольтного барьерного электрического разряда — плазмы, а также последующем глубоком окислении продуктов конверсии, образовавшихся в результате прохождения воздуха через плазменный реактор первой ступени, в каталитическом реакторе второй ступени. Доочистка газовоздушной смеси происходит за счет финишного расщепления остатков загрязняющих веществ и озона (326), синтезированного в плазменном реакторе, до CO_2, H_2O, O_2, N_2 и т. д. В установках ПТК применяется низкотемпературный катализатор, который благодаря наличию ступени плазменного реактора эффективно работает в диапазоне температур от 30 °С до 70 °С.

Параллельно с очисткой воздуха от газообразных загрязняющих веществ происходит глубокая дезинфекция и стерилизация воздуха.

Краткий перечень вредных веществ, нейтрализуемых установкой ПКТ, приведен в таблице 64.

Таблица 64 — Краткий перечень вредных (загрязняющих) веществ, нейтрализуемых установкой ПКТ

Вещество	Степень очистки, %	ПДК, мг/м^3	Класс опасности
Оксиды: оксид азота (II) (304), диоксид азота (301), оксид углерода (337)	97–99	0,04–0,06	2–4
Ароматические углеводороды: гидроксибензол (фенол) (1071), бензол (602), диметилбензол (ксилол) (616), метилбензол (толуол) (621), этенбензол (стирол) (620) и др.	87–97	0,003–50	2–4
Альдегиды, кетоны, их производные: пропан-2 (ацетон) (1401), формальдегид (1325), бензальдегид (бензойный альдегид) (1302), метилацетат (1224), этилацетат (1240), ацетальдегид (уксусный альдегид) (1317) и др.	85–96	0,003–200	2–4
Спирты: этанол (этиловый спирт) (1061), пропан-2 (изопропиловый спирт) (1051) и др.	90–92	1–5	2–3

ПТ 7 Биосорбционная доочистка сточных вод

Технология предназначена для глубокого удаления из сточных вод органических веществ [9].

Технология заключается в следующем: дочищаемую воду обрабатывают в фильтре — биореакторе с псевдоожиженной загрузкой в виде гранулированного активного угля.

При достаточном времени обработки достигается снижение ХПК на 40 % — 60 %, до 5–15 мг/л, $БПК_5$ — до менее чем 3 мг/л.

Достоинством технологии является длительный срок службы гранулированного угля и высокая эффективность по сравнению с использованием инертных носителей биопленки.

ПТ 8 Электроосмотическое обезвоживание осадка сточных вод

Технология предназначена для обезвоживания осадка сточных вод и повышения содержания сухого вещества в обезвоженном осадке [8].

Технология базируется на использовании эффекта электрофореза, при котором ранее обезвоженный осадок попадает между электродами, через которые пропускают постоянный ток. В направлении возникающего электрофоретического потока воды может размещаться фильтровальная мембрана. Поскольку процесс идет с выделением

тепла за счет сопротивления току, происходит разогрев обрабатываемого осадка до 55 °С — 65 °С.

Содержание сухого вещества в обезвоженном осадке на 8 % — 10 % выше, чем при обычном обезвоживании, что соответствует 25 % — 40 %. Побочный эффект разогрева осадка обеспечивает его обеззараживание.

Заключительные положения и рекомендации

В целях сбора информации о проводимых на промышленных предприятиях технологических, технических и организационных мероприятиях об источниках загрязнения окружающей среды, технологических, технических и организационных мероприятиях, направленных на снижение загрязнений окружающей среды и повышение энергоэффективности и ресурсосбережения, была подготовлена Анкета для предприятий, содержащая формы для сбора данных, необходимых для разработки проекта справочника НДТ. В качестве основы для формирования Анкеты был использован ГОСТ Р 56828.13 - 2016 «Наилучшие доступные технологии. Формат описания технологий».

Анкета была направлена крупным российским предприятиям. Сведения, полученные в результате анкетирования предприятий, были использованы при разработке настоящего справочника НДТ.

Итоги анализа поступивших от предприятий анкет показали явную недостаточность информации о перспективных технологиях в области защиты окружающей среды от загрязнений при обработке поверхности, предметов или продукции органическими растворителями. Это, в частности, послужило причиной использования отраслевых нормативных документов, результатов научно-исследовательских и иных источников и информации, полученной в ходе консультаций с экспертами в соответствующей области.

Следует отметить, что в настоящее время ТРГ 35 не располагает достаточной информацией о перспективных технологиях в области защиты окружающей среды от загрязнений при обработке поверхности, предметов или продукции органическими растворителями и работа в этом направлении должна быть продолжена.

Настоящий справочник НДТ представляет собой межотраслевой справочник НДТ, в котором представлена информация общего характера, адресованная, главным образом, предприятиям машиностроительного комплекса, которые не являются объектами I категории в соответствии с критериями отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 г. № 1029. Тем не менее, учитывая применимость для предприятий комплекса целого ряда межотраслевых справочников НДТ и, прежде всего – справочников НДТ, касающихся обработки поверхностей металлов и пластиков с применением растворителей или другими способами, а также принимая во внимание тот факт, что процесс совершенствования справочников НДТ должен отражать основной принцип современных систем менеджмента - принцип последовательного улучшения, следует предусмотреть при актуализации настоящего справочника НДТ возможность модификации вышеупомянутых критериев.

Составители справочника НДТ надеются, что коллеги готовы разделить эту позицию и поддержать совершенствование документа, а также разработку национальных стандартов в этой области.

Приложение А
(обязательное)

Номенклатура продукции, включенной в область применения настоящего справочника НДТ

Таблица А.1 — Номенклатура продукции, включенной в область применения настоящего справочника НДТ

Код ОКПД *	Наименование продукции по ОКПД	ОКВЭД **	Наименование вида деятельности по ОКВЭД
20.30.12	Материалы лакокрасочные на основе сложных полиэфиров, акриловых или виниловых полимеров в неводной среде	25.61	Обработка металлов и нанесение покрытий на металлы
20.30.22.120	Шпатлевки		
20.30.22.170	Герметики		
20.30.22.180	Мастики		
20.30.22.220	Растворители и разбавители органические сложные; составы для удаления красок, лаков		

* ОК 034—2014 (КПЕС 2008) «Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности».

** ОК 029—2014 (КДЕС Ред. 2) «Общероссийский классификатор видов экономической деятельности».

Приложение Б
(обязательное)

Перечень НДТ

Таблица Б.1 — Перечень НДТ

№	Наименование НДТ	Примечание
1	НДТ 1. Внедрение и постоянная поддержка принципов экологического менеджмента	Все отрасли
2	НДТ 2. Повышение квалификации персонала	Все отрасли
3	НДТ 3. Снижение вероятности чрезвычайных ситуаций	Все отрасли
4	НДТ 4. Аппаратурный учет количества выбросов маркерных веществ	Все отрасли
5	НДТ 5. Разработка и внедрение на предприятиях программы методик и измерений	Все отрасли
6	НДТ 6. Техническое обслуживание всех установок и оборудования	Все отрасли
7	НДТ 7. Материальный баланс растворителей	Все отрасли
8	НДТ 8. Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет изменения технологии подготовки к окрашиванию	Транспортное машиностроение, сельхозмашиностроение, электротехника, станкостроение
9	НДТ 9. Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет применения материалов с низким содержанием растворителей или без растворителей	Все отрасли
10	НДТ 10. Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет предварительного грунтования	Металлургия, станкостроение
11	НДТ 11. Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет методов окрашивания с высокой степенью переноса ЛКМ на изделие и малым туманообразованием или его отсутствием	Все отрасли промышленности
12	НДТ 12. Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет минимизации потребления ЛКМ	Все отрасли
13	НДТ 13. Уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ за счет уменьшения выбросов при сушке	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника, станкостроение

Продолжение таблицы Б.1

№	Наименование НДТ	Примечание
14	НДТ 14. Сокращение и предотвращение выбросов в атмосферный воздух твердых частиц (пыли), взвешенных веществ	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника, станкостроение
15	НДТ 15. Сокращение и предотвращение образования выбросов в атмосферный воздух летучих органических соединений (растворителей)	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника, станкостроение
16	НДТ 16. Совершенствование систем очистки выбросов вредных загрязняющих веществ	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника, станкостроение
17	НДТ 17. Использование систем автоматического управления расходом реагентов для очистки выбросов загрязняющих веществ	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника, станкостроение
18	НДТ 18. Использование комплексного подхода при обращении с отходящими газами	Все отрасли
19	НДТ 19. Очистка ванны гидрофильтра от шлама	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника, станкостроение
20	НДТ 20. Совершенствование систем очистки сточных вод	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника, станкостроение

Продолжение таблицы Б.1

№	Наименование НДТ	Примечание
21	НДТ 21. Сокращение до минимального возможного уровня водопотребления	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника, станкостроение
22	НДТ 22. Повышение степени повторного использования сточных вод	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника, станкостроение
23	НДТ 23. Использование применимых для очистки сточных вод реагентов, имеющих методики определения остаточных концентраций	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника, станкостроение
24	НДТ 24. Использование систем автоматического управления расходом реагентов для очистки сточных вод	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника, станкостроение
25	НДТ 25. Аппаратурный учет количества сбрасываемых сточных вод специфических загрязнений	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника, станкостроение
26	НДТ 26. Применение ультразвуковых и индукционных расходомеров	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника, станкостроение
27	НДТ 27. Постоянный контроль качества сточных вод, сбрасываемых в централизованную систему водоотведения	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника, станкостроение

Окончание таблицы Б.1

№	Наименование НДТ	Примечание
28	НДТ 28. Рекуперация тепла	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника
29	ПТ 1 Газоразрядная очистка вентиляционных выбросов	Все отрасли промышленности
30	ПТ 2 Механическое обезвоживание осадков	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника
31	ПТ 3 Безреагентная коагуляция и осаждение загрязнителей при очистке воды	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника
32	ПТ 4 Сжигание влажных отходов в турбобарботажной установке	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника
33	ПТ 5 Мультивихревой гидрофильтр МВГ	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника
34	ПТ 6 Плазмокаталитическая технология воздухоочистки ПТК	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника
35	ПТ 7 Биосорбционная доочистка сточных вод	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника
36	ПТ 8 Электроосмотическое обезвоживание осадка сточных вод	Транспортное машиностроение, железнодорожная отрасль, сельхозмашиностроение, электротехника

Приложение В
(обязательное)

Энергоэффективность

Основополагающим подходом при обработке поверхностей, предметов или продукции органическими растворителями является применение ресурсосбережения и энергосбережения. Обобщенный алгоритм аспектов оценки ожидаемой экономической целесообразности применения НДТ в различных отраслях рассмотрен в 5.1 «Критерии отнесения технологических процессов подготовки поверхности и окрашивания, оборудования, технических способов, методов к НДТ».

Дополнительно в качестве руководящего документа рекомендуется использовать ИТС 48-2017 «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности» [16]

Библиография

[1] ГОСТ Р 56828.14- 2016 Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника.

[2] ГОСТ Р 56828.13 – 2016 Наилучшие доступные технологии. Формат описания технологий.

[3] ГОСТ Р 56828-15 -2016 Наилучшие доступные технологии. Термины и определения.

[4] Reference Document on Best Available Techniques on Surface Treatment using Organic Solvents, August 2007 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gost.e-ecolog.ru

[5] Постановление Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458, устанавливающее порядок определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям.

[6] Приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31 марта 2015 г. № 665 «Об утверждении Методических рекомендаций по определению технологий в качестве наилучшей доступной технологии».

[7] Постановление Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2015 г. № 1029, утверждающее критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий.

[8] ИТС 22—2016 Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gost.e-ecolog.ru

[9] ИТС 8—2015 Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gost.e-ecolog.ru

[10] Федеральный закон от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ (ред. от 29.12.2014) «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

[11] Федеральный закон от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации».

[12] Поэтапный график создания в 2015–2017 г. отраслевых справочников наилучших доступных технологий, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178-р (с изменением от 29 августа 2015 г. № 1678-р).

[13] Перечень областей применения наилучших доступных технологий, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 г. № 2674-р.

[14] ИТС 15—2016 Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов)) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gost.e-ecolog.ru

[15] ИТС 17—2016 Размещение отходов производства и потребления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gost.e-ecolog.ru

[16] ИТС 48-2017 Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gost.e-ecolog.ru

[17] ИТС 22.1—2016 Общие принципы производственного и экологического контроля и метрологического обеспечения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gost.e-ecolog.ru

[18] Фомин, Г. С. Коррозия и защита от коррозии. Энциклопедия международных стандартов. — М. : Протектор, 2013. — 720 с.

[19] Карнаушкин, Ю. И. и др. // Стандарты и качество. — 2003. — № 10. — С. 38–43.

[20] Андруцкая, О. М. Лакокрасочные материалы — 2016. — № 1–2. — С. 10–11.

[21] Промышленная окраска. — 2013. — № 1. — С. 8–9.

[22] ГОСТ 9825—73 Материалы лакокрасочные. Термины, определения и обозначения.

[23] Гайле, А. А. и др. Ароматические углеводороды. Выделение, применение, рынок. Справочник. — СПб. : Зимиздат, 2000. — 544 с.

[24] Дринберг, С. А., Ицко, Э. Ф. Растворители для лакокрасочных материалов : справочник. — 3-е изд., перераб. и доп. — СПб. : ХИМИЗДАТ, 2003. — 216 с.

[25] ГОСТ 18187—72 Разбавители для электроокраски марки РЭ. Технические условия.

[26] Промышленная окраска. — 2013. — № 1. — С. 8–9.

[27] ОСТ 37.002.1055—84 Автомобили легковые. Общие требования к окрашиванию.

[28] ГОСТ 9.032—74 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения.

[29] ГОСТ 23852—79 Покрытия лакокрасочные. Общие требования к выбору по декоративным свойствам.

[30] ГОСТ 7409—2009 Вагоны грузовые. Требования к лакокрасочным покрытиям.

[31] ГОСТ 12549—2003 Вагоны пассажирские магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Окраска. Технические условия.

[32] Карякина, М. И. Лакокрасочные материалы для защиты сельскохозяйственной техники. — М. : Химия, 1985. — 112 с.

[33] Ильдарханова, Ф. И. и др. // Промышленная окраска. — 2010. — № 2. — С. 7–9.

[34] ГОСТ 31606-2012 Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные мощностью от 0,12 до 400 кВт включительно. Общие технические требования.

[35] ГОСТ 30195—94 Электродвигатели асинхронные погружные. Общие технические условия.

[36] ГОСТ 9.072—77 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Термины и определения.

[37] ГОСТ 22133—86 Покрытия лакокрасочные металлорежущего, кузнечно-прессового, литейного и деревообрабатывающего оборудования.

[38] Информационный справочник по выбору и применению лакокрасочных материалов для защиты судов от коррозии. Нормативные расходы ЛКМ. — СПб. : Гидрорыбфлот, 2000.

[39] Промышленная окраска. — 2012. — № 4. — С. 8–13.

[40] Янин, Е. П. Ресурсосберегающие технологии. — 2010. — № 12. — С. 3–13.

[41] Directive 2004/42/CE of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004 on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic sol-vents in certain paints and varnishes and vehicle refinishing products and amending Directive 1999/13/EC [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gost.e-ecolog.ru lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32004L0042

[42] Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC (Text with EEA relevance) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gost.e-ecolog.ru content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02006R1907-20140410.

[43] СТО-56171713-006—2015 Материалы лакокрасочные. Требования экологической безопасности и методы оценки.

[44] Ильдарханова, Ф. И., Миронова, Г. А. // Промышленная окраска. — 2009. — № 4. — С. 12–15.

[45] РД 413160-02-01297858—03 Правила антикоррозионной защиты резервуаров товарной нефти и динамического и технологического отстоя нефти.

[46] Козлов, Д. Ю. Практика безопасности при струйной очистке. — Екатеринбург : Издательский дом «Оригами», 2011. — 132 с.

[47] EN 12215:2004 Установки для нанесения покрытий. Распылительные кабины для жидких органических покрывающих материалов. Требования безопасности.

[48] ПОТ Р М-017—2001 Межотраслевые правила по охране труда при окрасочных работах.

[49] ГОСТ 9.072—2017 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Термины и определения.

[50] EN 1539:1999 Сушилки и печи, в которых выделяются воспламеняемые вещества. Требования безопасности.

[51] EN 13355:2004 Установки для нанесения покрытий. Комбинированные распылительные и сушильные камеры. Требования техники безопасности.

[52] Лакокрасочные покрытия. Технология и оборудование : справ. изд. / под ред. А. М. Елисаветского. — М. : Химия, 1992. — 416 с.

[53] EN 1539:2000 Сушилки и печи для высвобождения горючих веществ из материалов покрытий. Требования безопасности.

[54] Ильдарханова, Ф. И., Миронова, Г. А. // Промышленная окраска. — 2008. — № 5. — С. 33–35.

[55] Ильдарханова, Ф. И., Миронова, Г. А. // Промышленная окраска. — 2008. — № 6. — С. 32–35.

[56] ОНТП 03—83 Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Окрасочные цехи.

[57] Шабельский, В. А. и др. Защита окружающей среды при производстве лакокрасочных покрытий. — Л. : Химия, 1985. — 120 с.

[58] МРО-3—99 Отходы, образующиеся при использовании лакокрасочных материалов.

[59] Системы экологического менеджмента : практический курс / С. Ю. Дайман и др. — М. : Форум, 2010.

[60] ИТС 9—2015 Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов).

[61] ГОСТ Р ИСО 14001—2016 Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению.

[62] Гоц В.Л. Оборудование цехов полимерных покрытий.- М.: Машиностроение, 1989.- 312 с.

[63] Гандурина Л.В. и др., ЛКМ,№6/2000, с.23-26

[64] Долина Л.Ф. и др., Залізничный транспорт України, № 6/2010, 39-42

[65] Сайт компании WIEDERKRAFT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gost.e-ecolog.ru

[66] Яковлев А.Д. и др. Оборудование для получения лакокрасочных покрытий. Ленинград, Химия, 1982, 192 с.)

[67] Сайт научно-производственной компании «Воздухоочистка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gost.e-ecolog.ru

[68] Сайт научно-производственного предприятия «Фолтер» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru