

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОКРАСОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Рекомендовано федеральным учебно-методическим объединением в сфере высшего образования по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки 18.00.00 Химические технологии в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 18.03.01 Химическая технология и 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Москва

2019

УДК 667.661+65.015.3
ББК 35.74;30.2я73
О-751

Авторы: В. В. Меньшиков, Б. Б. Богомолов, Е. Д. Быков, Ю. М. Аверина,
Е. О. Рыбина, А. Ю. Курбатов

Рецензенты:

Кандидат химических наук, директор научно-исследовательского
института в составе ООО «НПО «Лакокраспокрытие»

К. Г. Богословский

Доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий кафедрой технологии переработки пластмасс

РХТУ им. Д. И. Менделеева,

В. М. Аристов

Основы проектирования окрасочных производств. учеб. пособие /
О-751 В. В. Меньшиков, Б. Б. Богомолов, Е. Д. Быков, Ю. М. Аверина, Е. О. Рыбина,
А. Ю. Курбатов – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2018. – 132 с.

ISBN 978-5-7237-1679-7

Пособие основано на разработках НПО «Лакокраспокрытие», в работе которого авторы принимали личное участие. Дан обзор технологии лакокрасочных покрытий. Рассмотрены тенденции развития рынка лакокрасочных покрытий, инновационные технологии в отрасли. Подробно рассмотрено организационно-экономические моделирование бизнес-процесса при проектирование окрасочной линии.

Пособие рекомендовано учащимся бакалавриата и магистратуры в области проектирования энерго- и ресурсосберегающих технологий.

УДК 667.661+65.015.3
ББК 35.74;30.2я73

ISBN 978-5-7237-1679-7

- © Российский химико-технологический университет
им. Д. И. Менделеева, 2019
- © Меньшиков В. В., Богомолов Б. Б., Быков Е. Д.,
Аверина Ю. М., Рыбина Е. О., Курбатов А. Ю.,
2019

Оглавление

Введение	4
Глава 1. Влияние инноваций на развитие лакокрасочной отрасли	5
1.1. Мировые тенденции рынка лакокрасочных материалов. «Пейнт–технологии»	5
1.2. Энергоресурсосберегающие лакокрасочные материалы	13
1.3. Принципы разработки современных систем лакокрасочных покрытий для антикоррозионной защиты металла	16
Глава 2. Управление процессом проектирования объектов нефтегазохимического комплекса	27
Глава 3. Разработка исходных данных для проектирования	43
Глава 4. Технология лакокрасочных покрытий	56
4.1. Основные подходы к выбору технологии окрашивания промышленных изделий	56
4.2. Подготовка поверхности перед окрашиванием	61
4.3. Окрашивание изделий	75
4.4. Сушка лакокрасочных покрытий	90
4.5. Экологические проблемы окрасочных работ	94
Глава 5. Организационно-экономическое моделирование бизнес-процесса «Проектирование окрасочной линии»	102
Глава 6. Информационно-технологический справочник по наилучшим доступным технологиям «Обработка поверхностей, предметов или продукции органическими растворителями»	121
Библиографический список	131

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебное пособие подготовлено в соответствии с рабочей программой дисциплины « технология лакокрасочных покрытий» (Б.1.В. ОД.7), входящей в программу « Основы проектирования энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

С тех пор, как человек научился выплавлять сталь, одной из его постоянных забот стала борьба с коррозией. Несмотря на то, что за сотни лет технического прогресса было изобретено множество способов борьбы с ней, до сих пор основным методом защиты от коррозии являются лакокрасочные покрытия. Среди объектов, подлежащих антикоррозионной защите, имеются такие, надёжность которых имеет принципиальное значение для экономической и экологической безопасности страны: нефтепровод, ёмкости для хранения нефти и нефтепродуктов, автомобильный, железнодорожный и другие виды транспорта, оборудование, эксплуатирующееся в экстремальных условиях, и многое другое.

Пособие основано на разработках НПО «Лакокраспокрытие» г. Хотьково Московской области, ведущего предприятия в этом направлении, в работе которого авторы принимали личное участие. Многие разработки были представлены в трудах, много лет издававшихся на этом предприятии. Также рассмотрены вопросы Госрегулирования в области проектирования, понятия наилучших доступных технологий и статусе информационно-технического справочник.

Цель дисциплины – приобретение студентами теоретических знаний, практических применений в области создания защитно-декоративных свойств промышленных и бытовых объектов и оборудования путем нанесения лакокрасочных покрытий (ЛКП) на базе инновационных лакокрасочных материалов (ЛКМ).

В пособии рассмотрен вопрос тенденций развития рынка ЛКМ, инновационные технологии в отрасли («пэйнт-технологии»).

ГЛАВА 1. ВЛИЯНИЕ ИННОВАЦИЙ НА РАЗВИТИЕ ЛАКОКРАСОЧНОЙ ОТРАСЛИ

1.1. Мировые тенденции рынка лакокрасочных материалов. «Пэйнт-технологии»

Лакокрасочные материалы – один из важных видов химической продукции, наиболее близкий к реальному рынку товаров, производство которых предоставляет большие возможности для реализации научно-технических инновационных технологий. Поскольку они близки к потребителю-человеку, то основные их качества – это безопасность и экологичность при повышении потребительских свойств, что невозможно без инновационной составляющей. С этим связана целесообразность введения нового понятия – «пэйнт-технологии», обобщающего наукоемкие технологии в производстве и применении ЛКМ, а также характеризующие научно-технический прогресс в области окраски различных поверхностей и создания защитных покрытий. Наиболее актуальными являются следующие направления внедрения инновационных технологий в области ЛКМ и покрытий на их основе:

- экологически безопасные и энергоресурсосберегающие ЛКМ (водно-дисперсные, порошковые, с высоким сухим остатком радиационного отверждения);

- современные технологии антикоррозионной защиты металлоконструкций и труб, газо- и нефтепроводов, хранилищ;

- гибкие блочно-модульные малоотходные схемы производства ЛКМ;

- эффективные безотходные технологии нанесения ЛКМ;

- ЛКМ для покрытий со специальными свойствами, применяемые в судостроении, авиационной промышленности, космических технологиях, биоцидные и другие функциональные покрытия, наноматериалы.

«Пэйнт-технологии» носят межотраслевой характер и обеспечивают решение технологических, социальных, экологических проблем в машиностроении, строительстве, транспорте и многих других областях реального сектора экономики. Значимость «пэйнт-технологий» определяется возможностью их использования для решения ряда важных социально-экономических проблем.

Мировой объём производства ЛКМ перед кризисом составлял порядка 28 млн т. Прирост объёмов выпускаемой продукции в мире в 2012–2017 годы невысок и ежегодно составляет постоянную величину – 2–3 % , причём общее потребление сильно не растёт, из-за увеличения долговечности покрытий и количеством производства специфических ЛКМ. Темпы прироста более высоки в странах Азиатско-Тихоокеанского региона и Восточной Европы. Значительны темпы роста рынка ЛКМ и в России. Объём производства лакокрасочной продукции в нашей стране увеличивался на 9–10 % ежегодно, за исключением кризисных 2008–2009 годов. Сейчас темпы производства восстанавливаются.

Видимое потребление ЛКМ в России также стабильно повышается на 12–15 %. Рост объёмов производства ЛКМ сопровождается также изменением долей между основными производителями и появлением новых предприятий.

Тенденции развития рынка ЛКМ развитых европейских стран и США связаны, напротив, с сокращением числа производителей ЛКМ, главным образом из-за конкуренции. Так, в Северной Америке в 1975 г. насчитывалось 2000 производителей ЛКМ, в настоящее время только 900. В Западной Европе соответственно 2700 и 1000. В мире также наблюдается тенденция более тщательного контроля всей цепочки производственной деятельности – от производства сырья до выпуска специальных ЛКМ. Кроме того, отмечается укрупнение компаний и, соответственно, расширяются сферы их деятельности. В некоторых случаях фирмы, наоборот, сужают производственную деятельность, концентрируя внимание на более узкой сфере.

Структура европейского производства ЛКМ по назначению представлена на рис. 1.1.

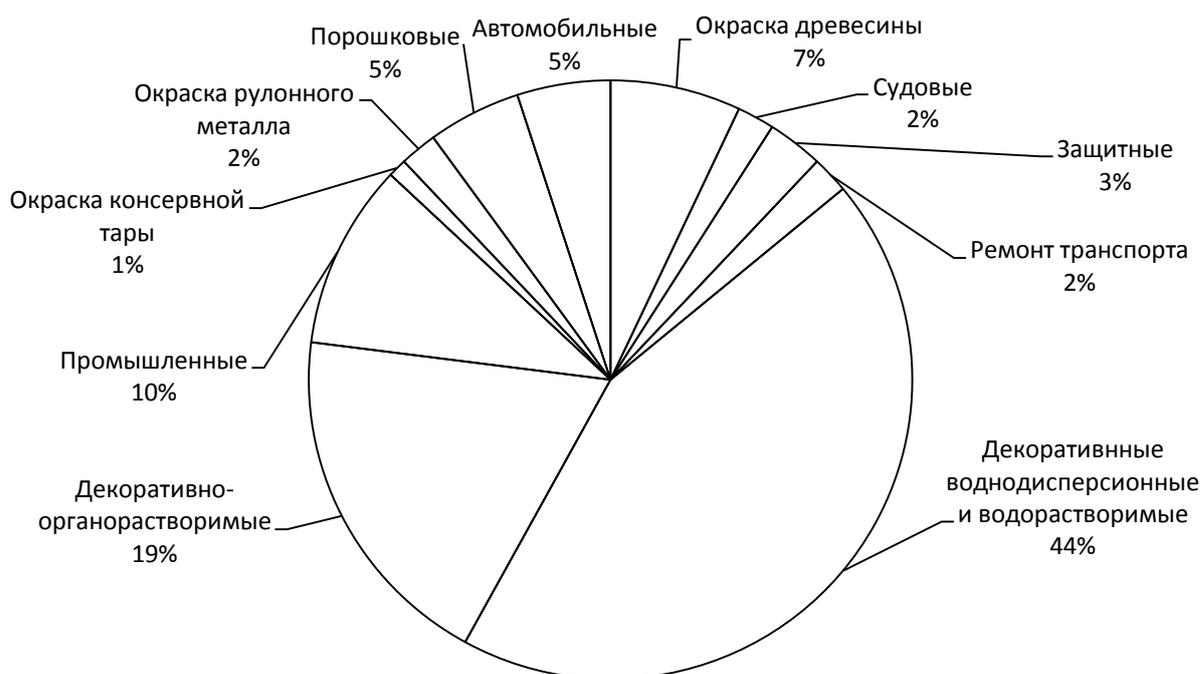


Рис. 1.1. Структура европейского производства ЛКМ по назначению

Наибольший сегмент в европейском производстве ЛКМ 63 % занимают материалы для декоративной отделки: объём их выпуска оценивается приблизительно в 3,5 млн т, около 2,5 млн т приходится на водно-дисперсионные и водорастворимые ЛКМ, половина из которых предназначена для отделки интерьеров. Таким образом, водные ЛКМ, используемые внутри помещений, являются наиболее востребованными в Европе, объём их

производства составляет около 20 % рынка. Кроме того, эти материалы наиболее популярны среди непрофессиональных пользователей, число которых, превышает 100 млн человек.

Именно ориентация потребителей на использование водных ЛКМ определяет основные направления разработок. Это достаточно консервативная сфера для возможного внедрения инновационных решений, но и здесь прогрессивные технологические решения могут существенно повысить производительность лакокрасочных предприятий и обеспечить оптимизацию производственных систем по комплексу экономических, экологических и других показателей.

Главное направление работ в этой области связано с максимальным снижением содержания растворителей, что продиктовано также требованиями Директивы 2004/42/ЕС, ограничивающей эмиссию летучих органических соединений (ЛОС).

Основными направлениями развития водных ЛКМ в Европе, отвечающими требованиям современного рынка, является также производство материалов с низким грязеудержанием, фотокаталитическим гидрофобным эффектом, с высокой адгезией не только к минеральным подложкам, но и к металлу и к пластикам.

Несмотря на разработку новых водных ЛКМ, в течение длительного времени продолжают работы по созданию более экологически полноценных органорастворимых систем. Так, более 20 лет тому назад промышленность проявила интерес к маслу, производному из семян растения из Африки *Vernonia galamensis*. Сейчас установлено, что это масло по химическим свойствам похоже на эпоксирированное соевое и льняное масла, которые широко применяются в составе ЛКМ. Однако эти известные масла высоковязкие и полутвёрдые при 10 °С и не растекаются при температуре ниже 0 °С. Масло *Vernonia* наоборот имеет низкую вязкость и растекается при температуре ниже 0 °С. По мнению специалистов, применение этого масла очень перспективно в качестве реакционноспособного растворителя для алкидных ЛКМ с очень низким содержанием ЛОС.

Ужесточение экологических требований обусловило бурное развитие производства и потребления материалов радиационного отверждения (УФ-излучением и ускоренными электронами). В мировом объёме выпуска 80 % составляют ЛКМ для промышленных покрытий и полиграфии. Общемировой объём производства этих материалов в 2004 г. составил 177 тыс т. В 2015 г. наблюдается его увеличение до 463 тыс т. (рис. 1.2).

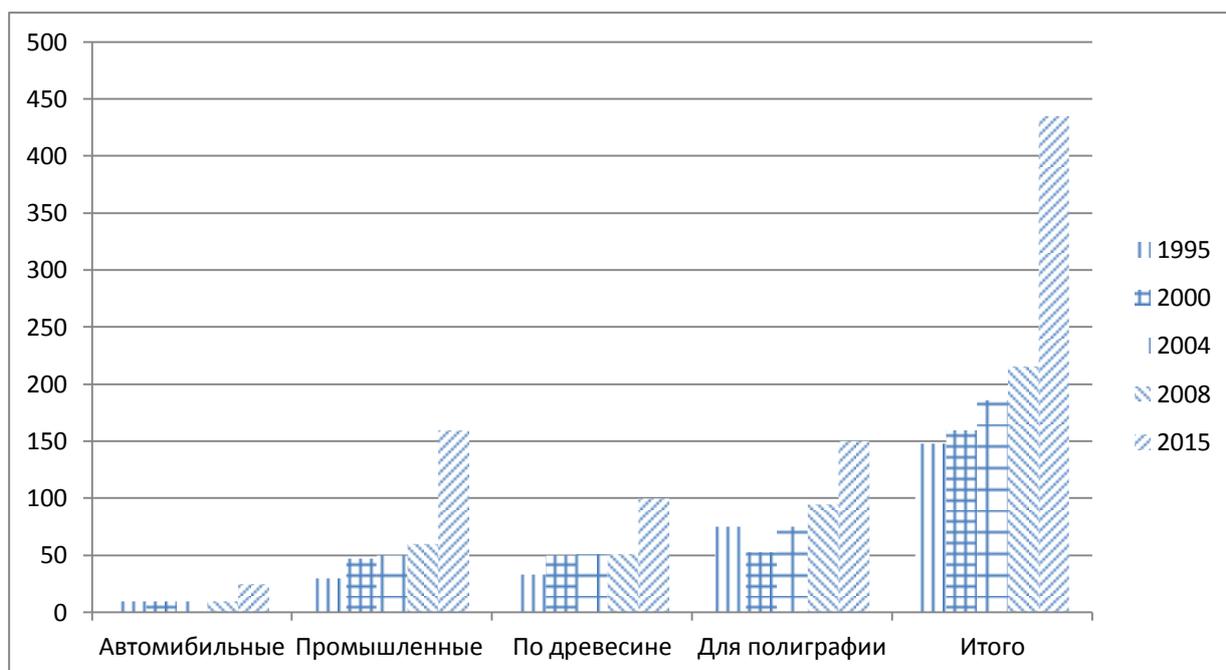


Рис. 1.2 Динамика мирового производства ЛКМ радиационного отверждения

Темпы прироста производства УФ-отверждаемых ЛКМ в 1995–2004 гг. составили 9 % в год, такими же они оставались вплоть до 2015 г. В настоящее время наибольшее количество этих материалов (около 80 %) относится к печатным краскам и промышленным ЛКМ. Интересно, что в автомобильной промышленности начало использования ЛКМ радиационного отверждения началось лишь в 2008 г., но при этом к 2015 г. потребление увеличилось более чем в 10 раз.

Европейский рынок ЛКМ радиационного отверждения сосредоточен в основном в западно-европейских странах, однако аналитики прогнозируют его заметное развитие в странах Восточной Европы, в том числе за счёт России и стран СНГ.

Западные эксперты в области лакокрасочной промышленности считают, что одним из главных путей развития отрасли, направленных на решение экологических проблем и ресурсосбережение, является производство и применение порошковых ЛКМ. В 2006 г. в мире произведено 1180 тыс. т порошковых ЛКМ, а к 2009 г., по прогнозам европейских аналитиков, спрос должен был увеличиться до 1390 тыс. т, однако европейский рынок порошковых ЛКМ практически насыщен и повышение мирового спроса на эти материалы предполагается главным образом в странах Азии и Восточной Европы, в том числе в России.

Потенциальным европейским рынком порошковых ЛКМ считают автомобильную промышленность: в 2004 г. объём порошковых материалов, используемых для окраски автомобильных деталей, составил в стоимостном выражении 100 млн дол.

Крупнейшей инновацией последних лет является использование европейскими производителями ЛКМ нанотехнологий – одного из наиболее значительных достижений техники XXI века, и их экономическое значение в лакокрасочной отрасли в дальнейшем будет всё больше возрастать.

Ниже приведена доля ЛКМ различного назначения, уже выпускаемых с применением нанотехнологий, %

Автомобильные конвейерные	11
Авторемонтные	8
Судовые	6
Антикоррозионные	8
Промышленные	9
Окраска древесины	10
Окраска металла	10
Окраска рулонного металла	8
Окраска пластмасс	8
Декоративные(архитектурные)	11
Для консервной тары	5
Порошковые	6

Лакокрасочная промышленность наряду с производством пластиков и косметических средств была в числе первых отраслей, использовавших нанодиоксид титана для фотокаталитических покрытий. Лидером в продвижении на рынок таких материалов является Германия. Фирма Millennium Chemicals первой начала выпускать ЛКМ с фотокаталитическим действием марки Escoraint, очищающие воздух от вредных примесей. Компания Sto (один из крупнейших производителей ЛКМ в Германии) в 2006 г. увеличила поставки ЛКМ для самоочищающихся покрытий («эффект лотоса») в Великобританию.

На заводах английской фирмы RittalRGS GmbH стали применять нанотехнологии при подготовке поверхности перед окраской. Новый метод подготовки поверхности Vonderite NT представляет собой нанокерамическое конверсионное покрытие, разработанное немецкой фирмой Henkel. Метод является альтернативой традиционно используемому железофосфатированию и полностью исключает процесс фосфатирования. Его основные преимущества: увеличение поверхности слоя при одновременном уменьшении толщины слоя, а также повышение адгезии и антикоррозионной защиты покрытия по сравнению с железофосфатированием. Кроме того, нанопокрывание не содержит токсичных тяжёлых металлов и органических компонентов, благодаря чему существенно улучшаются экологические характеристики производства, сокращаются расходы на утилизацию. Основные разработки выполнены в НИИ ЛКП совместно с кафедрой Инновационных материалов и защиты от коррозии РХТУ им. Д. И. Менделеева.

Эксперты также отмечают тенденцию к минимизации использования природных ресурсов. Так, американская фирма «Rohm and Haas», пытаясь сократить применение нефтехимического сырья для производства ЛКМ, провела

работы в сотрудничестве с учёными в области сельского хозяйства по синтезу полимеров, которые могут привести к уменьшению применения нефтехимического сырья для производства ЛКМ на 30 %.

Проводятся разработки по применению коалесцирующих агентов – производных биомасс с низким содержанием ЛОС. Американская компания DuPont планирует использование полимеров на основе биомасс для ремонта автомобилей ЛКМ.

В последние годы изменился взгляд на применение регенерированных ЛКМ, которые теперь рассматривают как ценные, имеющие право на жизнь материалы. Так, концерн Holz Environmental Services (США) ежегодно экспортирует около 100 тыс. л регенерированных латексных и органорастворимых ЛКМ в Малайзию, Мексику, Чили и Китай. После 15 лет экспериментов в Канаде начали продавать регенерированную краску под маркой «Бумеранг». В 2005 г. было продано 58 млн л ЛКМ различного типа.

Следует отметить большое внимание компаний и правительства зарубежных стран к инвестированию инновационных проектов. В частности, на Западе весьма значительны затраты на финансирование исследований в области нанотехнологий. По мнению экспертов, инвестиции в эти разработки обеспечат странам Западной Европы преимущество в 10–15 лет по сравнению с развивающимися странами и странами с переходной экономикой.

Исследовательская программа по обработке поверхности и окраске обсуждалась впервые на конференции, состоявшейся в 2006 г. в Дюссельдорфе (Германия). Программа рассматривала возможные тенденции и требования к технологиям окрашивания. Оценка проведённого опроса показала очевидные различия в потребностях разных отраслей промышленности. Так, например, в строительстве большой интерес проявлен к поверхностям с самоочисткой, в то время как в автомобильной и полиграфической отраслях основное внимание уделяется проблемам экологии, в электронной – технологии нанесения покрытий. Как показали дискуссии в Дюссельдорфе, очень большой потенциал для усовершенствований и инноваций находится в области окраски различных поверхностей.

В соответствии со стратегией развития инноваций в области «пэйнт-технологий» и управления инновационными процессами, принятой в начале 2000-х годов на совместном заседании Миннауки РФ и РХТУ им. Д. И. Менделеева, была перестроена структура предприятия и скорректированы направления работ «НИИ ЛКП» (Хотьково).

Институт, имеющий 50-летнюю историю, занимает стратегически важное место между производителями и потребителями ЛКМ. Институт занимается созданием технологий и оборудования для подготовки поверхности и окраски, блочно-модульных установок синтеза с реакторами индукционного обогрева, разработкой и производством ЛКМ для антикоррозионной защиты и

специального назначения, в том числе водных ЛКМ, позволяющих применять более совершенную, с точки зрения экологии, технологию окраски. «НИИ ЛКП» является единственной в России комплексной инновационной фирмой по всем направлениям создания лакокрасочных покрытий. Исследовательский институт имеет опыт проектирования и строительства лакокрасочных предприятий и окрасочных производств.

В Институте работает аккредитованная испытательная лаборатория, а также разрабатывается ряд стандартов. НИИ ЛКП возглавляет технический контроль по покрытиям и является координатором работ по подготовке технического регламента по лакокрасочной отрасли.

В настоящее время научные исследования, проводимые в НИИ ЛКП совместно с институтами РАН, отраслевыми институтами и вузами, позволяют разрабатывать системы эффективной защиты поверхностей нового поколения. Блочно-модульные схемы производства ЛКМ, новые металлонаполненные полиуретановые материалы, антисептирующие и необрастающие покрытия, инструментальные методы оценки качества обработки поверхности – далеко не полный перечень вклада отечественной отраслевой науки и развитие современных «пэйнт-технологий».

Институт ориентируется в основном на создание защитных антикоррозионных ЛКМ для окраски металла, а они всегда применяются в системе покрытий. Предлагает комплексный подход к проблеме получения лакокрасочных покрытий: с учётом конкретных условий заказчика разрабатываются системы покрытий, технологии их нанесения, изготавливаются материалы, обеспечиваются поставку оборудования, пусконаладочные работы и сервисное обслуживание. Сейчас работа над такими «сквозными» проектами занимает всё большее место, поэтому и организация работ в Институте строится по «матричному» принципу с переходом на проектное финансирование внутри подразделений Института аналогично инновационному проекту.

НИИ ЛКП работает с отечественными и зарубежными партнёрами. Такая организация работы финансирования невозможна без кооперации как в отношении НИОКР, так и при проектировании и изготовлении оборудования.

Также проводились работы с чешскими партнёрами. Было создано отделение Международного центра трансфера технологий в г. Остраве (Чехия) совместно с Остравским техническим университетом и швейцарской фирмой «КМС-Group» (на её базе), при участии РХТУ им. Д. И. Менделеева, НИИ ЛКП и других организаций в соответствии с программой работ по научно-техническому сотрудничеству двусторонней межправительственной комиссии «Чехия – Россия».

Конечно, инновационная деятельность невозможна без подготовки высококвалифицированных профессиональных кадров. В РХТУ им.

Д. И. Менделеева в январе 2007 г. открыта новая кафедра «Управление технологическими инновациями» для подготовки «инженеров-менеджеров» по специальности «менеджмент высоких технологий». Открыты филиалы в НИИ ЛКП и Чешской Республике. Студенты проходят в Институте практику, а сотрудники НИИ ЛКП являются целевыми студентами и аспирантами РХТУ и МГУИЭ (бывший МИХМ). Аналогичная кафедра открыта в VŠMIE (г. Прага).

НПО «Лакокраспокрытие» реализовало совместный контракт с фирмой Alta (г. Брно), Galatek (г. Ледеч над Сазовой) по реконструкции окрасочного цеха «Уралвагонзавода» (г. Нижний Тагил), крупнейшего в Европе.

Совместно с факультетом Машиностроения Остравского технического университета выполнен цикл работ (в рамках Межправительственного соглашения) по созданию технологий антикоррозионных покрытий труб и металлоконструкций на основе водных ЛКМ, модифицированных нанодобавками для улучшения экологических и потребительских свойств продукции. Сейчас готовятся промышленные испытания опытной партии на заводе Accellor-Mittal (г. Острава).

НИИ ЛКП совместно с РХТУ разработана совершенно новая технология химической подготовки поверхности на базе наноразмерных конверсионных силановых слоёв, которая, в отличие от традиционных (фосфатирования и хроматирования), позволила более чем в 2 раза сократить количество сточных вод и улучшить экономику всей стадии.

Сотрудничество с РХТУ им. Д. И. Менделеева позволило создать экспертную информационную интегрированную систему проектирования лакокрасочных и окрасочных производств, а на машиностроительном заводе НИИ ЛКП возможна реализация проектов.

Стратегия инновационного развития НИИ ЛКП позволила за последнее десятилетие в 15 раз увеличить реализацию инновационной продукции и освоить более 5,5 млн руб. (более 90 тыс. \$) в год на человека при сохранении численности работающих и увеличении зарплат в 15 раз, увеличив производительность труда в 20 раз. Кризис только приостановил развитие в 2008–2009 гг., но его влияние было успешно преодолено, так как удалось создать команду единомышленников во всех подразделениях предприятия, работающих на инновационных направлениях лакокрасочной отрасли.

Поскольку лакокрасочные материалы и покрытия непосредственно контактируют с человеком-потребителем окрашенной продукции, то, естественно, кроме повышенных потребительских свойств, они должны быть безопасны как при применении, так и в процессе эксплуатации. Практически все инновации в этой отрасли направлены на решение этих задач и, конечно, на энергоресурсосбережение.

1.2. Энергоресурсосберегающие лакокрасочные материалы

Надо отметить разработку НПО «Лакокраспокрытие» ассортимента энергосберегающего ЛКМ для защиты и декоративной окраски изделий в промышленном производстве. Это направление было характерно для предприятия ранее, и производство было создано практически заново. До 2005 г. выпускалось порядка 200 т, в основном эпоксидных материалов, а ныне за счёт оснащения новым оборудованием, частично изготовленным самостоятельно, мощность возросла до 2–3 тыс. т в год. Причём ассортимент разрабатывался в следующих направлениях:

- универсальные грунт-эмалевые композиции и грунтовки-модификаторы и преобразователи ржавчины, не требующие тщательной очистки от продуктов коррозии перед их нанесением и сочетающие одновременно три функции – преобразователя ржавчины, грунтовочного и покрывного материала. Это материалы на эпоксидной, уретановой и алкидно-уретановой основах (табл. 1.1)

Таблица 1.1

Универсальные грунт-эмалевые композиции и грунтовки-модификаторы и преобразователи ржавчины

ЛКМ	Время высыхания до степени 3 при температуре (20±2) °С, ч	Срок эксплуатации в условиях промышленной атмосферы УХЛ1 и ХЛ1, лет
Универсальная противокоррозионная композиция «Грэмируст»	Не более 10	Не менее 10
Антикоррозионная грунт-эмалевая композиция «Корника»	Не более 1	Не менее 10
Грунт – эмаль АУ-1-201	1	Не менее 9
Грунт – эмаль УР-1-202	Не более 6	Не менее 13
Грунтовка ЭП-0180	Не более 24	
Грунтовка ЭП- 0199	Не более 24	

- создание быстросохнущих ЛКМ с хорошим защитно-декоративными свойствами;

- разработка универсальных композиций, не требующих тщательной очистки поверхности от продуктов коррозии перед их нанесением, так как они сочетают в себе одновременно три функции: преобразователя ржавчины, грунтовочного и покрывного материала;

- разработка экологически безопасных водно-дисперсионных ЛКМ, в том числе для окрашивания металлических поверхностей.

Эти направления соответствуют изложенным в концепции «пэйнт-технологии» ещё в 2002 г., естественно согласуясь с требованиями сегодняшнего рынка и тенденциями его развития.

В НПО «Лакокраспокрытие» разработан ряд хорошо зарекомендовавших себя ЛКМ:

- полиуретановые и алкидно-уретановые ЛКМ, образующие покрытия с высокими декоративными и защитными свойствами для долговременной и надёжной защиты наружных поверхностей нефтебензиновых цистерн, хранилищ, резервуаров, нефтепромыслового оборудования, транспортных средств и других конструкций. Полиуретановые покрытия обладают отличными декоративными и физико-механическими свойствами, обеспечивают идеальный баланс между твёрдостью и эластичностью и сочетают в себе исключительную стойкость к растворителям, маслам и моющим средствам (табл. 1.2)

Таблица 1. 2

Лакокрасочные материалы, образующие покрытия с высокими защитно-декоративными свойствами

ЛКМ	Время высыхания до степени 3 при температуре (20±2) °С, ч	Срок эксплуатации в условиях промышленной атмосферы УХЛ1 и ХЛ1, лет
Алкидно-уретановый комплекс: Грунтовка АУ-0179 Эмаль АУ-1518	Не более 3 Не более 5	Не менее 8
Эмаль АУ-1518 Р	Не более 5	Не менее 8
Полиуретановый комплекс: 1. Грунтовка УР-0442 Эмаль УР-1524 2. Грунтовка цинконаполненная УР-0173 Эмаль УР-1524	Не более 3 Не более 6 Не более 3 Не более 6	Не менее 12 Не менее 13

Надо выделить разработку прозрачного антикоррозионного водного нанолака для окраски труб, обладающего высокими защитными свойствами, включая особенности морского климата, который был разработан и изготовлен по заявке наших чешских партнёров из Остравского региона Чехии и прошедшего испытания в Остравском техническом университете и на предприятии VITON s.r.o. (была поставлена опытно-промышленная партия 500 кг).

-ЛКМ специального назначения на основе эпоксидных, кремний-органических плёнкообразователей в агрегатных средах (табл. 1.3);

Таблица 1.3

Лакокрасочные материалы специального назначения

ЛКМ	Время высыхания до степени 3 при температуре (20±2) °С, ч	Назначение
Эмаль ЭП-5287	Не более 24	Покрытия устойчивы к растворам солей, кислот, щелочей, бензина, маслам, жидким нефтепродуктам
Эмаль ЭП-773	Не более 24	Грибкостойкий материал, покрытия устойчивы к воздействию агрессивных сред
Эмаль ЭП-1267 Эмаль ЭП-1267Э	Не более 1	Покрытия устойчивы к воздействию масла, бензина, нефтепродуктов; эмаль наносится на металл без предварительного грунтования
Эмаль ХП-7120	Не более 1	Покрытия устойчивы к растворам солей, кислот, щелочей; сохраняют защитные свойства во всех климатических зонах
Эмаль КО-8-160	Не более 2	Термостойкий материал, покрытия эксплуатируются в интервале температур от -60 до 450 °С
Эмаль «Декор»	Не более 5	Эмаль с молотковым эффектом, превосходно скрывает дефекты поверхности.

- экологически безопасные водно-дисперсионные ЛКМ для окрашивания чёрных и цветных металлов (табл. 1.4)

Таблица 1. 4

Экологически безопасные водно-дисперсионные лакокрасочные материалы

ЛКМ	Время высыхания до степени 3 при температуре (20±2) °С, ч	Срок эксплуатации в условиях промышленной атмосферы У1, лет
Грунтовка ВД-АК-0-150	Не более 1,5	5-10 в зависимости от толщины комплексного покрытия
Краска ВД-АК-1-172	Не более 1,5	

1.3. Принципы разработки современных систем лакокрасочных покрытий для антикоррозионной защиты металла

Наиболее распространённым и достаточно эффективным методом антикоррозионной защиты металла до сих пор остаётся применение лакокрасочных покрытий (ЛКП), которые не только защищают металлические поверхности от коррозионных разрушений, но и выполняют декоративную функцию.

Одним из основных показателей эффективности применения ЛКП является его долговечность — способность сохранения защитных свойств до предельного состояния. Долговечность покрытия определяется многими факторами, в том числе его физико-механическими и химическими свойствами, степенью подготовки поверхности перед окрашиванием, правильностью выбора системы ЛКП для конкретных условий эксплуатации. Статистические данные показывают, что срок службы ЛКП на 70 % зависит от качества подготовки поверхности перед окрашиванием, на 15 % — от правильности выбора системы ЛКП, на 10 % — от соблюдения технологии получения ЛКМ и лишь на 5 % от качества выбранного ЛКП.

Привлекательность противокоррозионной защиты с помощью ЛКП состоит в варьировании при выборе системы покрытия его эксплуатационных, технологических и экономических характеристик, позволяющих выбрать их оптимальное сочетание. Оптимальное применение ЛКП возможно лишь при глубоком понимании и учёте всех физико-химических и механических явлений, происходящих в лакокрасочной системе, как при её получении, так и в процессе эксплуатации.

ЛКП образуются в результате плёнообразования ЛКМ на окрашиваемой поверхности. ЛКП, согласно ГОСТ 9825, классифицируются по виду, роду плёнообразователя и преимущественному назначению. Как правило, ЛКП — это многослойное покрытие, состоящее из грунтовочных, промежуточных и покрывных слоев, называемое системой ЛКП. Каждый слой системы ЛКП — грунтовка, шпатлевка, эмаль, краска и лак — выполняет определенную функцию.

Сочетаемость каждого слоя в системе ЛКП определяет в целом срок службы покрытия. При неудовлетворительной сочетаемости слоев ЛКП при эксплуатации могут возникать такие виды разрушений, как растрескивание, пузырение, отслаивание, что приводит к появлению коррозионных разрушений и значительному снижению срока службы покрытия.

ОАО «НИИ ЛКП с ОМЗ Виктория» более 40 лет занимается исследованиями причин разрушения ЛКП, сочетаемостью различных видов ЛКМ в системе ЛКП, разработкой систем долговечных лакокрасочных покрытий и методами их исследований.

По химическому составу классификация ЛКМ производится по группам, приведенным в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Классификация ЛКМ по химическому составу

Полное название	Сокращение	Полное название	Сокращение
Алкидно-акриловые	АС	Перхлорвиниловые и поливинилхлоридные	ХВ
Алкидно-уретановые	АУ	Поливинилацетальные	ВЛ
Акрилуретановые, полиакриловые	АК	Полиуретановые, полиэфируретановые	УР
Битумные	БТ	Полиэфирные насыщенные	ПЛ
Глифталевые	ГФ	Полиэфирные ненасыщенные	ПЭ
Канифольные	КФ	На основе сополимеров винилхлорида	ХС
Каучуковые	КЧ	Фенольные	ФЛ
Кремнийорганические	КО	Фенолалкидные	ФА
Карбамидные	МЧ	Фторопластовые	ФП
Масляно- и алкидно-стирольные	МС	Хлорированные полиэтиленовые	ХП
Меламинные	МЛ	Эпоксидные	ЭП
Нитроцеллюлозные и нитроуретановые	НЦ	Эпоксистирольные и этилсиликатные	ЭС
Органосиликатные	ОС	Эпоксифирные	ЭФ
Пентафталевые	ПФ	Этрифталевые	ЭТ
Масляные	МА	Нефтеполимерные	НП

Разработан подход к выбору систем ЛКП, методики их исследований, система стандартов, позволяющая проводить научно обоснованный выбор системы ЛКП для любого вида металлических, пластмассовых, деревянных, бетонных и других изделий.

Наиболее достоверным способом оценки долговечности и сочетаемости всех слоёв системы ЛКП являются натуральные испытания. При исследовании характера разрушения ЛКП в естественных условиях были смоделированы и разработаны ускоренные методы испытаний, которые позволяют достаточно достоверно прогнозировать применение системы ЛКП в различных климатических условиях.

Методики ускоренных испытаний систем ЛКП для различных условий эксплуатации включены в ГОСТ 9.401-91, который является основополагающим стандартом по выбору систем ЛКП для различных видов изделий и условий эксплуатации.

В зависимости от преимущественного назначения ЛКМ, согласно ГОСТ 9.104 и ГОСТ 9.032, делятся на группы, приведённые в табл. 1.6

Таблица 1.6

Классификация ЛКМ в зависимости от преимущественного назначения

ЛКМ	Группа	Условия эксплуатации	Обозначение условий эксплуатации по ГОСТ 9.104
Атмосферостойкие	1	Климатические факторы	У1, УХЛ1, ХЛ1, Т1, О1, ОМ1, В1
Ограниченно-атмосферостойкие	2	Климатические факторы	У2, У3, УХЛ2, ХЛ2, УХЛ4, ХЛ2, ХЛ3, Т2, Т3, О2, О4, ОМ2, ОМ3, В2, В3, В4
Водостойкие	4	Пресная вода и ее пары	4/1
		Морская вода и ее пары	4/2
Специальные	5	Рентгеновские и другие виды излучений	5/1
		Глубокий холод	5/2
		Открытое пламя	5/3
		Воздействие биологических факторов	5/4
Маслобензостойкие	6	Минеральные масла и смазки	6/1
		Бензин, керосин и другие нефтепродукты	6/2
Химически стойкие	7	Агрессивные газы и пары	7/1
		Растворы кислот и кислых солей	7/2
		Растворы щелочей и основных солей	7/3
		Растворы нейтральных солей	7/4
Термостойкие	8	Температура выше 60 °С	8
Электроизоляционные и электропроводные	9	Электроизоляционные	9/1
		электропроводные	9/2

Известно, что 2/3 территории РФ занимает зона холодного климата, которая характеризуется резкой континентальностью, проявляющейся в больших суточных и годовых колебаниях температур и относительно малом количестве осадков. Для наиболее суровый в климатическом отношении центральной части зоны характерны сильные длительные морозы в зимнее время, резкие суточные колебания температуры воздуха в весеннее и летнее время, короткое, но жаркое лето. Поэтому при выборе ЛКП важную роль играет сочетаемость грунтовок и эмали, а также общая толщина покрытия. Характерными видами разрушений при неправильном выборе покрытий для данных условий являются понижение адгезии, отслаивание и растрескивание. При этом устойчивость защитных и физико-механических свойств комплексного покрытия в значительной степени зависит от правильности выбора грунтовок.

Ассортимент грунтовок, предназначенных для изделий, эксплуатирующихся в условиях холодного климата, весьма ограничен. Такие многотоннажных продукты, как ГФ-021, ФЛ-03К и другие алкидные грунтовки, не пригодны для окрашивания изделий, эксплуатирующихся в условиях холодного климата, так как обладают низкой эластичностью при отрицательных температурах. При низких температурах наблюдается растрескивание комплексных покрытий.

Не пригодны для эксплуатации в условиях холодного климата также покрытия на основе нитроцеллюлозных плёнообразователей. Хорошую устойчивость в этих условиях показывают полиуретановые и акриловые ЛКМ. В настоящее время отечественной промышленностью освоен выпуск новых модификаций полиуретановых и акриловых материалов – алкидно-уретановые и акрилуретановые материалы, которые также можно использовать для окрашивания изделий, эксплуатирующихся в условиях холодного климата.

Экспресс-методикой, позволяющей быстро и надёжно определять возможные сочетания ЛКМ в системе ЛКП, является определение адгезии ЛКП при $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, стандартизированной ГОСТ 9.401-91 как предварительной методики для оценки пригодности покрытия эксплуатироваться в условиях холодного климата. Если адгезия покрытия при $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже балла 3, покрытие не пригодно для эксплуатации в холодном климате.

В условиях воздействия повышенной влажности, в атмосфере, содержащей хлориды и сернистый газ, характерными видами разрушений при неудовлетворительной сочетаемости различных слоёв ЛКП является пузырение покрытия, которое в дальнейшем приводит к коррозии в результате проникновения коррозионноактивных загрязнений и влаги в межслойное пространство покрытия и к поверхности металла. Эффективной экспресс-методикой для выбора систем ЛКП для защиты изделий, предназначенных для эксплуатации в условиях повышенной влажности и воздействия агрессивных сред, например в условиях тропического климата, является методика оценки распространения коррозии от надреза при испытании в соляном тумане. Методика также стандартизирована ГОСТ 9.104-79 для определения пригодности покрытий к эксплуатации в условиях тропического и морского климата.

На основе результатов многолетних исследований по испытанию систем ЛКП разработан современный ассортимент систем ЛКП для различных видов поверхностей и условий эксплуатации, включённый в ГОСТ 9.104-79. Кроме того, собрана база данных по системам ЛКП и технологии их применения. Правильный выбор цвета покрытия определяет эстетический уровень производства, оказывает влияние на производительность труда, утомляемость обслуживающего персонала и качества выполняемой работы. В табл. 1.7 приведены данные по восприятию цвета человеком.

Восприятие цветов человеком

Цветовая гамма	Характеристика цветовых тонов								
	Теплые	Холодные	Легкие	Тяжелые	Отступающие	Выступающие	Возбуждающие	Угнетающие	Успокаивающие
Спектральные									
Красный	X			X		X	X		
Оранжевый	X					X	X		
Жёлтый	X		X			X	X		
Жёлто-зелёный		X		X					X
Зелёный		X							X
Зелёно-голубой		X	X		X				X
Голубой		X	X		X				X
Синий		X		X	X				
Фиолетовый		X		X	X			X	
Пурпурный	X			X		X	X		
Ахроматические									
Белый			X						
Светло-серый			X						
Тёмно-серый				X				X	
Чёрный				X				X	

Разработку современных систем ЛКП для антикоррозионной защиты изделий начинают с требований к декоративному виду и условиям эксплуатации. Общие требования к выбору ЛКП по декоративным свойствам для различных групп изделий (требования к цвету и цветовым сочетаниям, фактуре и блеску, классу покрытия изделий их комплектующих) устанавливаются ГОСТ 23852-79.

Фактура и блеск покровного слоя ЛКП зависит от рода плёнкообразующего вещества в ЛКМ и степени его наполнения. Обобщённые данные приведены в табл. 1.8.

Установлено, что минимально утомляют зрение и лучше всего способствует созданию благоприятной цветовой обстановки для работы жёлтый, оранжево-жёлтый, желтовато-зелёный, зеленовато-голубой, голубовато-зелёный и голубой цвета при насыщенности (степень разбавления спектрального цвета белым) 20 – 40 % и коэффициенте отражения окрашенных поверхностей 40 – 70 %.

**Зависимость фактуры и блеска в системе ЛКП
от рода плёнокообразующего вещества**

Тип плёнокообразователя	Гладкие однотонные						Гладкие рисунчатые		Рельефные шагрень	Рельефные муаровые
	Высокоглянцевые	Глянцевые	Полуглянцевые	Матовые	Полуматовые	Глубокоматовые	Глянцевые	Полуглянцевые	Полуматовые	Полуматовые и матовые
АС		X	X	X						
АУ		X	X							
АК	X			X						
БТ			X							
ГФ		X	X							
КФ				X						
КЧ			X							
КО			X	X	X					
МЧ	X	X	X	X	X					
МА										X
МС			X		X					
МЛ	X	X	X		X		X	X	X	
НЦ	X	X	X	X	X					
ОС				X						
ПФ	X	X	X	X	X					
ХВ			X	X	X	X				
ВЛ				X						
УР	X	X								
ПЭ	X	X	X							
ХС			X	X	X	X				
ФЛ		X	X							
ЭП		X	X	X	X					
ЭТ		X								

При однообразной монотонной работе помещения и оборудование следует окрашивать в более яркие цвета. При повышенной интенсивности труда, наличии шума, вибрации и неприятных запахов цвет помещения, оборудования и конструкций должен быть спокойным, мягким, например, светло-зелёным, светло-голубым. Основной зелёный или голубой цвет можно оттенить одним из активных цветов – ярко-жёлтым, ярко-красным, белым.

С целью предотвращения возможных случаев травматизма особое внимание должно быть обращено на окраску деталей и узлов, работа с которыми

требует большой осторожности. Такие части машин и агрегатов, как обода шкивов, спицы маховых колёс, ограждения передач и другие опасные места, следует выделять красным или красно-оранжевым цветом.

Высокоглянцевые и глянцевые покрытия формируются из акриловых, акрилуретановых, меламиноалкидных плёнообразователей; глянцевые и полуглянцевые – из алкидных, алкидно-уретановых, карбамидных, этрифталевых плёнообразователей. При использовании таких типов покрывных ЛКМ требуется высокая степень обработки поверхности (шероховатости $4 < R_z < 6,3$ мкм по ГОСТ 9.032-74), применение промежуточных грунтовок – выравнивателей, так как высокоглянцевые покрытия выявляют дефекты поверхности. Для поверхностей с шероховатостью $R_z < 10$ мкм рекомендуется использование полуглянцевых, полуматовых и матовых материалов, так как они скрывают неровности поверхности. Для поверхности с шероховатостью $20 < R_z < 80$ мкм применяют рисунчатые и рельефные («муаровые» и «шагрень») эмали. При шероховатости поверхности $80 < R_z < 500$ мкм для повышения класса покрытия в системе ЛКП следует применять шпатлёвки. Таким образом, выбор системы ЛКП в первую очередь определяется требуемым классом покрытия.

Как было отмечено выше, основное назначение ЛКП – защита поверхности от разрушений под действием внешних воздействий (атмосферных факторов и коррозионно-активных сред). На выбор системы покрытия влияют тип окрашиваемой поверхности и условия эксплуатации изделия.

В зависимости от условий эксплуатации выбирают тип и марку покровного ЛКМ (табл. 1.5 и 1.6). Марочный ассортимент покровных ЛКМ в настоящее время насчитывает более 2500 наименований, что, с одной стороны, расширяет возможности обеспечения заданных свойств покрытий, а с другой, затрудняет их выбор и эффективное применение. Устойчивость ЛКП в первую очередь обусловлена свойствами плёнообразующего вещества ЛКМ. Атмосферостойкость покрытий в условиях умеренного климата в зависимости от типа плёнообразователя составляет от 2 до 15 лет. Алкидные ЛКМ обеспечивают срок службы 2 – 4 года, карбамидные и меламиноалкидные – до 5 лет, уретановые, эпоксидные и акриловые – до 8 лет. Покрытия на основе модифицированных материалов характеризуются более длительным сроком службы: алкидно-уретановые – до 8 лет, акрилуретановые, эпоксифирные – до 10 – 15 лет.

При выборе ЛКП для условий холодного климата необходимо особое внимание уделять их морозостойкости. Под морозостойкостью понимают способность покрытий сохранять механические свойства при низких температурах. Морозостойкость характеризуется температурой, ниже которой покрытие становится непригодным к эксплуатации. Удовлетворительной морозостойкостью обладают покрытия на основе алкидно-акриловых,

акриловых, акрилуретановых, уретановых, карбамидных, меламинных, эпоксидных, эпоксиэфирных плёнообразователей.

При выборе водостойких покрытий, в том числе для эксплуатации в условиях морского и тропического климата, следует учитывать, что адсорбция влаги зависит от плотности упаковки молекул, степени сшивки и наличия гидрофильных групп (ОН-, СООН-, -СО), степени насыщенности основной цепи. Полимеры с разветвлённой структурой, имеющие большие межмолекулярные полости и малую степень сшивки, ненасыщенные полимеры и полимеры, содержащие большое количество гидрофильных групп, обладают повышенным влагопоглощением.

Полимеры, содержащие только такие группы, как CH_2 , CH_3 , C_6H_5 , CN_2 - влагостойкие. К ним относятся полиэтилен, фторопласт и другие материалы. Полярные полимеры (например поливинилхлорид), имеющие угол смачивания $65-75^\circ$ и неразветвлённую структуру, также обладают низким влагопоглощением. Некоторые покрытия, например на основе масляных ЛКМ, набухают в воде, но не пропускают её. Другие, например, нитроцеллюлозные, наоборот, практически не набухая, легко пропускают воду. Степень водопоглощения повышается с увеличением содержания в плёнообразователе гидроксильных и других полярных групп.

Противокоррозионные свойства ЛКП, применяемые для защиты от воздействия различных химических сред, определяются главным образом природой и химической стойкостью плёнообразователя, его проницаемостью и адгезией к защищаемой поверхности. Существенно сказываются на стойкости покрытия и другие факторы: химическая активность агрессивной среды, её растворимость в полимере, скорость диффузии и температура.

Повышенной химической стойкостью обладают полимеры, звенья которых не содержат реакционноспособных функциональных групп (непредельных связей, пероксидных, омыляющихся гидроксильных групп, галогенов); имеющие регулярную структуру; не содержащие металлов переменной валентности. Химически стойкие ЛКП не должны растворяться, набухать и химически взаимодействовать с агрессивной средой; должны быть непроницаемыми для неё и сохранять адгезионную связь с подложкой. Однако совокупности этих факторов практически не удаётся достичь.

Практика показывает, что химические системы ЛКП образуют ЛКМ на основе эпоксидных, уретановых, поливинилхлоридных и полиэтиленхлоридных плёнообразователей.

Повышенная температура эксплуатации может вызвать в ЛКП следующие изменения: пожелтение нестойких к нагреванию пигментов или пленкообразователей; разрывы и расслоения толстого слоя покрытия из-за разности коэффициентов расширения различных слоев в системе ЛКП; разрушение структуры из-за нарушения химического состава

пленкообразователя. Наиболее часто используемые в промышленности ЛКП имеют следующую термостойкость: полиуретановые – 140 °С; полиакриловые – 180 °С; алкидные – 230 °С; эпоксидные – 250 °С; фторсодержащие – 290 °С; кремнийорганические – более 300 °С.

В табл. 1.9 приведены обобщенные данные по применению ЛКМ на основе различных пленкообразователей в зависимости от условий эксплуатации покрытий по ГОСТ 9.104-79.

Таблица 1.9

Применение ЛКМ на основе различных пленкообразователей в различных условиях по ГОСТ 9.104-79

Тип плёнкообразователя	Условия эксплуатации по ГОСТ 9.104-79									
	У1	У2, У3, УХЛ4	УХЛ1, ХЛ1	УХЛ, УХЛ2, ХЛ2, ХЛ3	Т1	Т2, Т3, О4	ОМ1	ОМ2, ОМ3	В1	В3, В4
УЛ	X	X	X							
АК	X		X		X	X	X			
БТ	X	X								
ГФ	X	X		X		X				X
КФ	X									
КЧ	X	X								
КО	X		X	X	X		X		X	
МЧ	X		X	X						
МА	X	X			X					
МС	X	X			X					
МЛ	X				X		X			
НЦ	X	X				X				
ОС	X		X		X		X	X	X	
ПФ	X	X	X		X	X	X		X	X
ХВ	X		X	X	X	X	X	X	X	X
ВЛ		X		X		X		X		
УР	X		X		X		X		X	
ПЛ	X		X		X					
ПЭ	X	X	X		X	X	X			
ХС	X		X	X		X	X	X		X
ФЛ	X	X			X	X				
ФА	X		X							
ФП			X		X					
ХП	X		X		X		X		X	
ЭП	X	X		X		X		X		X
ЭС	X	X	X	X	X		X		X	X
ЭФ	X	X		X		X		X		
ЭТ	X		X		X					

Двигатели различных приборов и агрегатов, автомобилей, компрессоров и другого оборудования в процессе работы соприкасаются с нефтепродуктами: топливом, моторным и трансформаторным маслом, антифрикционными смазками. Проникновение кислорода к металлической поверхности вызывает химическую коррозию. Практикой установлено, что обычные минеральные масла пропускают водяные пары в количествах, вполне достаточных для интенсивного коррозионного процесса в металле. В масле содержится больше кислорода, чем в воде: коэффициент растворимости кислорода для масел в 4–5 раз выше, чем для воды. Маслостойкие покрытия можно получить на основе нескольких групп ЛКМ. Наиболее широкое применение нашли ЛКП на основе фенолформальдегидных, карбамидных, меламинных, поливинилацетальных, алкидных и эпоксидных плёнкообразователей.

В табл. 1.10 приведены обобщенные данные по применению ЛКМ на основе различных пленкообразователей в зависимости от условий эксплуатации покрытий по ГОСТ 9.032-74.

Таблица 1.10

Применение ЛКМ на основе различных пленкообразователей в различных условиях эксплуатации

Тип плёнкообразователя	Условия эксплуатации по ГОСТ 9.032-74													
	4/1	4/2	5/1	5/3	5/4	6/1	6/2	7/1	7/2	7/3	7/4	8	9/1	9/2
АС	X					X	X							
АК	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	
БТ														
ГФ						X	X	X	X	X	X	X	X	
КО	X	X				X	X				X	X	X	
МС		X												
МЛ						X	X					X		
ОС												X		
ПФ	X	X				X	X					X		
ХВ	X	X		X		X	X	X	X	X	X			
ВЛ	X	X				X	X	X	X	X	X		X	
УР	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	
ПЭ													X	
ХС	X	X			X	X	X	X	X	X	X			
ФЛ	X	X				X	X	X	X	X	X			
ФА	X					X	X					X		
ФП	X	X				X	X	X	X	X				
ХП	X							X	X	X	X			
ЭП	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
ЭС	X	X				X	X				X	X		
ЭФ	X					X	X							

Ассортимент грунтовок для стали и чугуна достаточно разнообразен. Для оцинкованной стали и алюминия применять акриловые, уретановые, эпоксидные грунтовки. Весьма ограничен ассортимент грунтовок для коррозионностойкой стали, медных, магниевых и титановых сплавов. Универсальными грунтовками для всех типов металла является акриловая АК-070 и поливинилбутиральная ВЛ-02. Последняя является фосфатирующей при подготовке поверхности перед окрашиванием. Высокой адгезией к различным металлическим поверхностям обладают эпоксидные грунтовки. На основе эпоксидных плёнообразователей для прокорродировавших поверхностей созданы и выпускаются отечественной промышленностью так называемые модификаторы ржавчины. Большинство эпоксидных модификаторов ржавчины было разработано и производится ОАО «НИИ ЛКП с ОМЗ «Виктория».

Выбору антикоррозионной грунтовки в системе ЛКП следует уделять особое внимание, так как именно она определяет характер взаимодействия ЛКП с поверхностью металла. Данные по применению грунтовок для различных видов металлов приведены в табл. 1.11.

Таблица 1.11

Применение грунтовок для различных видов металлов

Род плёнообразующего вещества	Область применения материала								
	Сталь, чугун	Сталь				Сплавы			
		Окислительная	Коррозионно-стойкая	Оцинкованная	Кадмированная	Алюминиевые	Медные	Магниевые	Титановые
АУ	X								
АК	X		X	X	X	X	Н	X	X
ГФ	X		X	X		X	X		
КФ	X			X		X			
КЧ	X	X							
КО	X					X			
МС	X								
МЛ	X			X		X			
ПФ	X		X	X		X			
ХВ	X			X					
ВЛ	X		X	X	X	X	X	X	X
УР	X			X					
ПЛ	X								
ПЭ	X			X		X			
ХС	X								
ФЛ	X			X		X	X	X	X
ЭП	X	X	X	X	X	X	X	X	
ЭФ	X		X	X	X	X	X	X	X

Основными типами ЛКМ, применяемых для защиты нефтепромыслового оборудования, являются двухкомпонентные эпоксидные или эпоксикаменноугольные эмали и грунтовки с различным сухим остатком или без растворителей, фенольно-эпоксидные композиции.

Марочный ассортимент современных систем ЛКП по состоянию на 2005 г. приведён в изменении №2 ГОСТ 9.401-91 «ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов». Приказом № 27-СТ от 01.03.07 г. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, этот стандарт в изменении № 2 введён в действие с 01.01.2008 г. В стандарт включено около 210 наименований покрывных и 150 наименований грунтовочных ЛКМ для защиты различных видов металлической поверхности, а также современные системы ЛКП на их основе практически для любых изделий и условий эксплуатации.

Глава 2. УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Предметом (объектом) проектирования промышленного предприятия наряду с выбором места размещения производства и типа застройки являются производственные процессы, включая процессы материально-технического обеспечения, а также необходимые вспомогательные производственные процессы. Процесс проектирования промышленного предприятия представляет собой инвестиционный процесс, главным содержанием которого является выработка экономических решений, касающихся производственных процессов, и их рациональное воплощение.

Инновационный проект – комплекс направленных на достижение экономического эффекта мероприятий по осуществлению инноваций, в том числе по коммерциализации научных и (или) научно-технических результатов. **Инновации** – введённый в употребление новый или значительно улучшенный продукт (товар, услуга) или процесс, новый метод продаж или новый организационный метод в деловой практике, организации рабочих мест или во внешних связях.

Коммерциализация – деятельность по вовлечению в экономический оборот научных и (или) научно-технических результатов. (Федеральный закон № 254-ФЗ от 21 июля 2011 года).

Проект промышленного объекта в полном объеме представляет собой проект капитального строительства промышленного предприятия – **мультипроект**, состоящий из множества **монопроектов**, в ходе выполнения которых решаются локальные задачи проектирования (технологический проект, монтажный проект, проект застройки, экологический проект, проект обеспечения ресурсами и т.д.). Каждый из монопроектов занимает своё место в мультипроекте и характеризуется заданным объемом и структурой входных данных и заданной формой и структурой выходного документа. При управлении мультипроектом используется методология системного анализа и принципы моделирования бизнес-процессов.

Мультипроект капитального строительства предприятия нефтегазохимического комплекса (НГХК) представляет собой комплексный документ, состав и содержание разделов которого определены постановлением Правительства РФ от 16 февраля 2008 года № 87 (с изменениями на 23 января 2016 года). Составление проектной документации – итерационный процесс последовательного выполнения монопроектов.

Бизнес-процесс представляет собой систему последовательных, целенаправленных и регламентированных видов деятельности, в которой посредством управляющего воздействия и с помощью ресурсов входы процесса преобразуются в выходы – результаты процесса, представляющие ценность для потребителей.

Ключевыми свойствами бизнес-процесса является то, что это конечная и взаимосвязанная совокупность действий, определяемая отношениями, мотивами, ограничениями и ресурсами внутри конечного множества субъектов и объектов, объединяющихся в систему в интересах деятельности организации с целью получения результата, отчуждаемого или потребляемого самой системой.

В соответствии с принципами системного анализа **система** – объект, взаимодействующий с внешней средой и обладающий сложным внутренним строением. Элемент системы – самостоятельная и условно неделимая единица со своей системой взаимодействия с другими элементами. **Подсистема** – часть системы, которая может функционировать автономно и сама обладает системными свойствами. Декомпозиция – процедура разбиения системы на подсистемы. В химической технологии элементы – это химико-технологические процессы, в которых происходит изменение материальных или энергетических потоков (разделение, смешение, теплообмен, химические превращения и т.д.).

Состав и требования к содержанию 12 разделов проектной документации на объекты капитального строительства производственного и непромышленного назначения определены постановлением № 87.

2.1. Пояснительная записка к проекту НГХК

В разделе определяются:

- обоснование для создания предприятия (постановление или задание на проектирование);
 - исходные данные на проектирование (инженерные изыскания и план земельного участка, правовые акты и собственность, дополнительные условия, например, снос);
 - сведения о функциональном назначении объекта, характеристика производства, номенклатура выпускаемой продукции;
 - сведения о потребности объекта в топливе, газе, воде и электрической энергии (без учёта производственных потребностей);
 - данные о проектной мощности;
 - сведения о сырьевой базе, потребности в воде и топливно-энергетических ресурсах (для производства);
 - сведения о комплексном использовании сырья, вторичных энергоресурсов и отходов производства;
 - сведения об использовании в проекте изобретений и результаты патентных исследований;
 - технико-экономические показатели проектируемого объекта;
 - сведения о наличии специальных технических условий объекта строительства (технологические и организационные ограничения, этапы строительства, условия контроля и т.д.);
 - сведения о компьютерных программах, используемых в проекте.

В пояснительной записке раздела содержится исходная информация для проектируемого объекта в форме технического задания или технико-экономического обоснования. При формировании документа используются процедуры, предусмотренные разделом 11 "Смета на сооружение объектов капитального строительства".

2.2. Схема планировочной организации земельного участка

В разделе определяются:

- обоснование планировочных решений и границ земельного участка;
- технико-экономические показатели земельного участка;
- зонирование территории;
- обоснование схем транспортных коммуникаций;
- характеристика и технические показатели транспортных коммуникаций

Данные раздела – исходная информация для проектируемого объекта в форме разделов технического задания. Используются как заданные параметры, но возможно решение логистических и транспортных задач в соответствии с данными раздела 1 (в первую очередь информация о технологии, продукте, сырье и производственных ресурсах).

2.3. Архитектурные решения

В разделе содержится:

- обоснование объемно-планировочных и архитектурных решений;
- описание архитектурных и композиционных приемов;
- описание решений по отделке помещений и по фасадным работам;
- в графической части отображение фасадов и поэтажных планов, цветовые решения.

В данном разделе содержится исходная информация для проектируемого объекта в форме классификаций технического задания. Особого внимания заслуживает пункт по обоснованию объемно-планировочных решений, необходимых при компоновке оборудования в монтажном проектировании.

2.4. Конструктивные и объёмно-планировочные решения

В разделе определяются:

- сведения о топографических, инженерно-геологических, гидрогеологических, метеорологических и климатических условиях;
- сведения о характеристиках грунта (прочностных и деформационных);
- сведения об уровнях грунтовых вод;
- описание и обоснование конструктивных решений зданий и сооружений (пространственные схемы);
- описание и обоснование технических решений, обеспечивающих необходимую прочность и устойчивость сооружений и отдельных конструктивных элементов (материалы);
- описание объемно-планировочных решений, компоновки цехов и сооружений;
- обоснование проектных решений, обеспечивающих теплозащиту и удаление излишков тепла, защиту от шума и вибраций, гидроизоляцию, защиту от загрязнений.

В графической части проекта (необходимая часть для изучаемых разделов проектирования) должны присутствовать: поэтажные планы зданий и чертежи фрагментов планов и разрезов, требующих детального изображения.

Данные в разделе содержат исходную информацию для технологического проектирования, получение которой происходит с использованием нормативных документов. Однако некоторые задачи могут быть окончательно решены после анализа технологии с использованием экспертных систем (компоновка, прочностные оценки, технические решения по защите сооружений).

2.5. Сведения об инженерном оборудовании

Основной раздел для промышленных объектов НГХК, так как в нём определяется технологическое решение как основной элемент производства. Все части раздела могут задаваться как постоянная информация и определяться с использованием вычислительных процедур или моделей представления знаний (модели ХТС). Раздел состоит из 7 подразделов, выполнение которых не обязательно совпадает с их последовательностью в данном документе (первичным может считаться подраздел "Технологические решения", определяющий содержание остальных подразделов). Обязательно использование информации раздела 11 "Смета на строительство объектов капитального строительства".

2.5.1 Энергоснабжение

Подраздел содержит:

- характеристику источников электроснабжения в соответствии с техническими условиями на подключение;
- обоснование принятой схемы электроснабжения, данные о количестве энергоприёмников и их установленной и расчётной мощности;
- оценку условий энергоснабжения в аварийных режимах, резервирование и анализ надёжности;
- условия ремонта и обслуживания источников электроснабжения;
- мероприятия по экономии электроэнергии (с экономическими оценками).

В графической части подраздела принципиальная схема электроснабжения.

Данные подраздела получены в результате анализа нормативных документов (база данных) или с помощью вычислительных и логических процедур в зависимости от технологических решений ХТС (подчёркнутые

параметры), а также только с использованием расчётных процедур и информации раздела 11.

2.5.2 Система водоснабжения

Подраздел содержит:

- сведения о существующих и проектируемых источниках водоснабжения;
- описание системы водоснабжения,
- расчёт водопотребления с учётом характеристик потребляемой воды;
- данные о трубопроводной системе, включающие данные о материале труб, использовании насосного оборудования и балансу водопотребления;
- мероприятия по рациональному использованию водных ресурсов.

В графической части должна быть принципиальная схема системы водоснабжения.

Данные подраздела получены или в виде исходных данных или путём анализа нормативных документов с возможностью использования процедур интеллектуального анализа данных в зависимости от технологических решений ХТС (подчёркнутые параметры), а также только с использованием расчётных данных и информации раздела 11.

2.5.3 Система водоотведения

Подраздел содержит:

- информацию о системах канализации, водоотведения и станциях очистки сточных вод;
- обоснование систем сбора и отвода сточных вод, объём и концентрации сточных вод;
- описание систем водоотведения;
- сведения о потребностях в водоотведении;
- информацию о способах очистки, применяемых реагентах, оборудования и аппаратуры.

В графической части – принципиальные схемы системы водоотведения и канализации.

Данные подраздела получены или в виде исходных данных или путем анализа нормативных документов с возможностью использования процедур интеллектуального анализа данных в зависимости от технологических решений ХТС (подчёркнутые параметры), а также только с использованием информации раздела 11.

2.5.4. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети

Подраздел содержит:

- сведения о климатических и метеорологических условиях района строительства;
- сведения об источниках теплоснабжения, параметрах теплоносителей;
- информацию о трубопроводах теплоснабжения от точки присоединения к сетям общего пользования до объекта строительства;
- сведения о тепловых нагрузках на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение;
- сведения о потребностях в паре;
- информацию об оптимальном размещении отопительного оборудования, данные о воздуховодах;
- обоснование оптимальной трассировки воздуховодов вентиляционных систем;
- описание технических решений для обеспечения надёжности систем;
- описание систем автоматизации;
- обоснование систем очистки воздуха от газов и пыли.

Данные подраздела в основном задаются как исходные данные и некоторые параметры могут быть получены путём анализа нормативных документов с возможностью использования процедур интеллектуального анализа данных в зависимости от технологических решений ХТС. Присутствует технико-экономический анализ.

2.5.5 Сети связи

Подраздел содержит:

- сведения об организации сети связи объекта капитального строительства;
- перечень мероприятий по использованию сети связи;
- характеристику и обоснование принятых технических решений в отношении технологических сетей связи, предназначенных для обеспечения производственной деятельности, управления технологическими процессами производства, системы мониторинга;
- характеристику принятой локальной вычислительной сети;
- принципы защиты информации.

В графической части приводится схема сетей связи проектируемого объекта.

Данные подраздела содержат исходную информацию для организации сети связи и информацию, полученную путём анализа технологических процессов для систем автоматизации и локальной вычислительной сети.

2.5.6 Система газоснабжения

Подраздел содержит:

- характеристику источников газоснабжения и разрешение на их использование;
- сведения о типе и количестве установок, потребляющих топливо;
- сведения о балансе газопотребления проектируемого производства;
- описание технических решений по обеспечению учёта и контроля газа, используемого для выработки тепловой и электрической энергии;
- описание способов контроля температуры и состава продуктов сгорания газа;
- сведения о мерах обеспечения безопасности и резервировании топливного хозяйства.

В графической части приводится план расположения производственных объектов и газоиспользующего оборудования с указанием объёмов используемого газа.

Данные подраздела в основном содержат исходную информацию для системы газоснабжения предприятия и информацию, полученную путём анализа технологических процессов, использующих газ как ресурс. Присутствует технико-экономический анализ.

2.5.7 Технологические решения

Подраздел содержит:

- сведения о производственной программе и номенклатуре продукции, характеристику принятой технологической схемы производства в целом и характеристику отдельных параметров технологического процесса, требования к организации производства, данные о трудоёмкости изготовления продукции;
- обоснование потребности в основных видах ресурсов для технологических нужд;
- описание источников поступления сырья и материалов;
- описание требований к параметрам и качественным характеристикам продукции;

- обоснование показателей и характеристик (на основе сравнительного анализа) принятых технологических процессов и оборудования;
- обоснование количества и типов вспомогательного оборудования, в том числе грузоподъемного оборудования, транспортных средств и механизмов;
- перечень мероприятий по обеспечению выполнения требований, предъявляемых к техническим устройствам, оборудованию, зданиям, строениям и сооружениям на опасных производственных объектах;
- сведения о расчётной численности, профессионально-квалификационном составе работников с распределением по группам производственных процессов, числе рабочих мест и их оснащённости;
- перечень мероприятий, обеспечивающих соблюдение требований по охране труда при эксплуатации производственных и непромышленных объектов капитального строительства;
- описание автоматизированных систем, используемых в производственном процессе;
- результаты расчётов о количестве и составе вредных выбросов в атмосферу и сбросов в водные источники (по отдельным цехам, производственным сооружениям);
- перечень мероприятий по предотвращению (сокращению) выбросов и сбросов вредных веществ в окружающую среду;
- сведения о виде, составе и планируемом объеме отходов производства, подлежащих утилизации и захоронению, с указанием класса опасности отходов;
- описание и обоснование проектных решений, направленных на соблюдение требований технологических регламентов;
- описание мероприятий для защиты объектов от террористической и другой внешней опасности, обеспечение транспортной безопасности.

В графической части содержатся :

- принципиальные схемы технологических процессов от места поступления сырья и материалов до выпуска готовой продукции;
- технологические планировки по корпусам (цехам) с указанием мест размещения основного технологического оборудования, транспортных средств, мест контроля количества и качества сырья и готовой продукции и других мест;
- схема грузопотоков (при необходимости) – для объектов производственного назначения.

Данные подраздела в основном являются результатом анализа проектируемой ХТС при выполнении которого используются логико-математические модели бизнес-процессов ХТС с обязательным технико-экономическим анализом (информация раздела 11). Информация раздела используется в виде основных исходных данных для других разделов проекта предприятия НГХК.

2.6. Организация строительства

Раздел содержит:

- характеристику района по месту расположения объекта капитального строительства и условий строительства;
- оценку развития транспортной инфраструктуры;
- сведения о возможности использования местной рабочей силы при осуществлении строительства;
- перечень мероприятий по привлечению для осуществления строительства квалифицированных специалистов, в том числе для выполнения работ вахтовым методом;
- описание особенностей проведения работ (коммуникации, застройка и т.д.);
- обоснование принятой организационно-технологической схемы, определяющей последовательность возведения зданий и сооружений, инженерных и транспортных коммуникаций, обеспечивающей соблюдение установленных в календарном плане строительства сроков завершения строительства (его этапов);
- перечень видов строительных и монтажных работ, ответственных конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения, подлежащих освидетельствованию с составлением соответствующих актов приёмки перед производством последующих работ и устройством последующих конструкций;
- технологическую последовательность работ при возведении объектов капитального строительства или их отдельных элементов;
- обоснование потребности строительства в кадрах, основных строительных машинах, механизмах, транспортных средствах, в топливе и горюче-смазочных материалах, а также в электрической энергии, паре, воде, временных зданиях и сооружениях;
- обоснование размеров и оснащения площадок для складирования материалов, конструкций, оборудования, укрупнённых модулей и стендов для их сборки. Решения по перемещению тяжеловесного негабаритного оборудования, укрупнённых модулей и строительных конструкций;
- предложения по обеспечению контроля качества строительных и монтажных работ, а также поставляемых на площадку и монтируемых оборудования, конструкций и материалов, организации службы геодезического и лабораторного контроля;
- перечень мероприятий и проектных решений по определению технических средств и методов работы, обеспечивающих выполнение нормативных требований охраны труда;

– описание проектных решений и мероприятий по охране окружающей среды в период строительства;

– описание проектных решений и мероприятий по охране объектов в период строительства (подпункт дополнительно включен с 24 мая 2011 года постановлением Правительства Российской Федерации от 15 февраля 2011 года №73);

– обоснование принятой продолжительности строительства объекта капитального строительства и его отдельных этапов;

В графической части представлен календарный план строительства, включая подготовительный период (сроки и последовательность строительства основных и вспомогательных зданий и сооружений, выделение этапов строительства).

2.7. Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства

Раздел составляется при необходимости сноса (демонтажа) объекта или части объекта капитального строительства.

2.8. Перечень мероприятий по охране окружающей среды

Раздел содержит:

– результаты оценки воздействия объекта капитального строительства на окружающую среду;

– перечень мероприятий по предотвращению и (или) снижению возможного негативного воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду и рациональному использованию природных ресурсов на период строительства и эксплуатации объекта капитального строительства, включающий:

– результаты расчётов приземных концентраций загрязняющих веществ, анализ и предложения по предельно допустимым и временно согласованным выбросам;

– обоснование решений по очистке сточных вод и утилизации обезвреженных элементов, по предотвращению аварийных сбросов сточных вод;

– мероприятия по охране атмосферного воздуха;

– мероприятия по оборотному водоснабжению;

– мероприятия по охране и рациональному использованию земельных ресурсов и почвенного покрова, в том числе мероприятия по рекультивации нарушенных или загрязнённых земельных участков и почвенного покрова;

- мероприятия по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке и размещению опасных отходов;
- мероприятия по охране недр;
- мероприятия по минимизации возникновения возможных аварийных ситуаций на объекте капитального строительства и последствий их воздействия на экосистему региона;
- программу производственного экологического контроля (мониторинга) за характером изменения всех компонентов экосистемы при строительстве и эксплуатации объекта, а также при авариях;
- перечень и расчёт затрат на реализацию природоохранных мероприятий и компенсационных выплат.

В графической части представлены:

- ситуационный план (карта-схема) района строительства с указанием на нём границ земельного участка, предоставленного для размещения объекта капитального строительства, границ санитарно-защитной зоны, селитебной территории, рекреационных зон, водоохраных зон, зон охраны источников питьевого водоснабжения, мест обитания животных и растений, занесённых в Красную книгу Российской Федерации и красные книги субъектов Российской Федерации, а также мест нахождения расчётных точек;
- карты-схемы и сводные таблицы с результатами расчетов загрязнения атмосферы при неблагоприятных погодных условиях и выбросов по веществам с суммирующимися вредными воздействиями.

2.9. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Раздел должен содержать описание системы обеспечения пожарной безопасности объекта капитального строительства.

2.10. Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов

Раздел должен содержать:

- перечень мероприятий по обеспечению доступа инвалидов к объектам капитального строительства.

2.10.1. Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащённости зданий, строений и сооружений приборами учёта используемых энергетических ресурсов

Подраздел должен содержать:

– перечень мероприятий по обеспечению соблюдения установленных требований энергетической эффективности, включающих: показатели, характеризующие удельную величину расхода энергетических ресурсов в здании, строении и сооружении;

– требования к архитектурным, функционально-технологическим, конструктивным и инженерно-техническим решениям, влияющим на энергетическую эффективность зданий, строений и сооружений;

– обоснование выбора оптимальных архитектурных, функционально-технологических, конструктивных и инженерно-технических решений и их надлежащей реализации при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта с целью обеспечения соответствия зданий, строений и сооружений требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащённости их приборами учёта используемых энергетических ресурсов;

– перечень требований энергетической эффективности, которым здание, строение и сооружение должны соответствовать при вводе в эксплуатацию и в процессе эксплуатации, и сроки, в течение которых в процессе эксплуатации должно быть обеспечено выполнение указанных требований энергетической эффективности.

2.11. Смета на сооружение объектов капитального строительства

Раздел должен содержать текстовую часть в составе пояснительной записки для сметной документации и сметную документацию.

Пояснительная записка к сметной документации должна содержать следующую информацию:

- а): сведения о месте расположения объекта капитального строительства;
- б) перечень сборников и каталогов сметных нормативов, принятых для составления сметной документации на строительство;
- в) наименование подрядной организации (при наличии);
- г) обоснование особенностей определения сметной стоимости строительных работ для объекта капитального строительства;
- д): прочие: сведения о порядке определения сметной стоимости строительства объекта капитального строительства, характерные для него.

Сметная документация должна содержать сводку затрат, сводный сметный расчёт стоимости строительства, объектные и локальные сметные расчёты (сметы), сметные расчёты на отдельные виды затрат.

Сводный сметный расчёт стоимости строительства составляется с распределением средств по следующим пунктам:

- подготовка территории строительства;
- основные объекты строительства;

- объекты подсобного и обслуживающего назначения;
- объекты энергетического хозяйства;
- объекты транспортного хозяйства и связи;
- наружные сети и сооружения водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения и газоснабжения;
- благоустройство и озеленение территории ;
- временные здания и сооружения;
- прочие работы и затраты;
- содержание службы заказчика. Строительный контроль;
- подготовка эксплуатационных кадров для строящегося объекта капитального строительства;
- публичный технологический и ценовой аудит, проектные и изыскательские работы.

Блок-схема алгоритма разработки проекта представлена на рис. 2.1.

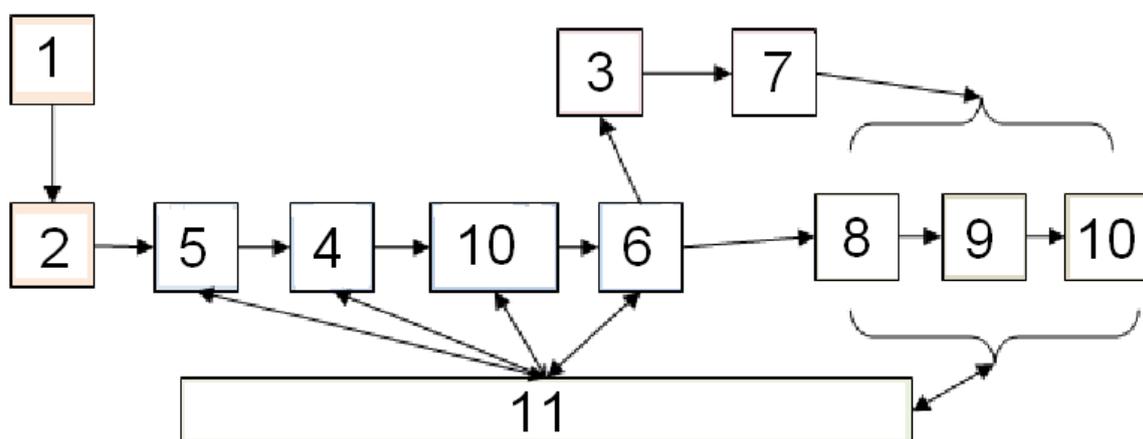


Рис. 2.1. Блок-схема алгоритма разработки проекта. (1–11 – нумерация соответствующих разделов)

Информационные объекты – основной информационный ресурс процесса проектирования. Для каждого этапа и его составляющих процесс получения проектной информации представляет собой заполнение параметров информационного объекта заданной структуры. Исходная информация и ресурсы процесса представляют собой библиотеку информационных объектов. Отдельно формируются логико-математические процедуры заполнения объектов. Алгоритм управления – это процедуры решения проблем, возникающих в ходе заполнения объектов.

Информационный объект – это описание некоторой сущности (реального объекта, явления, процесса, события) в виде совокупности логически связанных

реквизитов (информационных элементов). Такими сущностями для информационных объектов могут служить: цех, склад, материал, проект и т.д. Информационный объект определённого реквизитного состава и структуры образует класс (тип), которому присваивается уникальное имя (символьное обозначение). Данные образуют содержание информационного объекта, а связи – структуру.

Информационный объект:

– обладает определёнными потребительскими качествами (т.е. он нужен пользователю);

– допускает хранение на цифровых носителях в виде самостоятельной информационной единицы (файла, папки, архива);

– допускает выполнение над ним определённых действий путём использования аппаратных и программных средств компьютера.

В табл. 2.1 приведены основные виды программ и соответствующие информационные объекты, которые с помощью данных программ создаются и обрабатываются.

Таблица 2.1

Основные виды программ и соответствующие информационные объекты

Программы	Информационные объекты
Текстовые редакторы и процессоры	Текстовые документы
Графические редакторы и пакеты компьютерной графики	Графические объекты: чертежи, рисунки, фотографии
Табличные процессоры	Электронные таблицы
СУБД – системы управления базами данных	Базы данных
Пакеты мультимедийных презентаций	Компьютерные презентации
Клиент-программа электронной почты	Электронные письма, архивы, адресные списки
Программа-обозреватель Интернета (браузер)	Web-страницы, файлы из архивов Интернета

Управление проектом

Для организации управления проектом (системой) каждая операция, используемая при разработке проектной документации, должна представляться как бизнес-процесс, для описания которого может использоваться контекстная диаграмма в стандарте SADT (рис 2.2).

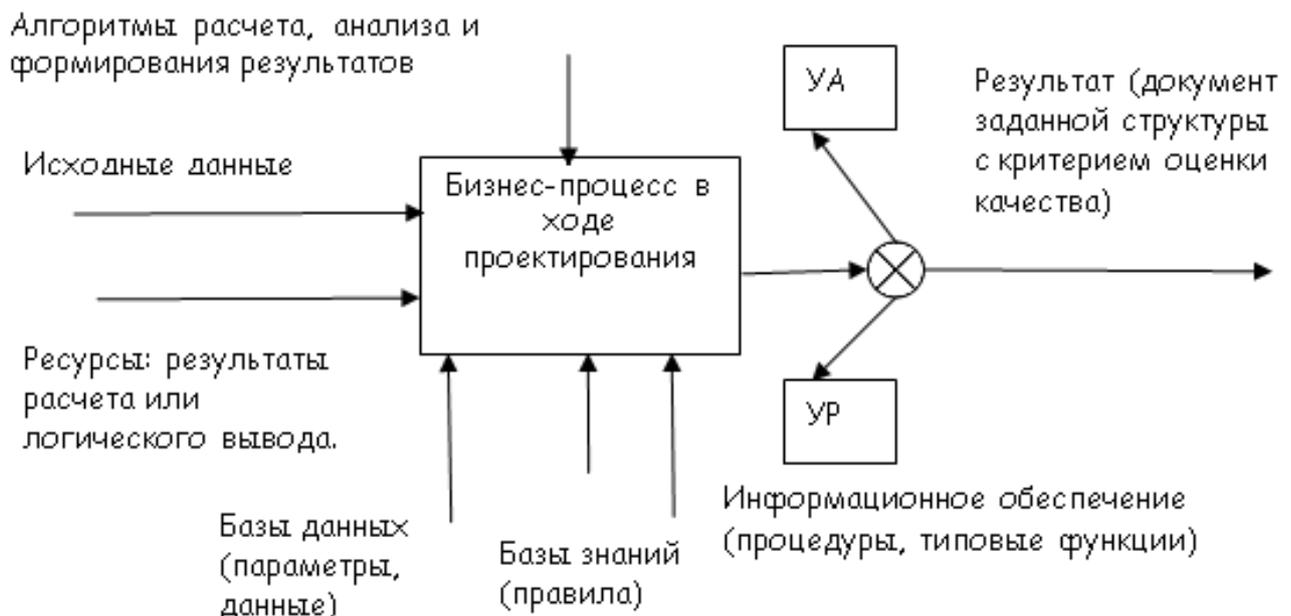


Рис. 2.2 Контекстная диаграмма бизнес-процесса моделирования в стандарте SADT

Управление проектом «У» предусматривает:

- оценку результатов выполнения бизнес-процесса (контроль выходных параметров);

- выявление проблем выполнения процесса (сравнительный анализ регламентированных и фактических параметров, анализ выполнения ограничений);

- поиск вариантов решения проблем (определение процедур управления и управляющих переменных);

- возврат процесса управления (обратная связь) в виде управляющих решений или к алгоритму управления (процедура «УА» с пересчётом параметров), или к ресурсам (процедура «УР» с вводом новых исходных данных для изменяемых ресурсов процесса).

Все входные информационные потоки конкретного бизнес-процесса представляют собой информационные объекты, для формирования которых используются другие бизнес-процессы, соответствующие этапам проектирования и соответствующим разделам проектной документации или обеспечивающим процессам проектирования (анализ рынка, инвестиционный анализ, база данных «технологические схемы» и т.д.).

Основу большинства современных подходов к моделированию бизнес-процессов составляют методология SADT (Structured Analysis and Design Technique – метод структурного анализа и проектирования), семейство нотаций IDEF (Icam DEFinition, где Icam – это Integrated Computer-Aided Manufacturing) и алгоритмические языки.

Основная идея методологии SADT – построение древовидной функциональной модели предприятия. Сначала функциональность предприятия

описывается в целом, без подробностей. Такое описание называется обобщенной или контекстной диаграммой (рис 2.2). Взаимодействие с окружающим миром описывается в терминах входа (данные или объекты, потребляемые или изменяемые функцией), выхода (основной результат деятельности функции, конечный продукт), управления (стратегии и процедуры, которыми руководствуется функция) и механизмов (необходимые постоянные ресурсы). Кроме того, при создании контекстной диаграммы формулируются цель моделирования, область (описания того, что будет рассматриваться как компонент системы, а что – как внешнее воздействие) и точка зрения (позиция, с которой будет строиться модель). Обычно в качестве точки зрения выбирается точка зрения лица, принимающего решение (ЛПР), который будет ответственный за работу моделируемой системы в целом.

Затем общая функция разбивается на крупные подфункции, используя процесс функциональной декомпозиции. Подфункции декомпозируются на более мелкие функции до достижения необходимой детализации описания, когда функция может быть описана логико-математической моделью, связывающей входные и выходные параметры процесса. Каждая декомпозируемая функция соответствует отдельному фрагменту описания – диаграмме. Таким образом, модель представляет собой совокупность иерархически выстроенных диаграмм, каждая из которых является описанием ка-кой-либо функции или работы (activity).

Глава 3. РАЗРАБОТКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Вводная часть

При проектировании промышленных образцов проектная организация должна основываться на исходных данных, разработанных в основном научно-технологическими формами и подразделениями. Их выдачу проводят в соответствии с «Положением об исходных данных для проектирования», утвержденным 30.01.2002 г. Положение об исходных данных распространяется на исходные данные для проектирования производства продукции, выпускаемой на предприятиях химического комплекса независимо от их организационно-правовой формы собственности, и устанавливает их состав, порядок разработки, оформления, согласования и утверждения.

При разработке исходных данных для проектирования следует руководствоваться Федеральным законом от 21 июля 1997 года № 116-ФЗ "О промышленной безопасности", руководящими документами: Государственного горного и промышленного надзора России (Госгортехнадзора России),

Министерства природных ресурсов Российской Федерации и Министерства здравоохранения Российской Федерации, Департамента государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Предприятие-заказчик (далее заказчик) обеспечивает полноту исходных данных и может комплектовать их с привлечением нескольких предприятий-разработчиков (далее исполнителей).

Полные исходные данные заказчик передаёт исполнителю проекта. Исходные данные или их отдельные разделы разрабатываются исполнителями по договору с заказчиком. Заказчик и исполнитель исходных данных подписывают совместный протокол или техническое задание, определяющие перечень разделов исходных данных, разрабатываемых исполнителем.

Состав исходных данных

Исходные данные должны включать следующие разделы:

- введение;
- общие сведения о технологии;
- перспективы производства и потребления;
- патентный формуляр;
- характеристика производимой продукции;
- характеристика сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов;
- физико-химические и теплофизические свойства сырья, промежуточных, побочных и конечных продуктов и отходов производства;
- химизм, физико-химические основы технологических процессов, в том числе по переработке отходов производства;
- описание технологического процесса и схемы;
- материальный баланс;
- расходные коэффициенты сырья и вспомогательных материалов;
- математическое описание аппаратов и процесса;
- данные для расчёта и выбора основного технологического оборудования, технические проекты или технические задания на нестандартное оборудование;
- рекомендации по автоматизации и управлению технологическим процессом;
- аналитический контроль производства;
- рекомендации по охране окружающей среды и утилизации отходов производства;
- рекомендации по безопасной эксплуатации производства и охране труда.

Состав исходных данных определяется предприятием-заказчиком с привлечением, как правило, предприятия-разработчика проекта.

Содержание разделов исходных данных

Введение

В этом разделе указывается предприятие-заказчик или организация-заказчик, номер договора и дата его заключения.

Общие сведения о технологии

В разделе должны быть отражены:

- наименование технологического процесса, метод производства, мощность производства, количество технологических линий (потоков), стадий;
- сведения об отечественных и зарубежных аналогах;
- характеристика и результаты работы лабораторных, опытных и опытно-промышленных установок, на которых отработаны и проверены научно-исследовательские опыты, на основании которых разрабатываются исходные данные.

Перспективы производства и потребления

В разделе приводятся:

- потребность в товарной продукции на перспективу с учетом реализации побочных продуктов, а также продуктов, полученных от переработки отходов. Оценка экспортных возможностей;
- обеспеченность производства сырьем и материалами требуемого качества.

Патентный формуляр

- патентный формуляр, определяющий патентную чистоту технологического процесса, оборудования и др.,
- отчет о патентных исследованиях;
- перечень использованных и рекомендуемых к использованию при проектировании патентов.

Характеристика производимой продукции

В разделе приводятся:

- техническое наименование продукта в соответствии с нормативно-технической документацией.
- наименование государственного или отраслевого стандарта, технических условий, стандарта предприятия, в соответствии с требованиями которых будет производиться продукция, с перечислением технических требований.

– основные свойства и качество производимой продукции, физико-химические свойства и константы: внешний вид, плотность, растворимость, температуры застывания или плавления, кипения, упругость паров, вязкость, электропроводность, диэлектрическая постоянная и другие показатели.

Все данные должны соответствовать аналогичным данным, принятым в государственных и отраслевых стандартах, технических условиях, стандартах предприятия, или данным, приведенным в справочной или технической литературе, с обязательной ссылкой на них.

В случае получения нескольких товарных продуктов характеристика приводится для каждого из производимых продуктов.

Характеристика сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов

– данные, характеризующие исходное сырьё, материалы, полупродукты и энергоресурсы, следует систематизировать в виде таблицы (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Характеристика сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов

Наименование сырья, материалов, полупродуктов	Государственный или отраслевой стандарт, стандарты предприятия, технические условия, регламент или методика на подготовку сырья	Показатели, обязательные для проверки	Регламентируемые показатели с допустимыми отклонениями
1	2	3	4

В таблицу включаются данные о всех видах сырья: материалах, полупродуктах и энергоресурсах, используемых в технологическом процессе производства. Все показатели, включенные в табл. 3.1, приводятся с допустимыми отклонениями.

– При необходимости особо оговариваются специальные требования к сырью, материалам, полупродуктам и энергоресурсам, используемым в производстве, в том числе требования к технологической воде, сжатому воздуху, азоту и инертным газам, входящим в непосредственный контакт с продуктами производства.

Физико-химические и теплофизические свойства исходных, промежуточных, побочных, готовых продуктов и отходов производства

В разделе приводятся:

– физико-химические и теплофизические свойства исходных, промежуточных, побочных и готовых продуктов, реакционных масс, смесей и

отходов производства в рабочих диапазонах температур и давлений, а именно: температуры плавления, кипения, размягчения, теплоты фазовых переходов, теплоемкость, теплопроводность, вязкость, растворимость в воде и других средах, упругость паров, плотность, диэлектрическая проницаемость, коэффициент объемного расширения, поверхностное натяжение, способность образовывать азеотропные смеси и т.п.;

– коэффициенты диффузии, коэффициенты относительной летучести в разделяемых ректификацией смесях, коэффициенты Генри для газов, разделяемых абсорбцией, коэффициенты распределения для экстракционных процессов расслаивающихся жидкостей или соответствующие равновесные концентрации в сосуществующих фазах;

– для твёрдых и смолообразных (вязких) и сыпучих продуктов приводятся сведения: по их способности к налипанию, слёживаемости, комкованию, смачиваемости, смерзаемости, гигроскопичности, по абразивным свойствам, насыпному весу и плотности, гранулометрическому составу, дисперсности пыли, коэффициенту напыления, углу естественного откоса, склонности к разложению, самовозгоранию, возможности транспортировки пневмотранспортом (с указанием транспортирующего агента) в виде суспензий (эмульсий) по трубопроводам или в виде расплава;

– данные о возможности образования статического электричества.

Примечание: физико-химические и теплофизические свойства приводятся в случае отсутствия их в справочной литературе, для имеющих – указывается источник информации.

Химизм, физико-химические основы технологических процессов, в том числе по переработке отходов производства

– химизм процесса по стадиям.

– тепловые эффекты химических реакций и физических процессов.

– кинетические уравнения основных и побочных реакций.

– конверсия и выход по стадиям процесса.

– влияние гидродинамических условий проведения каждого реакционного процесса на его основные показатели (конверсию, выход и т.п.).

Описание технологического процесса и схемы

– технологическая схема должна содержать все основные аппараты и машины. На технологической схеме указываются рекомендуемые параметры теплоносителя или хладагента на входе в каждый теплообменный аппарат, а также схема регулирования важнейших параметров процесса с указанием основной отсекающей и регулирующей арматуры.

– описание технологической схемы производится по стадиям технологического процесса, начиная с поступления и подготовки сырья и кончая отгрузкой готового продукта.

В описании указываются:

- основные технологические параметры процесса, при этом особо выделяются параметры, влияющие на обеспечение качества продукции и безопасность процесса;

- используемое основное оборудование;

- системы регулирования, сигнализаций и блокировок технологических параметров.

Особо отмечаются условия образования осадков, продуктов осмоления, пены, аэрозолей, пыли. Указываются методы предотвращения их образования и удаления.

– в описании схемы должны быть представлены данные о съёме продукции с единицы объёма оборудования по всем основным и вспомогательным стадиям, в том числе по узлам приготовления и регенерации катализаторов и вспомогательных материалов, очистке и обезвреживанию отходов производства, сточных вод и газовых выбросов, переработке отходов, механизации загрузки реагентов и т.п.

– для процессов перемещения горючих парогазовых сред, жидкостей и мелкодисперсных твёрдых продуктов указываются допустимые значения скоростей, давлений, температур перемещаемых горючих продуктов с учётом физико-химических свойств транспортируемых веществ;

– в описании процессов разделения химических продуктов (горючих или их смесей с негорючими) уточняется степень разделения сред и меры взрывобезопасности, предотвращающие образование взрывоопасных смесей на всех стадиях процесса разделения.

– дозировка компонентов в реакционных процессах должна быть преимущественно автоматической и осуществляться в последовательности, исключающей возможность образования внутри аппаратуры взрывоопасных смесей или неуправляемого хода реакций;

– для исключения возможности перегрева участвующих в процессе веществ, их самовоспламенения или термического разложения с образованием взрывопожароопасных продуктов в результате контакта с нагревательными элементами аппаратуры определяются температурные режимы, оптимальные скорости перемещаемых продуктов, предельно допустимое время пребывания их в зоне высоких температур;

– если в процессах содержатся негорючие жидкости с растворёнными в них горючими газами, подлежащие сбросу в канализацию, указываются меры по

выделению из них горючих газов и их остаточное содержание, способы контроля содержания горючих газов и его периодичность.

– для аппаратов разделения аэрозолей обозначить меры по предотвращению образования отложений твёрдой фазы на внутренних поверхностях этих аппаратов или безопасные способы и периодичность проведения операций по удалению отложений;

– если в процессах сушки имеется непосредственный контакт высушиваемого продукта с сушильным агентом, указываются способы очистки отработанного сушильного агента от пыли высушиваемого продукта и способы контроля очистки, а также периодичность контроля.

– в описании реакционных процессов, протекающих с возможным образованием промежуточных перекисных соединений, побочных взрывоопасных продуктов осмоления и уплотнения (полимеризации, поликонденсации) и других нестабильных веществ с вероятным их отложением в аппаратуре и трубопроводах, указать:

- способы и периодичность контроля за содержанием в исходном сырье примесей, способствующих образованию взрывоопасных веществ, а также за наличием в промежуточных продуктах нестабильных соединений;
- способы и периодичность ввода ингибиторов, исключающих образование в аппаратуре опасных концентраций нестабильных веществ;
- необходимость непрерывной циркуляции продуктов, сырья в емкостной аппаратуре для предотвращения или снижения возможности отложения твёрдых взрывоопасных нестабильных продуктов;
- способы и периодичность вывода обогащённой опасными компонентами реакционной массы из аппаратуры;
- режим и время хранения продуктов, способных полимеризоваться или осмоляться, включая сроки их транспортирования.

При применении катализаторов (в том числе металлоорганических), которые при взаимодействии с кислородом воздуха и (или) водой могут самовозгораться и (или) взрываться, указать меры, исключающие возможность подачи в систему сырья, материалов и инертного газа, содержащих кислород и (или) влагу в количествах, превышающих предельно допустимые значения. Определить допустимые концентрации кислорода и влаги, способы и периодичность контроля за их содержанием в исходных продуктах с учётом физико-химических свойств применяемых катализаторов.

Для процессов хранения и слива-налива сжиженных газов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей указать порядок выполнения технологических операций по хранению и перемещению горючих жидких веществ, заполнению и опорожнению передвижных и стационарных резервуаров-хранилищ, выбор параметров процессов, значения которых

определяются взрывоопасностью выполнения этих операций (давление, скорости перемещения, предельно допустимые максимальные и минимальные уровни, способы снятия вакуума и т.п.). Указать меры, исключающие возможность случайного смешивания продуктов на всех стадиях выполнения операций слива-налива.

Описать порядок подготовки ёмкостей к заполнению (освобождение от остатков ранее находившихся в них продуктов, промывка, очистка, обезвреживание ёмкостей и т.п.) и проведения работ по переключению (подсоединению) трубопроводов, арматуры. Указать меры, исключающие возможность взрыва при использовании этого оборудования.

Описать средства противоаварийных устройств и систем подачи инертных и ингибирующих веществ, а также периодичность контроля потоков.

– В описании схемы дать рекомендации по использованию вторичных энергоресурсов.

Расходные коэффициенты сырья и вспомогательных материалов

– Расходные коэффициенты сырья и вспомогательных материалов следует приводить в виде табл 3.2.

Таблица 3.2

Наименования расходных коэффициентов и вспомогательных материалов

Наименование сырья и материалов	Расходный коэффициент (кг/т, м ³ /т и т.д.)	Примечание
1	2	3

Перед таблицей указывается учётная единица выпускаемой продукции.

Математическое описание аппаратов процесса

В этом разделе представить:

– Математические модели и компьютерные программы, позволяющие выполнять расчёты стадий и процесса в целом, а также аппаратурно-технологические расчёты для подбора основного оборудования.

– Уравнения и компьютерные программы для расчёта фазовых равновесий, химических реакций, физико-химических свойств веществ и смесей.

– Расчётные методики и данные для расчёта кинетики процессов.

– Рекомендации по выбору критериев оптимизации процессов.

– Уравнения для расчёта оригинальных массообменных процессов.

Материальный баланс

– Материальный баланс составляется на единицу времени (час), на единицу выпускаемой продукции, на один производственный поток или на мощность производства в целом.

– Таблица материального баланса для непрерывных процессов размещается на принципиальной технологической схеме внизу или на отдельных листах в виде табл.3.3:

Таблица 3.3

Таблица материального баланса

№	Наименование компонентов	Молярная масса	Поток № 1			
			кг/ч	мас. %	нм ³ /ч	об. %
1	Бензол	78	3286	98,88	943,7	99,00
2	Циклогексан	84	-	-	-	-
3	Водород	2	-	-	-	-
4	Азот	28	-	-	-	-
5	н-Гептан	100	2	0,06	0,45	0,05
6	Метилциклогексан	98	2	0,06	0,46	0,05
7	Сера, ррт	32	0,5	-	0,35	-
	Всего		3290,0	100	944,61	100,0

Для каждого потока указывается его состав, расход в кг/ч и нм³/ч. Номера потоков проставляются на технологической схеме.

Данные для расчёта и выбора основного промышленного технологического оборудования.

В этом разделе представить:

– Рекомендации и требования для расчёта и выбора оборудования и коэффициенты заполнения реакционных аппаратов.

– Для реакционных процессов: съём с единицы реакционного объёма или веса катализатора, время контакта реагирующих веществ, объёмные и линейные скорости процесса, величины сопротивления слоя катализатора.

– Для процессов разделения, смешения, измельчения и дозировки рекомендации по выбору соответствующего оборудования и экспериментально установленную удельную производительность, тип фильтрующей ткани регенерации.

– Рекомендации, проверенные на реальных средах, по выбору коррозионностойких конструкционных и защитных материалов (в том числе неметаллических) для основного технологического оборудования, трубопроводов и арматуры.

– Рекомендации по прокладочным материалам, в том числе с учётом переходных режимов.

– Технические проекты оригинального оборудования и технические задания на разработку новых машин.

– Рекомендации по типу тарелок (насадок), КПД тарелок, эквивалентной высоте насадок, числа теоретических тарелок и насадок.

– Рекомендации по антикоррозионной защите строительных конструкций.

Рекомендации по автоматизации и управлению технологическим оборудованием для механизации производства.

В этом разделе представить:

– Принципиальные решения по автоматизации отдельных узлов и аппаратов.

– Рекомендуемые параметры контроля и схемы автоматического регулирования. Допустимые погрешности контроля. Рекомендуемые технические средства.

– Перечень точек и параметров, контролируемых с применением автоматических анализаторов на потоке с указанием технических средств для выполнения анализов.

– Рекомендации и обоснование по применению автоматических систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и средств вычислительной техники. Технические средства, алгоритмы управления процессом, алгоритмы пуска, нормальной и аварийной остановки процесса.

– Перечень контролируемых параметров, определяющих безопасность процесса. Рекомендации по блокировкам.

– Рекомендации по механизации и автоматизации узлов загрузки, дозировки и расфасовки, затаривания, транспортировки и складирования сырья, вспомогательных материалов и готовой продукции.

Аналитический контроль производства

В этом разделе представить:

– Рекомендации по аналитическому контролю производства, содержащие указания о месте отбора пробы, периодичность выполнения анализа, контролируемые параметры и нормируемые пределы его изменения, используемые методики анализа и указания о его исполнителе.

– Рекомендации по выбору пробоотборных устройств.

– Трудозатраты (в часах за дневную смену и сутки) на обеспечение аналитического контроля производства, в том числе по химическим и инструментальным методам анализа.

– Перечень специального лабораторного оборудования. Особые требования если таковые есть, для проектирования лабораторного помещения.

Рекомендации по охране окружающей среды и утилизации отходов производства

В этом разделе представить следующую информацию:

– Характеристику не утилизируемых отходов производства, загрязнённых сточных вод и газовых выбросов (в виде таблицы). Таблица должна содержать:

- место вывода технологической системы отходов, сточных вод и газовых выбросов;
- количество отходов (среднее, минимальное и максимальное) на одну тонну готового продукта за операцию;
- состав отходов;
- сведения о токсичности вредных веществ, содержащихся в отходах, стоках и выбросах;
- агрегатное состояние (отходов);
- параметры истока отходов (температура и давление);
- направление отходов;
- рекомендуемый метод утилизации или обезвреживания отходов, сточных вод и газовых выбросов.

– Технологию первичной (локальной) очистки химически и механически загрязнённых сточных вод, в том числе от обработки технологической тары и технологического оборудования, обеспечивающую возможность их повторного использования или направления на центральную станцию биологической очистки (для новых продуктов, не выпускаемых производством). Параметры очистки. Химизм процесса. Рекомендации по переработке или утилизации осадков. Состав очищенных стоков.

– Технологию обезвреживания газовых выбросов. Химизм процесса очищенных газов. Рекомендации по использованию, утилизации или обезвреживанию использованных реагентов.

Для адсорбционной очистки газовых выбросов указать тип адсорбента, данные по динамической и статической ёмкости твёрдых адсорбентов,

коэффициент вытеснения или данные о величинах совместной адсорбции всех компонентов.

Для термообезвреживания – состав, токсичность, коррозионные свойства продуктов сгорания. Технологические режимы. Состав очищенных, сбрасываемых в атмосферу газов с учётом фона.

– Рекомендации по утилизации или обезвреживанию отходов производства. Химизм процесса. Для термообезвреживания – состав, токсичность, коррозионные свойства продуктов сгорания. Технологические режимы.

– Методы контроля содержания вредных исходных, промежуточных и конечных продуктов в воздухе производственных помещений, в воздухе населенных мест, в воде водоёмов и почве.

Рекомендации по безопасной эксплуатации производства и охране труда

В этом разделе представить:

– Данные по характеристике токсичных свойств сырья, полупродуктов, готовой продукции и отходов производства. Указать ПДК или ОБУВ (ориентировочный безопасный уровень воздействия) и методы их контроля (методики анализа).

– Токсикологическую характеристику для новых не выпускаемых промышленностью веществ:

- сведения о характере воздействия на организм человека;
- мероприятия по оказанию первой доврачебной помощи пострадавшему, применительно к каждому веществу в отдельности;
- рекомендации по индивидуальным и средствам защиты работающих и методам их дегазации (очистки).

– Пожаро- взрывоопасные и пирофорные свойства вещества, встречающиеся в производстве. Указать температуры вспышки, воспламенения, самовоспламенения, теплоты сгорания, пределы взрываемости, склонность к самовозгоранию, максимальное давление взрыва, скорость нарастания взрыва. Указанные величины должны быть определены для всех агрегатных веществ, а также смесей, встречающихся в производстве.

– Рекомендации по применению взрывоподавляющих веществ.

– Основные опасности производства, обусловленные особенностями технологического процесса или выполнения отдельных производственных операций, особенностями используемого оборудования и условиями его эксплуатации, нарушениями правил безопасности работающими.

– Перечень наиболее опасных мест в технологической схеме при отклонениях от нормального технологического режима. Ситуации, которые могут создаваться при отклонениях (и каких отклонениях) от рекомендуемых

параметров процесса на каждой технологической стадии, узле. Мероприятия в случае возникновения таких отклонений, а также профилактические мероприятия.

– Возможные источники выделения вредных веществ. Рекомендации по обеспечению герметичности оборудования и методы улавливания вредных выделений.

Методы очистки и дегазации оборудования, трубопроводов и строительных конструкций для новых (не выпускаемых промышленностью) веществ. Указания по использованию или обезвреживанию отходов после дегазации.

– Допустимое содержание кислорода и других окислителей в транспортирующем газе, и мероприятия по предупреждению образования взрывоопасных смесей в оборудовании и трубопроводах при всех режимах работы, пусках и остановках.

– Рекомендации по способам дегазации, стирке и частоте соответствующей обработке спецодежды, количеству и типу моющих веществ для новых, не выпускаемых промышленностью продуктов. Рекомендации по очистке сточных вод после обработки одежды .

–Рекомендации по продолжительности рабочего дня при производстве новых продуктов. Допустимость труда женщин. Рекомендации по медицинскому обследованию работников, дополнительному отпуску и специальному питанию.

– Рекомендации по безопасным методам и точкам отбора проб.

– Рекомендации о порядке пуска производства, нормальной и аварийной его остановке.

– Наиболее опасные места технологической схемы с точки зрения возможного возникновения пожара или взрыва.

– Места в производстве, где необходимо предусмотреть автоматическое пожаротушение.

– Места возможных источников шума и вибрации по технологическим причинам. Рекомендации по их устранению или снижению допустимых норм.

– Возможность накапливания зарядов статического электричества, их опасность и способы нейтрализации по веществам, которых нет в справочной и нормативной литературе. По известным веществам указать литературный источник.

– Рекомендации по обезвреживанию и нейтрализации продуктов производства при разливах и авариях.

– Критические параметры по основным стадиям процесса.

Примечание: Токсикологические и взрыво- и пожароопасные характеристики приводятся (в случае отсутствия их в справочной литературе), с указанием источника.

Порядок газоочистки, согласования и утверждения заказчиком

- Лицензии на разработку исходных данных не требуется (Постановление Правительства Российской Федерации от 11 апреля 2000 г. № 326).
- Исходные данные по желанию заказчика могут быть согласованы с предприятием-разработчиком проекта.
- Исходные данные утверждаются заказчиком.

Глава 4. ТЕХНОЛОГИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

4.1. Основные подходы к выбору технологии окрашивания промышленных изделий

Коррозия металлов наносит огромный материальный ущерб вследствие разрушения оборудования и происходящих аварий, значительно ухудшает экологическую обстановку на производстве. Статистические данные показывают, что ежегодные потери металла от коррозии составляют более 14 млн т., причём только около двух третей прокорродировавшего металла удаётся использовать повторно в качестве металлолома.

В России 40 – 50 % машин и сооружений работают в агрессивных средах, 30 % в слабо агрессивных и только около 10 % не требуют активной антикоррозионной защиты. Металлоизделия промышленных предприятий, конструкций и сооружений строительных объектов подвергаются сильному коррозионному износу и разрушению в результате воздействия агрессивных атмосферных факторов, коррозионно-активных сред, механических воздействий и повышенных температур.

Кроме прямых коррозионных потерь, ущерб наносят косвенные потери продукта в результате утечек, снижения производительности оборудования, загрязнения продуктами коррозии целевого продукта, окружающей среды и т.п.

Прямые и косвенные потери от коррозии металлоконструкций и сооружений из чёрных металлов, несмотря на большой скачок в развитии материалов покрытия и технологий их нанесения, остаются велики даже в технически развитых странах. По оценкам специалистов эти потери в промышленно развитых странах составляют от 2 до 4 % национального дохода.

При этом потери металла, включающие массу вышедших из строя металлических конструкций, изделий, оборудования, составляет от 15 до 25 %

годового производства стали. Таким образом, значительная часть мощностей предприятий чёрной металлургии затрачивается исключительно на восполнение потерь металла вследствие коррозии.

Ни у кого не вызывает сомнений, что только оптимальная защита от коррозии позволит сохранить инвестиции в новое строительство или реконструкцию на долгие годы. Неудивительно, что разработкой систем защиты от коррозии озабочены ведущие специалисты всех промышленно развитых стран.

Структура противокоррозионной защиты, сложившаяся в конце прошлого века, по-видимому, сохранится в обозримом будущем. Лакокрасочные материалы (ЛКМ) по-прежнему будут доминировать над другими средствами противокоррозионной защиты. В связи с этим разработка новых материалов, обладающих комплексом ценных свойств и повышенной долговечностью, является чрезвычайно актуальной.

Лакокрасочные покрытия (ЛКП) нашли широкое распространение практически во всех отраслях народного хозяйства для защиты от коррозии и придания изделиям декоративного вида. Ежегодно более 80 % промышленных изделий из металла окрашиваются.

Отечественная лакокрасочная промышленность выпускает большой ассортимент материалов, что с одной стороны, расширяет возможности обеспечения заданных свойств покрытий, а с другой – затрудняет их выбор и эффективное применение.

Единая система защиты от коррозии и старения лакокрасочных покрытий разрабатывалась и совершенствовалась в течение многих лет и включает более 40 стандартов. Именно эта система может служить базой для комплексного подхода при создании современных ресурсосберегающих, экологически чистых технологических процессов окрашивания в различных отраслях промышленности.

Технология получения лакокрасочных покрытий является сложным, многостадийным, трудоёмким и энергоёмким технологическим процессом. Разработка технологических процессов окрашивания требует специальных знаний в области ЛКП, техники их нанесения, процессов отверждения, подготовки поверхности.

На рис. 4.1 представлены факторы, влияющие на выбор технологии получения лакокрасочных покрытий.



Рис. 4.1. Факторы, влияющие на выбор технологии получения лакокрасочных покрытий

Долговечность лакокрасочного покрытия зависит от многих факторов: природы, применяемых ЛКМ, физико-химического воздействия окружающей среды, технологии получения покрытия. При правильном выборе ЛКМ в системе защитного покрытия в зависимости от условий эксплуатации окрашиваемых изделий решающее влияние на долговечность лакокрасочного покрытия оказывает технология его получения на окрашиваемой поверхности.

Существует международный стандарт ISO 12944 «Лаки и краски. Защита от коррозии стальных конструкций системами защитных покрытий».

Для обеспечения оптимальной экономичности и эффективности при выборе системы покрытий необходимо учитывать ряд факторов:

- коррозионную активность среды,
- требуемый срок службы системы покрытий,
- исходное состояние стали,
- способ подготовки поверхности стальных конструкций.

Крайне важно определить условия, при которых будут эксплуатироваться конструкции, оборудование или установки.

Для выбора технологического процесса окраски конкретного изделия необходимо выбрать покрывной ЛКМ, определить системы покрытия и последовательность проведения операций технологического процесса окраски. При выборе покрывного ЛКМ руководствуются требованиями по декоративному виду покрытия (блеск, класс покрытия).

При выборе системы ЛКП руководствуются требованиями по условиям эксплуатации изделий, при этом существенную роль играет тип окрашиваемой поверхности (металл, пластмасса, древесина, бетон и др.). Немаловажную роль играют условия формирования покрытия (метод нанесения, метод и режим сушки) и физико-механические свойства отверждённого покрытия.

Таким образом, от правильного выбора стадий технологического процесса окрашивания зависит декоративный вид и долговечность ЛКП. Оптимальное технологическое решение позволит снизить трудоёмкость, уменьшить финансовые затраты и улучшить экологическую ситуацию окрасочного производства.

Итак, основное назначение ЛКП – придание изделиям декоративного вида и противокоррозионная защита окрашиваемой поверхности.

Декоративные свойства ЛКП определяются цветом, фактурой, блеском и нормируются в зависимости от вида и назначения изделия по ГОСТ 23852-79 «Покрытия лакокрасочные». Кроме того, в зависимости от наличия таких дефектов ЛКП, как волнистость, шагрень, сортность, потёки, в соответствии с ГОСТ 9.032-74 «ЛКП. Группы, технические требования и обозначения» подразделяются на классы.

Так, например, высокодекоративные ЛКП легковых автомобилей должны соответствовать классу II, ЛКП приборов и видовые поверхности транспортных средств – III классу, для противокоррозионных ЛКП крупногабаритных металлоконструкций допускается VI класс покрытия.

Цвет промышленного изделия определяет эстетический уровень производства и влияет на производительность труда, утомляемость обслуживающего персонала и качество выполняемой работы.

Минимально утомляет зрение и лучше способствуют созданию благоприятной цветовой обстановки для работы жёлтый, оранжево-желтый, желтовато-зелёный, зеленовато-голубой, голубовато-зелёный и голубой цвета.

При однообразной монотонной работе помещение и оборудование следует окрашивать в более яркие цвета. При повышенной интенсивности труда, шуме, вибрации и неприятных запахах цвет помещений, оборудования и конструкций должен быть спокойным, мягким, например, светло-зелёным, светло-голубым. Основной зелёный или голубой цвет можно оттенить одним из активных цветов – ярко-жёлтым, ярко-красным, белым.

Для предотвращения случаев травматизма особое внимание должно быть обращено на окраску узлов и деталей, требующих большой осторожности. Такие

части машин и агрегатов, как ободы шкивов, спицы маховых колес, ограждения передач и другие опасные места, следует выделять красным или красно-оранжевым цветом.

Выбор ЛКП для различных условий эксплуатации и различных типов окрашиваемой поверхности проводят по ГОСТ 9.401-91 «Покрывные лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов». Логическая модель выбора системы ЛКП показана на рис 4.2.

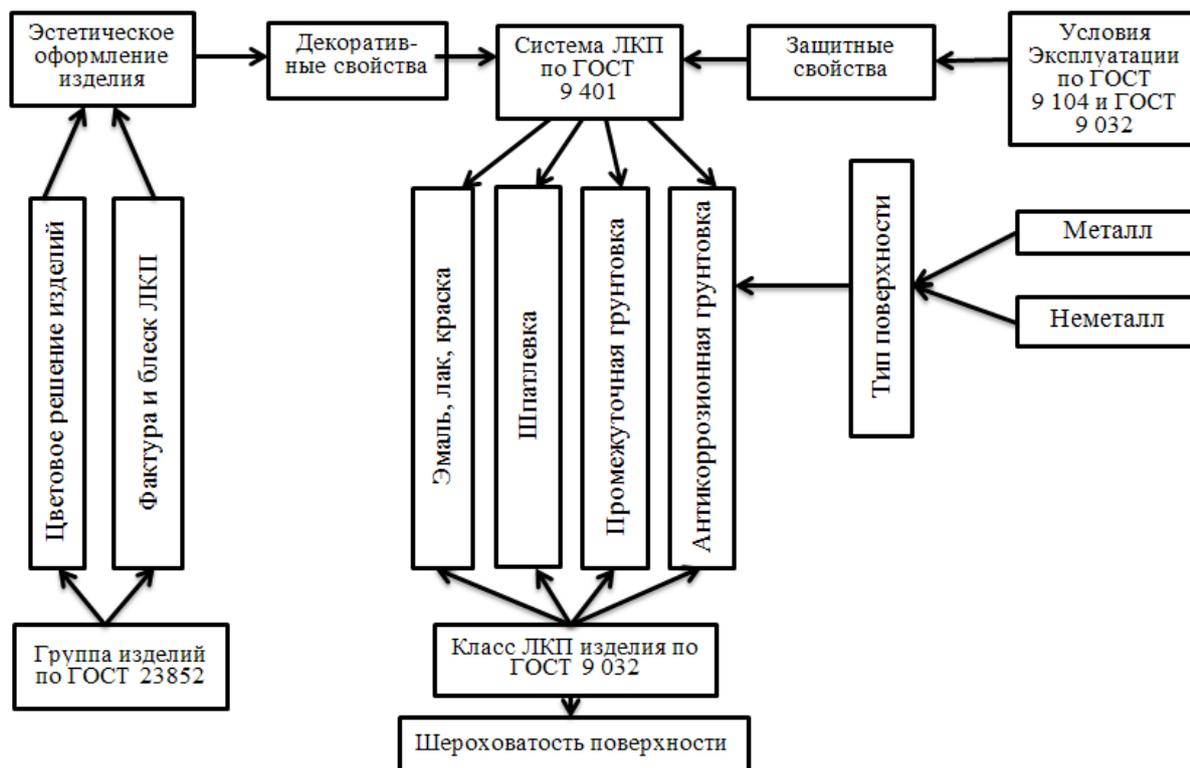


Рис. 4.2. Логическая модель выбора лакокрасочного покрытия

Как правило, ЛКП состоит из слоя грунтовки и покрывного слоя из эмалей, красок и лаков. Однако в ряде случаев могут применяться покрытия без грунтовок или грунтовый слой может выполнять роль самостоятельного покрытия.

Выбор ассортимента ЛКМ для получения покрытий, стойких в заданных условиях эксплуатации, зависит от возможности применения ЛКМ (грунтовок, шпаклевки, эмали, краски, лака) для окрашивания металлических поверхностей различной природы (сталь, чугун, цинк, алюминий, медь и др.) в условиях эксплуатации. При соответствующей подготовке поверхности, выбора грунтовок, шпаклевок и покрывных ЛКМ можно варьировать эксплуатационные свойства покрытий и их долговечность. Вначале выбирается покрывной материал, пригодный для заданных условий эксплуатации, а затем выбирается грунтовка, имеющая хорошую адгезию к окрашиваемой поверхности и сочетающаяся с покрывным материалом для данных условий эксплуатации.

Для научно обоснованного выбора покрытия технолог или проектант руководствуется нормативными документами (НД) единой системы защиты от коррозии и старения, НД на ЛКМ и различными справочниками, т.е. большим количеством нормативно-справочной литературы.

Существенную помощь специалисту при создании новых технологий окрашивания при проектировании новых и реконструкции действующих производств может оказать справочно-информационная система – база данных ЛКМ и ЛКП. Для этой системы определены следующие функции:

- справочная БД ЛКМ и НД их изготовителей,
- выбор ЛКМ по внешнему виду, условиям эксплуатации и долговечности, физико-химическим и физико-механическим свойствам,
- выбор системы покрытия, технологии получения покрытий и способа подготовки поверхности перед окрашиванием.

Необходимо также учитывать технические возможности получения ЛКП : энергоресурсы (газ, электроэнергия, вода), площади, выделенные под производственный процесс, оборудование для проведения окрасочных работ.

Технологические процессы получения ЛКП разнообразны. Это связано с функциональным назначением окрашиваемого изделия, условиями его эксплуатации, характером окрашиваемой поверхности, применяемыми методами окрашивания и формирования покрытия.

Процесс получения лакокрасочного покрытия заключается в выполнении следующих обязательных стадий:

- подготовка поверхности перед окрашиванием,
- нанесение ЛКМ на окрашиваемую поверхность,
- отверждение ЛКМ.

4.2. Подготовка поверхности перед окрашиванием

Подготовка поверхности перед окрашиванием играет важную роль в обеспечении долговечности всего ЛКП. Многолетний опыт применения покрытий в различных отраслях промышленности показывает, что их долговечности на 65 – 75 % определяется качеством подготовки поверхности металла перед окрашиванием. Недостаточная подготовка вызывает ряд нежелательных последствий:

- ухудшение сцепления покрытия с основой (адгезия)
- развитие под покрытием коррозионных процессов,
- образование в покрытии пузырьков,
- растрескивание и расслоение покрытия,
- ухудшение декоративных свойств покрытия.

Всё это приводит к ухудшению защитных свойств покрытия. Между долговечностью покрытия и степенью очистки поверхности существует чётко проявляющаяся зависимость.

Все методы, применяемые для подготовки поверхности перед окрашиванием, подразделяются на механические и химические.

На поверхности деталей присутствуют: консервационные масла, смазочно-охлаждающие жидкости, нагар, оксиды, ржавчина и другие загрязнения. При наличии на поверхности окрашиваемых изделий окалины и ржавчины возможно предварительное применение механических способов или химических способов подготовки поверхности (травление).

Механические методы обработки способствуют получению покрытия с хорошими физико-механическими свойствами. Химические методы позволяют получить требуемое качество подготовки поверхности как на чёрных, так и на цветных металлах перед нанесением ЛКП любого типа из порошковых, органорастворимых, водно-дисперсионных ЛКМ и для любых условий эксплуатации. Более того, химическая подготовка поверхности позволяет добиться высокой производительности, автоматизации технологического процесса, обработки изделий любых габаритов и сложности.

Основным отечественным стандартом, регламентирующим технологические процессы подготовки поверхности являются ГОСТ 9.402-2004 «ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей перед окрашиванием». В этом стандарте основное внимание уделено технологическим процессам химической подготовки поверхности. Даны рекомендации по выбору технологических процессов подготовки поверхности в зависимости от типа металла и условий эксплуатации окрашиваемых изделий.

Механическая подготовка поверхности представлена в виде обзора существующих методов. Относительно области применения, эффективности и ограничений механической подготовки поверхности в ГОСТе приведены ссылки на международные стандарты.

Механические методы подготовки поверхности перед окраской.

Необходимо отметить, что существует огромное количество различных состояний стальных поверхностей, требующих очистки перед окраской. Прежде всего это касается ремонта уже ранее окрашенных объектов. Возраст объекта и его расположение, качество первоначальной поверхности, свойства существующей системы ЛКП и количество дефектов (как предыдущих, так и возможных в будущем), наличие агрессивных условий эксплуатации и предполагаемая новая система ЛКП – все это влияет на предстоящую подготовку поверхности.

При выборе метода подготовки поверхности следует учитывать требуемую степень очистки и шероховатость поверхности, соответствующие

наносимому ЛКП. Для снижения стоимости работ следует выбирать степень подготовки поверхности в соответствии с целью и типом ЛКП или систему ЛКП в соответствии со степенью очистки, которая может быть достигнута.

Таким образом, выбор метода подготовки поверхности и степени её очистки зависит от следующих параметров:

- состояния исходной поверхности,
- наносимой системы покрытий,
- условий эксплуатации, в которых будет применяться окрашенная поверхность,
- возможности осуществления выбираемого метода (например, рабочих условий, целей, производственных площадей, факторов защиты здоровья, безопасности и экологии, количества требуемой воды),
- доли обрабатываемой поверхности,
- :определённой или требуемой степени чистоты поверхности,
- экономических соображений.

Абразивная струйная очистка является наиболее эффективным методом механической подготовки поверхности. Этот метод обладает следующими характеристиками:

- позволяет достигать требуемой производительности,
- оборудование может быть как стационарным, так и передвижным к объекту очистки,
- метод приемлем для большинства типов и форм поверхностей,
- могут достигаться разные состояния поверхности, т.е. разные степени подготовки профилей поверхности, возможно частично удалять отдельные участки повреждённого покрытия, оставляя неповреждённым основное доброкачественное покрытие.

Подготовка поверхности по ИСО 12994-4 может быть первичной и вторичной:

- первичная (общая) подготовка – это подготовка всей поверхности до обнажённой стали,
- :вторичная (локальная) подготовка поверхности – это подготовка поверхности с оставлением прочносцеплённых частей органических и металлических покрытий.

Первичная подготовка проводится с целью удаления прокатной окалины, ржавчины, различных загрязнений и уже имеющихся покрытий с поверхности стали перед нанесением грунтовочного слоя. После первичной подготовки вся поверхность представляет собой оголённую сталь.

Окалина является надёжной подложкой, так как она имеет отличающийся от стали коэффициент расширения, в связи с чем при смене температур хрупкий слой окалина может отслаиваться, что ведёт к разрушению покрытия.

Вторичная подготовка проводится для локального удаления ржавчины и инородного материала с поверхности стали, покрытой грунтовкой, перед нанесением антикоррозионной лакокрасочной системы покрытий.

Международный стандарт ИСО 8501-1 устанавливает стандартные степени механической первичной подготовки поверхности. Перед очисткой ручным и механическим инструментом необходимо удалить скалыванием толстые слои ржавчины, а также видимые масла, смазку и грязь.

Очистка механизированным инструментом эффективнее и производительнее очистки ручным инструментом, но по эффективности уступает абразивной струйной обработке.

Очистка ручным и механизированным инструментами представляет собой метод подготовки поверхности, обеспечивающий меньшую степень её чистоты, чем при абразивной струйной обработке. Для достижения качества подготовки, аналогично абразивоструйному методу, необходимо применять более одного типа механизированного инструмента, что делает такую подготовку более сложной и дорогостоящей. Более того, при этом невозможно удалить масло, смазки и активирующие коррозию вещества, например, хлориды и сульфаты.

Однако в некоторых случаях очистку механизированным инструментом предпочитают абразивной струйной очистке, например, если необходимо избежать образования пыли или скопления отработанного абразива.

При окончательной подготовке поверхности перед окраской удаляются все заусенцы, острые края или срезы, образовавшиеся в процессе очистки. Оставшееся ЛКП не должно иметь блеска, а края оставшегося ЛКП сводятся к нулевой толщине (под углом). Поверхность просушивается, если это необходимо, и с помощью щеток, пылесосов или продувки сухим чистым воздухом удаляются все остаточные продукты очистки и пыль.

Сухая абразивная струйная очистка (или так называемый бластинг) заключается в ударе абразивного потока с высокой кинетической энергией о подготавливаемую поверхность. Управление процессом может быть ручное или автоматическое. Сухая абразивная струйная очистка является наиболее тщательным методом защиты от ржавчины.

Подача абразива осуществляется при помощи центробежной силы, сжатого воздуха или эжекции (вакуум-бластинг). В воздушно-абразивный поток допускается добавлять небольшое количество воды для устранения пыли. Очищаемая поверхность имеет характерный вторичный профиль, зависящий от условий абразивной очистки, свойств абразива, первоначального состояния поверхности, подлежащей обработке. Первоначальные шероховатость (или

первичный поверхностный профиль) можно изменить с помощью операции абразивной струйной очистки.

Следует различать дробемётную и дробеструйную обработку. Дробемётная обработка поверхности происходит исключительно за счёт подачи абразивов под действием центробежной силы вращающихся элементов. Дробеструйная же обработка представляет собой обработку потоком частиц, подаваемых на поверхность под большим давлением сжатого воздуха.

Центробежная абразивная струйная очистка. Дробемётная обработка проводится на неподвижных установках или в передвижных устройствах, где абразив подаётся на вращающиеся колёса или лопасти, разбрасывающие его равномерно с большой скоростью по очищаемой поверхности.

Дробемётные установки предназначены для абразивной струйной обработки, управляемой вручную, дистанционно или автоматически. Поток дробы создаётся центробежными дробемётными аппаратами, стационарно установленными в камере очистки. Процесс обработки происходит в специальных камерах, изготовленных из износостойкой стали, оборудованных системами вентиляции воздуха и рециркуляции дробы. Дробеструйные установки предназначены для очистки небольших поверхностей после различной механической обработки.

Отличительной особенностью дробемётной установки является то, что разброс абразива осуществляется не воздушной струей, а специальной турбиной, что значительно снижает энергозатраты процесса. Вместе с камерой поставляется промышленный фильтр, обеспечивающий удаление пыли из внутреннего объема установки.

Абразивная струйная очистка сжатым воздухом осуществляется при подаче абразива в поток воздуха и направления образующейся воздушно-абразивной смеси с высокой скоростью с помощью сопла на очищаемую поверхность. Абразив можно впрыскивать в воздушный поток из емкости, находящейся под давлением, или вовлекать воздушным потоком в процессе всасывания из ёмкости, не находящейся под давлением. Этим способом очищают поверхности с помощью дробеструйных аппаратов.

Дробеструйный аппарат – устройство, создающее высокоскоростной поток абразивного материала. Стационарно включённый в цикл оборота абразивного материала дробеструйный аппарат является основным узлом установки дробеструйной очистки.

Размер сопла, давление воздуха, материал, используемый для струйной очистки, а также исходное состояние обрабатываемой детали определяют производительностью установки очистки.

Аппараты оснащаются воздушными фильтрами-влажнителями для предотвращения попадания в бак конденсата и масел от компрессора. Это предотвращает перебои в работе, вызванные выгрузкой из бака отсыревшего абразива.

Для питания установок используется сжатый воздух, очищенный от влаги и масла до 2-го класса чистоты по ГОСТ 17433-80, давлением 0,5 – 1,0 МПа и расходом 1,5 – 10 м³/мин на один рабочий пост в зависимости от диаметра струйного сопла.

При обработке крупногабаритных конструкций, сложных пространственных ферм, массивных металлоконструкций и транспортных средств целесообразно использовать обитаемые камеры. Изделие на тележке или другом механизме помещают внутрь камеры, где происходит обработка.

Обитаемая камера – это комплекс оборудования, который обеспечивает подачу и разгон абразива, сбор и улавливание пыли, очистку воздуха от пыли и обеспыливание абразива. В основе комплекса оборудования – дробеструйное помещение, размеры которого позволяют проводить обработку изделий.

Дробеструйное помещение или обитаемая камера представляет собой прочную конструкцию из профилей или стального листа. Дробеструйную камеру можно использовать самостоятельно или в составе какой-либо технологической линии, например, линии окраски. К стандартным элементам дробеструйного помещения относятся резиновая облицовка стен, подвод свежего воздуха и пыленепроницаемое освещение.

Дробеструйные камеры оснащают дробеструйными аппаратами и фильтрами очистки воздуха. В зависимости от потребностей заказчика в камерах устанавливают следующее оборудование:

- системы автоматического сбора и подачи абразива,
- системы сепарации абразива,
- промышленные фильтры и системы вентиляции,
- компрессорное оборудование.

В камерах могут применяться обычные и рельсовые тележки любой грузоподъемности. Транспортный паз в потолке камеры позволит использовать цеховой кран или транспортёр, приспособленный для обрабатываемых деталей. В полу камеры предусматриваются системы сбора пыли и абразива. Системы рекуперации и подачи дроби, как правило, находятся вне камеры обработки.

Обработка может проводиться несколькими способами:

- оператор в специальном снаряжении обрабатывает конструкции вручную,
- в полуавтоматическом режиме – оператор руководит обработкой с помощью специального манипулятора,
- в автоматическом режиме – оператор следит только за технологическими параметрами процесса.

Конструкции обитаемых камер не бывают унифицированными и зависят, как правило, от номенклатуры обрабатываемых деталей и программы их выпуска.

Для абразивной струйной обработки поверхности деталей могут применяться различные материалы: кварцевый и циркониевый песок, стальной скрап и стальная дробь, электрокорунд и карбид кремния, резаная бронзовая проволока и бронзовая дробь, пластмассовый гранулят и стеклянный бисер.

Химические методы подготовки поверхности перед окраской

Наиболее простой способ химической подготовки поверхности – применение растворителей, (например, уайт-спирта, нефраса и др.), для удаления масляных и других загрязнений. Существует компактное оборудование для применения в качестве растворителя перхлорэтилена, при использовании которого не требуются промывка изделий водой после обезжиривания, сушка от влаги, отсутствуют сточные воды и достигается высокое качество обезжиривания.

Однако, несмотря на все достоинства применения растворителей, такая очистка не создает конверсионных слоёв и не обеспечивает удовлетворительной коррозионной стойкости ЛКП. Поэтому применение растворителей весьма ограничено в качестве самостоятельной подготовки поверхности перед окраской.

Химические методы обработки поверхности водными растворами позволяют получить на поверхности металлов различные конверсионные покрытия (фосфатные, хроматные, оксидные и др.) и тем самым способствуют получению физико-химических и защитных свойств покрытий.

Для химической подготовки поверхности используются готовые обезжиривающие, фосфатирующие, хроматирующие, активирующие, пассивирующие составы, выпускаемые серийно.

Обезжиривающие растворы

Процесс обезжиривания заключается в удалении загрязнений с поверхности под воздействием специальных химических веществ. Для этого используются органические растворители, щелочные водные и эмульсионные составы.

Самое широкое распространение в настоящее время получили щелочные водные растворы. Они экономичны, удаляют нерастворимые твердые и жировые, а также растворимые в воде загрязнения, при этом получается чистая гидрофильная поверхность. Эти составы не воспламеняются и относительно малотоксичны, поддаются регенерации методом ультрафильтрации и другими методами.

Недостатками процесса обезжиривания растворами щелочей являются: большое время очистки; повышенная температура обработки (до 90 °С); необходимость механического перемешивания; окисление поверхности некоторых металлов; чрезмерное пенообразование. Кроме того, имеются некоторые загрязнения, которые трудно смываются с помощью одного моющего вещества.

Фосфатирующие растворы

Для улучшения физико-механических и антикоррозионных свойств ЛКП на чёрных и низколегированных сталях, а также цинка и иногда алюминия все шире используется процесс фосфатирования. Несмотря на усложнение технологии подготовки поверхности за счет введения ещё одной операции и удорожание агрегата подготовки поверхности, введение фосфатирования является экономически целесообразным, так как позволяет увеличить срок службы ЛКП на 30–50 %.

Фосфатирующий состав представляет собой смесь фосфорной и азотной кислот, оксида цинка и целевых добавок. В последнее десятилетие появились универсальные обезжиривающие фосфатирующие составы, которые позволяют сократить число операций и удешевить процесс подготовки поверхности.

Активирующие растворы

Используются для обеспечения постоянного качества фосфатных слоёв на основе солей цинка. Для сокращения расхода фосфатирующих растворов и нормализации поверхности перед фосфатированием проводят операцию активации специальным титан-фосфатным соединением.

Хроматирующие растворы

Наряду с фосфатированием для создания на поверхности металлов неметаллического покрытия используется хромирование. Этот метод обладает следующими преимуществами по сравнению с фосфатированием: обработка может проводиться при температуре 20 °С; время обработки от 5 до 30 с; более высокая коррозионная стойкость в сочетании с ЛКП; высокие физико-химические свойства, позволяющие профилировать окрашенные поверхности; возможность обработки поверхности различных материалов.

Недостатком метода хромирования является наличие хрома в сточных водах.

Пассивирующие растворы

Последней стадией подготовки поверхности является пассивирование. Для этой цели используются различные окислители: соединения хрома, нитрат натрия и др. Операция пассивирования необходима, если проводится только

обезжиривание, так как при сушке возможна вторичная коррозия. Использование этой операции после фосфатирования также значительно повышает коррозионную стойкость последующего нанесённого ЛКП. Недостатком пассивирования является наличие хрома или других окислителей в сточных водах.

Травильные растворы

Окрашивание поверхностей со следами ржавчины или окалина обычным ЛКП не допускается. Для удаления их после операции обезжиривания проводится операция травления в кислотах с добавлением ингибиторов.

Модификаторы (преобразователи ржавчины)

Ржавчина обычно представляет собой сложную систему, состоящую из продуктов коррозии железа (различных модификаций гидроксидов и оксидов) и посторонних примесей (солей, природной и производственной пыли и др.). Фазовый и химический составы, а также свойства продуктов коррозии зависят от агрессивности среды, в которой они образовались.

Модификаторами ржавчины являются вещества, способные обезвреживать агрессивные примеси и стабилизировать состояние ржавчины. Они обычно представляют собой кислые ингибированные растворы с органическими комплексообразователями, или грунтуются на основе синтетических или природных пленкообразователей, содержащие активные добавки, ингибиторы и т.п.

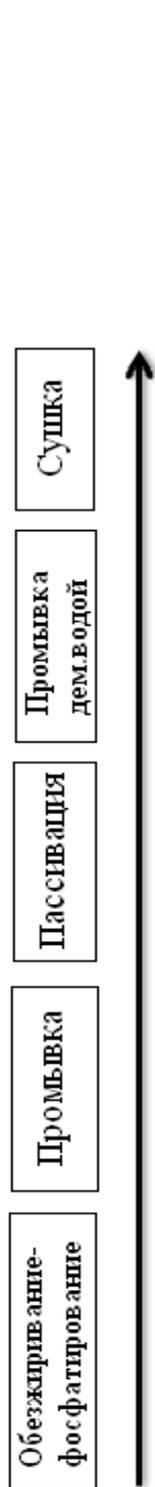
Модификаторы ржавчины применяются, как правило, в комплексе с ЛКП. Нанесение и сушка ЛКП осуществляется в соответствии с нормативно - технической документацией.

Для обработки деталей и изделий химическими водными растворами применяют агрегаты химической подготовки поверхности (АХПП) методами погружения, струйного облива или смешанными методами.

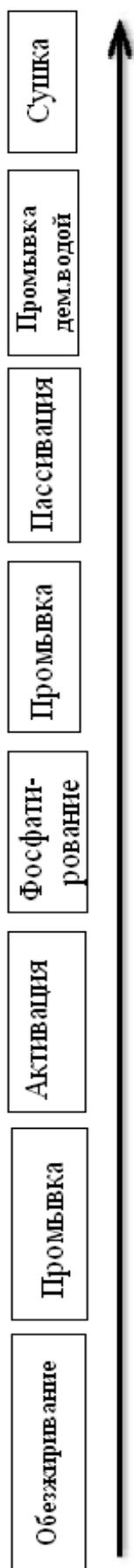
Документом, нормирующим проведение процессов предварительной обработки, является ГОСТ 9.402-2004 «ЕСКЗС. Покрyтия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей к окрашиванию».

На рис. 4.3 представлены стадии различных методов химической подготовки поверхности: аморфное фосфатирование, кристаллическое фосфатирование, нанотехнологии (для обработки стали и алюминия) и хроматирование.

Аморфное фосфатирование



Кристаллическое фосфатирование



Нанотехнология для обработки стали



Нанотехнология для обработки алюминия



Хромирование



Рис. 4.3 Стадии различных методов химической подготовки поверхности

Оборудование при обработке поверхности методом погружения

Участок подготовки поверхности перед окраской методом погружения в общем виде включает агрегат химической подготовки поверхности (АХПП) методом погружения, камеру сушки от влаги и вспомогательное оборудование.

В состав АХПП входят ванны, система вентиляции, загрузочно-разгрузочные устройства, трубопроводы, площадка обслуживания, транспортная система, насосное оборудование контрольно-измерительных приборов и автоматика (КИПиА).

Обработка изделий любой конфигурации производится непосредственно в ваннах с рабочими водными растворами. Габариты ванн различаются в зависимости от размера и конфигурации обрабатываемой детали, их вместимость может составлять от 0,1 л до 170 м³.

Мелкие изделия обрабатывают в барабанах и корзинках, длинномерные (такие как алюминиевые профили или трубы) устанавливают на специальные подвески для последовательного перемещения по ваннам АХПП. В этом случае длина ванн может достигать 8–9 м, а ширина и высота зависят от габаритов подвески.

Нагрев рабочих растворов ванн производится нагревателями в виде блоков трубчатых электронагревателей (ТЭНов) или промежуточными теплоносителями в виде змеевиков, рубашек, выносных теплообменников. В качестве теплоносителей применяют насыщенный или перегретый пар, горячую воду, электроэнергию. При рабочих температурах 80 – 90 °С предпочтительно применение насыщенного пара.

Основным достоинством нагрева ванн водяной рубашкой является отсутствие непосредственного контакта греющей поверхности с агрессивной средой материала. В этом случае рабочий раствор нагревается промежуточным носителем – водой, окружающей боковые стенки и дно ванны.

При обработке поверхности методом погружения для уменьшения диффузионных ограничений перемешивание растворов ванн любых габаритов можно осуществлять барботажем сжатого воздуха. Для обработки деталей со скрытыми сечениями (труб и длинномерных профилей) лучшее перемешивание достигается циркуляцией раствора центробежным насосом.

Сушильные камеры при обработке методом погружения представляют собой камеры погружного типа с верхней загрузкой, в которых детали обдуваются горячим воздухом, нагретым в калорифере с помощью электропаронагревателей или горячим воздухом от нагревателей на природном газе.

Достоинства химической подготовки поверхности методом погружения:

- компактность оборудования, небольшие производственные площади;
- :получение высококачественных покрытий кристаллического фосфатирования

Недостатки:

- необходимость перезагрузки деталей на другой транспортер для окрашивания;
- применение более концентрированных химических растворов, чем при методе струйного облива, что приводит к загрязнениям сточных вод;
- необходимость складирования деталей и соответственно производственных площадей для обработанных деталей;
- более низкое качество обезжиривания и промывки по сравнению со струйным методом.

Оборудование для подготовки поверхности методом струйного облива

Аппарат представляет собой проходной многосекционный туннель. Скомпонованное и соединённое подвесным конвейером оборудование составляет поточную линию подготовки поверхности к окрашиванию. Туннель имеет входной и выходной тамбуры между секциями зоны стока воды.

В зависимости от требований, предъявляемых к ЛКП, технологические процессы химической подготовки поверхности включают различные стадии. После каждой из основных стадий проводятся по одной или несколько ступеней промывок деминерализированной водой.

В зависимости от выбранного технологического процесса агрегат химической подготовки поверхности (АХПП) струйным обливом предназначены для создания технологических процессов, включающих 3–15 стадий обработки поверхности. Чем больше стадий обработки, тем выше качество подготовки поверхности.

Обработка поверхности методом струйного облива заключается в том, что изделие или подвеска с деталями помещается в камеру обработки, внутри которой установлен контур струйного облива. Контур представляет собой ряд последовательно расположенных колец струйного облива (труб-гребёнок с форсунками), охватывающих объёмное изделие таким образом, что форсунки распыления жидкости перекрывают друг друга. Количество колец при обработке в тупиковых камерах зависит от длины изделия и шага между кольцами, который определяется производительностью форсунок и углом распыления форсунки жидкости.

Форсунка может быть сконструирована в виде отдельного жёстко ориентированного сопла или с поворотом сопла, позволяющим менять направление форсунки жидкости.

В зависимости от диаметров входного и выходного отверстий форсунки обеспечивают различную производительность. Чаще применяют форсунки производительностью 6–12 л/мин. При обработке крупных изделий (например,

кузовов автомобилей) используют насадки производительностью 25 л/мин. Необходимо отметить, что между производительностью форсунок, их количеством, производительностью насоса и объёмом ванны должны соблюдаться соотношения, способствующие качественной обработке поверхности изделий.

АХПП методом струйного облива могут быть тупикового и проходного типа. Детали или изделия последовательно обрабатывают в камерах в соответствии с технологическим процессом.

Транспортирование изделий при обработке в тупиковых камерах производится тележками или монорельсовым подвесным конвейером. Расположенные рядом секции обработки представляют собой АХПП проходного действия. В каждой камере последовательно реализуется не менее трёх стадий химической подготовки поверхности.

Несмотря на достоинство оборудования с монорельсовым транспортёром (компактность, возможность окраски на едином транспортёре), этот способ малопроизводительный, так как позволяет обрабатывать изделия только периодически и применим при малых программах – 3–4 подвески/ч.

Несколько большую производительность (до 12 подвесок/ч) обеспечивает АХПП периодического действия проходного (тактного) типа. В этих агрегатах камеры обработки устанавливаются последовательно одна за другой и образуют туннель обработки проходного типа. Во избежание попадания брызг из одной камеры в другую между ними устанавливаются двери, открываемые электро- или пневмоприводом с автоматическим или ручным управлением.

К достоинству агрегатов периодического действия (АПП) относится уменьшение их длины по сравнению с агрегатами непрерывного действия, так как отсутствуют входной, выходной и переходной тамбуры.

Недостатком при такой обработке является отсутствие движения изделий относительно контуров орошения, что вызывает некоторое ухудшение качества подготовки поверхности.

Высокую производительность обработки изделий струйным обливом обеспечивают АХПП непрерывного проходного типа, в которых подвески с деталями перемещаются с помощью подвесных конвейеров непрерывного действия. Такой АХПП представляет собой ряд последовательно расположенных секций. Количество секций задаётся технологическим процессом подготовки поверхности и может составлять 3–15 секций.

Ряд последовательно расположенных проходных камер подготовки представляет собой туннель, в котором производится весь технологический процесс подготовки поверхности.

Скорость перемещения подвесок с изделиями зависит от параметров обрабатываемых изделий и их габаритов. Обычно используют конвейеры со скоростью перемещения 0,5–2,0 м/мин. В некоторых случаях скорость

перемещения может достигать 6 м/мин. Иногда применяют приводы конвейеров с частотным преобразователем, что позволяет варьировать скорость и изменять её до 1,5 раз.

В начале и конце туннеля располагаются входной и выходной тамбуры, предотвращающие попадание паров растворов и брызг жидкостей в атмосферу цеха.

Достоинства химической подготовки поверхности методом струйного облива:

- возможность применения единого конвейера для подготовки поверхности и окраски изделия;
- высокое качество обезжиривания и промывки изделий;
- высокая производительность;
- использование растворов более низкой концентрации по сравнению с методом погружения;
- возможность автоматизации технологического процесса.

Недостаток – необходимость в больших производственных площадях.

Одним из наиболее эффективных смешанных методов подготовки поверхности является *метод пароструйной подготовки*. Этот метод во многих случаях позволяет решать проблемы, вызванные ограниченным количеством производственных площадей, энергетическими и финансовыми трудностями.

Применение пароструйного метода особенно целесообразно для подготовки поверхностей крупногабаритных изделий сложной конфигурации. К ним относятся сборные строительные конструкции, элементы грузовых автомобилей, кузовов, железнодорожных вагонов, контейнеров, деталей самолетов.

При окраске таких крупных изделий постоянно возникает вопрос о качественной подготовке поверхности без значительных капиталовложений на многостадийные агрегаты струйного облива или агрегаты подготовки методом погружения.

Метод пароструйной подготовки заключается в том, что специальными установками или аппаратами создаётся пароводяной факел, направленный на поверхность обрабатываемого изделия при высоких температурах (135–145 °С) и давлении (8–30 кг/см²). Расход воды на один ствол-очиститель должен составлять не менее 1,1 м³/ч.

В пароводяную смесь дозируются химикаты, позволяющие проводить химическую подготовку поверхности: обезжиривание, железифосфатирование, пассивацию и (при необходимости) промывку.

Необходимо отметить, что при пароструйной обработке с поверхности изделий не удаляются ни окалина, ни ржавчина, для удаления которых применяются, как правило, механические методы.

Достоинства метода: простота оборудования и малые производственные площади, а также обработка крупно-и среднегабаритных изделий.

Главным недостатком является отсутствие рециркуляционной воды и необходимость непрерывного сброса сточной воды на очистные сооружения. Применение установок выпаривания сточных вод под вакуумом позволяет создать бессточную технологию.

4.3. Окрашивание изделий

В зависимости от состояния ЛКМ и способа его нанесения на изделие методы окрашивания в соответствии с ГОСТ 9.105-80 разделяются на 5 групп.

Методы окрашивания изделий приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Методы окрашивания

Состояние лакокрасочного материала	Способ подачи	Метод окрашивания	Группа
Жидкий диспергированный материал	ЛКМ в дозированном количестве равномерно подаётся на поверхность в виде жидкого диспергированного материала	Пневматическое распыление. Безвоздушное распыление. Электростатическое распыление. Пневмоэлектростатическое распыление. Безвоздушное электростатическое распыление.	I
Порошковый материал	Лакокрасочный материал в дозированном количестве равномерно подается на поверхность в виде порошковой аэродисперсии	Пневматическое распыление на нагретое изделие. Пневмоэлектростатическое распыление на нагретое или холодное изделие.	II
	Нагретое или холодное изделие погружается в порошковую аэродисперсию	Погружение в псевдооживленный слой нагретого изделия. Погружение (без погружения) в псевдооживленный слой нагретого или холодного изделия с применением электрополя.	

Состояние лакокрасочного материала	Способ подачи	Метод окрашивания	Группа
В объёме материала	Изделие погружается в лакокрасочный материал	Окунание. Окунание с последующей выдержкой в парах растворителя. Окунание с последующим центрифугированием. Электроосаждение. Автоосаждение.	III
Струя материала	Лакокрасочный материал подаётся на поверхность в виде струй или свободно падающей завесы	Струйный облив. Струйный облив с последующей выдержкой в парах растворителя. Налив.	IV
Слой материала	—	Валок. Кисть.	V

К первой наиболее распространённой группе относятся: пневматическое распыление, безвоздушное (гидравлическое) распыление, распыление в электрическом 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. От свойств аэрозоля и от того, насколько он полно осаждается и коагулирует на поверхность, зависят экономические и качественные показатели получения покрытий.

Ко второй, очень перспективной группе относятся методы окрашивания, основанные на получении покрытий из аэродисперсий сухих порошковых красок. В этом случае материал равномерно в дозированном количестве путём пневматического или электростатического распыления попадает на изделие в виде порошковой аэродисперсии или нагретое изделие погружается в псевдооживленный слой порошковой краски.

Третью, четвёртую и пятую группы составляют окунание, облив, налив, электро- и автоосаждение, окрашивание кистью и валиком. Для нанесения покрытия этими методами необходим прямой контакт твёрдой поверхности и жидкого ЛКМ, а также возможно полное их взаимодействие (смачивание).

Выбор метода окрашивания производится в зависимости от вида применяемого ЛКМ, класса покрытия, габаритов и конфигурации изделий, типа производства, экономических показателей.

Пневматическое распыление

Метод пневматического распыления ЛКМ заключается в воздействии потока сжатого воздуха, вытекающего из кольцевого зазора воздушной головки, на струю распыляемого материала, поступающего из отверстия соосно размещённого внутри её сопла.

При распылении сжатый воздух вытекает из кольцевого зазора головки с большой скоростью (до 450 м/с), в то время как скорость истечения струи ЛКМ ничтожно мала. При высокой относительной скорости течения сжатого воздуха возникает трение между струями воздуха и распыляемого ЛКМ, вследствие чего струя, как закрепленная с одной стороны, вытягивается в тонкие отдельные струи. При этом на поверхности струй возникают колебания, приводящие к распаду струй и образованию множества полидисперсных капель (красочного аэрозоля ЛКМ).

В процессе распыления образуется движущая масса полидисперсных капель диаметром 6—100 мкм (в дальнейшем называемая факелом). При её направленном перемещении к поверхности окрашиваемого изделия в факеле происходит также и перемешивающее движение, что способствует равномерному распределению ЛКМ по сечению факела.

Достигая окрашиваемой поверхности, факел настигается на неё и распространяется по ней радиально во все стороны. Основная масса полидисперсных капель, имея достаточную скорость, осаждается на поверхности. Часть их (наиболее мелкая фаза), потеряв скорость, не достигает поверхности и уносится уходящим потоком воздуха, образуя красочный туман (потеря ЛКМ на туманообразование).

Для пневматического распыления ЛКМ используется давление сжатого воздуха 0,2–0,6 МПа.

Наиболее широкое распространение для нанесения ЛКП получили КРП (краскораспылители пневматические). КРП универсальны, т.е. могут быть применимы с разной производительностью практически в любых производственных условиях, просты по устройству и обслуживанию, надёжны в работе, используются для нанесения почти всех ЛКП, производимых промышленностью.

К недостаткам применения КРП относятся:

- высокий уровень потерь ЛКМ при окраске (от 24 до 55 %) и, как следствие, необходимость использования специальных окрасочных камер с устройствами для вытяжки и очистки выбрасываемого в атмосферу воздуха, загрязненного красочным аэрозолем,
- большие расходы растворителей для разведения ЛКМ до рабочей вязкости.

Безвоздушное распыление

Нанесение ЛКП методом безвоздушного распыления происходит за счёт высокого гидравлического давления, оказываемого на ЛКМ, и вытеснения последнего с большой скоростью через эллиптическое отверстие специального сопла.

При этом потенциальная энергия ЛКМ при выходе его в атмосферу переходит в кинетическую энергию, возникают завихрения, вызывающие появление в струе незатухающих турбулентных пульсаций различных размеров, которые приводят к возмущению поверхности струи, развитию колебаний различных форм и деформации этой поверхности. Поверхность усиливается благодаря гидродинамическому воздействию окружающего воздуха. При этом образуется облако аэрозоля, размер капель которого колеблется в широком диапазоне.

Обладая кинетической энергией, капли ЛКМ движутся в направлении окрашенной поверхности изделия, увлекая за собой часть окружающего воздуха. Преодолевая сопротивление воздуха, капли ЛКМ тормозятся и мягко настилаются на поверхность изделия, образуя ЛКП. Часть наиболее мелких капель при этом настолько теряют свою скорость, что не долетают до окрашиваемой поверхности, выпадают из окрасочного факела и оседают на полу и окружающих предметах.

Для распыления ЛКМ применяются струйные форсунки, работа которых характеризуется давлением нагнетаемого материала, производительностью (расходом ЛКМ через сопло), формой факела распыляемого материала, дисперсностью аэрозоля ЛКМ.

Для безвоздушного распыления ЛКМ используется давление на материал от 10 до 25 МПа.

Применение установок безвоздушного распыления (УБР) (по сравнению с краскораспылителями пневматическими (КРП)) позволяют:

- снизить потери распыляемого материала на туманообразование,
- уменьшить расход растворителей с возможностью распыления более вязких ЛКМ,
- снизить мощность вентиляции, так как необходимо удалять в основном пары растворителей,
- уменьшить в ряде случаев трудоёмкость окрасочных работ благодаря возможности нанесения утолщённых покрытий,
- улучшить санитарно-гигиенические условия работы (особенно при недостаточной вытяжке).

В отличие от факела, получаемого при работе КРП, при использовании УБР факел распыленного ЛКМ резко очерчен и почти не образует красочного тумана.

К недостаткам использования УБР относятся: сравнительно большой расход ЛКМ через сопло (не менее 400 г/мин), невозможность изменения сопла (как ширины факела) в процессе работы и, как следствие, ограниченность применения УБР при окраске изделий сложной конфигурации (резко возрастают потери ЛКМ, на окрашенной поверхности таких изделий наблюдаются подтёки), пониженное по сравнению с пневматическим распылением качество получаемого покрытия, ограниченное применение УБР для нанесения ЛКМ с грубыми, легковыпадающими в осадок пигментами и наполнителями (забивание отверстия сопла).

Распыление в электрическом поле высокого напряжения

Нанесение ЛКП в электрическом (электростатическом) поле высокого напряжения является одним из прогрессивных методов окраски изделий.

Метод основан на переносе заряженных частиц ЛКМ в электростатическом поле, создаваемом между двумя электродами, один из которых – распыляющее устройство, а другой – окрашиваемое изделие. Высокое напряжение (обычно отрицательное) подводят к распыляющему устройству, а изделие заземляют.

Существует несколько вариантов этого метода окраски, различающихся тем, что в одних случаях заряд ЛКМ, его распыление, перенос и осаждение частиц на изделие осуществляется в основном только за счёт электростатических сил, а в других – за счёт совместного действия механических и электрических сил.

Вследствие того что частицы ЛКМ движутся по силовым линиям электростатического поля, охватывающим изделие, достигается уменьшение расхода ЛКМ на 30–70 % по сравнению с обычным пневматическим распылением.

К преимуществам метода также относятся возможности механизации и автоматизации окраски, сокращение затрат на оборудование вентиляционных устройств, улучшение санитарно-гигиенических условий труда. Наибольший экономический эффект достигается в серийно-массовом производстве однотипных изделий в сочетании с механизированными методами подготовки поверхности и сушки.

Недостатком метода является неполное прокрашивание изделий сложной конфигурации, имеющих впадины и сложные сопряжения. В этих случаях требуется дополнительное ручное подкрашивание.

Окрашивание порошковыми полимерными красками

Порошковые ЛКМ существенно отличаются по свойствам от жидких материалов, поэтому требуют применения специальной технологии и оборудования для получения покрытий. Существуют различные методы получения покрытий из порошковых красок, выбор которых определяется размерами и массой изделий, их конструктивными и технологическими особенностями, требованиями, предъявляемыми к покрытию.

Пневматическое распыление – порошковый материал в дозированном количестве равномерно подаётся в виде порошковой аэродисперсии на предварительно нагретое изделие.

Пневмоэлектростатическое распыление – дозированный заряженный порошковый материал равномерно подаётся в виде порошковой аэродисперсии на холодное или нагретое изделие.

Заряджение частиц порошкового материала может осуществляться как от источника высокого напряжения, так и благодаря трибоэлектрическому эффекту, при котором порошок заряжается за счёт трения при контакте дисперсных частиц порошка между собой с трибоэлектризующими элементами поверхности в распыляющих устройствах и при пневматической транспортировке порошковой аэродисперсии.

Нанесение порошкового материала в электростатическом поле основано на использовании силового взаимодействия электрических полей с заряженными частицами порошка, в результате которого заряженные частицы перемещаются к противоположно заряженному изделию и осаждаются на его поверхности.

Преимуществом этого метода является возможность:

- исключения предварительного нагрева изделий, уменьшение до минимума потерь порошка в процессе напыления,
- получения равномерных по толщине покрытий на изделиях сложной конфигурации,
- нанесения порошковых покрытий на изделия из различных материалов, высокая производительность процесса нанесения покрытия
- возможность полной автоматизации процесса.

Окунание

Окрашивание окунанием является одним из наиболее простых и производительных методов, широко применяемых как в механизированном, так и в немеханизированном производстве. Сущность метода заключается в том, что окрашиваемое изделие погружают в ванну, заполненную ЛКМ, затем извлекают и выдерживают определённое время над ванной или лотком для стекания избытка материала с поверхности.

Метод не требует применения сложного оборудования и обслуживания высококвалифицированным персоналом. Одновременно можно прокрашивать наружные и внутренние поверхности большого числа различных изделий, при этом процесс окраски может быть полностью механизирован.

Однако при окрашивании методом окунания внешний вид покрытия хуже, чем при окрашивании распылением, так как наблюдается значительная неравномерность покрытия, подтёки и наплывы по концам и острым кромкам изделий. Окрашиваемые изделия должны иметь сравнительно обтекаемую и гладкую поверхность без глухих «карманов» (для обеспечения полного и равномерного стекания избытка материала), нельзя наносить толстые слои и применять быстросохнущие ЛКМ. К недостаткам относят также необходимость использования больших объёмов ЛКМ и повышенный расход растворителей вследствие их испарения с поверхности зеркала материала.

Установки для окрашивания окунанием с обычным стоком и с выдержкой изделий в парах растворителей во многом однотипны. Применяются установки, главной составной частью которых являются ванны. Размеры ванн определяются размерами окрашиваемых изделий.

При окраске мелких изделий в условиях единичного и мелкосерийного производства применяют ванны объёмом от нескольких литров до 0,5 м³. При массовом и крупносерийном производстве изделия окрашивают в установках, имеющих две зоны: зону окраски и зону стока избытка ЛКМ (длина зоны стока рассчитывается по времени стекания – 5–15 мин).

Установка представляет собой агрегат туннельного типа, состоящий из камеры, ванны окунания и лотка для стока избытка ЛКМ с поверхности изделия, системы перемешивания и фильтрации материала, вытяжной вентиляции и системы автоматического управления. Камера – конструкция проходного типа – служит для ограждения пространства, в котором окрашиваются изделия, от помещения цеха.

Ванны с ЛКМ располагаются внутри камеры. Их объём может колебаться от нескольких литров до десятком кубических метров. Транспортирование изделий осуществляется подвесным конвейером периодического или непрерывного действия. Скорость движения конвейера непрерывного действия – 0,1–2,5 м/мин.

Более равномерное покрытие с меньшими подтёками и наплывами получают при окрашивании изделия окунанием с последующей выдержкой изделия в парах растворителей. В этом случае после окунания в ванну окрашенные изделия, подвешенные на конвейере, направляются в паровой туннель для стекания избытка материала и предварительного формирования покрытия.

Паровой туннель оборудован рециркуляционной системой вентиляции для равномерного распределения концентрации паров растворителей по его объёму.

Струйный облив

Окрашивание струйным обливом происходит при нанесении ЛКП на поверхность изделия ламинарными струями со всех сторон. Как и при окунании, материал поступает на окрашиваемую поверхность, после чего его избытки стекают в течение определённого времени.

По сравнению с оборудованием для окрашивания окунанием в методе струйного облива отсутствуют громоздкие ванны с большим количеством ЛКМ (объём материала, находящегося в системе, сокращается в 8–10 раз). Это уменьшает пожароопасность цеха и отпадает необходимость в установке резервуаров для хранения и аварийного слива материала.

Для получения более равномерного покрытия изделия с нанесённым ЛКМ выдерживают в парах растворителей. При этом испарение растворителя из нанесённого слоя замедляется, что даёт возможность избытку материала более полно стечь с изделия, а оставшемуся ЛКМ – равномерно распределиться по поверхности.

При массовом и серийном окрашивании изделий струйным обливом потери ЛКМ сокращаются на 24–30 % по сравнению с пневматическим распылением и на 10–15 % по сравнению с окунанием.

Применение струйного облива позволяет полностью автоматизировать процесс окрашивания – на одном конвейере можно окрашивать изделия различных конфигураций и размеров. По сравнению с методом окунания улучшаются санитарно-гигиенические условия труда и внешний вид покрытия.

Недостатки метода: повышенный расход растворителя (в некоторых случаях 150–200 % от расхода материала), невозможность многоцветной окраски изделия, необходимость больших производственных площадей, невозможность окрашивания изделий с глубокими карманами и внутренними полостями, затрудняющими стекание избытка материала.

Налив

Окрашивание методом налива широко применяют для нанесения ЛКМ на бруски, щитовые изделия из древесины, фанеры, картона, древесно-стружечных плит и др.

Сущность метода заключается в том, что изделия двигаясь на ленточном конвейере в горизонтальной плоскости, проходят через широкую плоскую струю (завесу) ЛКМ, длина которой больше ширины изделий, а толщина равномерна по всей протяжённости изделия.

Преимущества – высокая производительность процесса (несколько десятков метров в минуту), низкие потери ЛКМ (5–10 %, возможность получения утолщённых покрытий (до 300 мкм) за один проход.

К недостаткам метода следует отнести: возможность окрашивания только плоских поверхностей, окраску изделия за один проход только с одной стороны, ограниченный ассортимент наносимых ЛКМ (нитроматериалы, полиэферы).

Валковый метод

Валковый метод окрашивания изделий заключается в том, что ЛКМ предварительно наносят на валок, который затем прокатывают по окрашиваемой поверхности и переносят на неё ЛКМ.

Преимущества валкового метода: высокая производительность процесса (до 200 м/мин при ширине изделия до 2 м), минимальные потери материала, сокращение расхода растворителя в связи с высоким содержанием сухого остатка применяемых материалов, получение равномерных по толщине покрытий с одинаковыми декоративными и защитными свойствами по всей окрашиваемой поверхности, возможность получения утолщённых покрытий (до 500 мкм за один проход), возможность автоматизации.

Недостаток – возможность окраски только плоских изделий (из листовой стали, фанеры, металлической ленты).

С помощью валков можно окрашивать изделия как с одной стороны, так и одновременно с двух сторон.

Электроосаждение

Электроосаждение – метод получения грунтовочных однослойных покрытий на металлических поверхностях в условиях крупносерийного производства, обеспечивающий высокую степень автоматизации и практически безотходное использование ЛКМ.

Сущность метода заключается в осаждении частиц ЛКМ на изделия под воздействием постоянного электрического тока. Используются главным образом, водоразбавляемые ЛКМ на основе плёнкообразователей-электролитов.

Нанесение покрытия в производственных условиях осуществляется путём погружения изделий в ванну с водоразбавляемыми ЛКМ при одновременном подключении электрического тока. Окрашиваемое изделие является анодом или катодом, корпус ванны (или специально опущенные в неё металлические пластины) – противоположным по знаку электродом.

Частицы ЛКМ, осаждаясь на поверхности изделия, образуют нерастворимую в воде плёнку. Участки поверхности, находящиеся в зоне максимальной плотности тока, окрашиваются в первую очередь, остальные участки также окрашиваются вследствие возрастания изолирующего действия уже образовавшегося покрытия. При этом равномерное по толщине покрытие образуется на изделиях сложной конфигурации. Эта способность называется рассеивающей (или проникающей).

Основными преимуществами окраски электроосаждением являются: исключение взрыво- и пожароопасности, равномерность нанесения покрытия даже на изделиях сложной конфигурации, возможность полной механизации и автоматизации, улучшение свойств покрытий.

К недостаткам следует отнести необходимость в больших производственных площадях, повышенные расходы технической и обессоленной воды, более высокие (по сравнению с другими методами) капитальные затраты на оборудование.

Метод применяют для получения грунтовочных слоёв перекрываемых другими слоями покрытия, а также для нанесения однослойных защитно-декоративных покрытий при минимальных потерях ЛКМ.

Применение метода электроосаждения наиболее эффективно при массовом и крупносерийном производстве. Ориентировочно на объём 1 м^3 ванны должно окрашиваться в день не менее 100 м^2 поверхности. Метод нашёл широкое наиболее применение в автомобильной промышленности и сельхозмашиностроении, а также в других отраслях при окраске мелких и средних изделий сложной конфигурации, на которых затруднительно получить равномерное покрытие другими методами, а также, если невозможно улучшить санитарно-гигиенические условия труда и обеспечить взрыво- и пожаробезопасность окрасочных работ.

Автоосаждение

В основе метода автоосаждения (хемоосаждения) лежат химические процессы взаимодействия композиции с подложкой, частичного растворения металла подложки, коагуляции композиции под влиянием ионов металла и осаждения её на поверхности металла.

Метод позволяет получить из вододисперсионных материалов, не содержащих органических растворителей, качественные покрытия, равномерные по толщине на внешних и внутренних поверхностях изделий, снизить энергетические затраты и повысить производительность труда за счёт возможности автоматизации технологического процесса. Экологически метод хемоосаждения наиболее благоприятный из всех методов окраски.

Окрасочные распылительные камеры

Нанесение ЛКМ методами распыления связано со значительным загрязнением окружающего воздуха аэрозолем ЛКМ и парами растворителей, что делает работу небезопасной в санитарном и пожарном отношении. Для обеспечения необходимых санитарно-гигиенических условий труда, пожаро- и взрывобезопасности окрашивание проводят в специальных распылительных камерах (кабинах), обеспечивающих максимальное удаление из зоны распыления загрязненного воздуха и его очистку. Кроме того, применение таких камер позволяет повысить качество ЛКП.

Распылительная окрасочная камера представляет собой закрытую или частично закрытую установку, оборудованную интенсивной вентиляцией. Основными элементами камеры являются корпус, вытяжной или приточно-вытяжной вентиляционный агрегат и фильтры для очистки воздуха.

Корпус камеры, служащий для ограждения зоны окрашивания от помещения цеха, состоит из металлического каркаса и закреплённых на нём листовых панелей ограждения, изготовленных из оцинкованной стали. Корпус может быть сварным либо собранным из отдельных секций, скреплённых между собой болтами.

Внутри камеры размещается окрашиваемое изделие. Для освещения в камере на стенах и потолке с внешней стороны корпуса через отдельные остеклённые проёмы установлены лампы во взрывобезопасном исполнении (люминесцентные или лампы накаливания). Рабочие места маляров расположены внутри камеры или вне её.

Красочный аэрозоль и пары растворителей, которые образуются в процессе окрашивания, удаляются из зоны распыления при помощи вытяжной вентиляции. В стенках корпуса камеры расположены закрываемые или открытые транспортные проёмы для прохода через них окрашиваемых деталей; рабочий проём (если рабочее место маляра находится вне камеры); дверной проём для входа в камеру; нижний или боковые проёмы для отсоса загрязнённого воздуха.

На потолке камеры может размещаться проём для подачи чистого воздуха. В зависимости от конструкции окрасочной камеры её входы (проходы) изолируются от производственных помещений либо закрывающимися дверями, либо при помощи воздушных или водяных завес, либо жёсткими или эластичными шторами. Под воздушной завесой понимается направленный поток воздуха, препятствующий поступлению из камеры загрязнённого воздуха.

Конструкции распылительных камер очень разнообразны, их можно классифицировать по различным параметрам.

В зависимости от размера окрашиваемых изделий окрасочные камеры делятся на:

- камеры для окрашивания мелких изделий (детали машин, части приборов и т.д.), устанавливаемых в открытом проёме;
- камеры для окрашивания изделий среднего размера (узлы станков, сельскохозяйственные машины, кабины и кузова автомобилей и т.д.);
- камеры для окрашивания крупных изделий (автобусы, троллейбусы, вагоны, тепловозы и т.д.).

В зависимости от вида производства и организации окрасочных работ используются:

- тупиковые камеры периодического действия (при малосерийном или единичном производстве);
- проходные (конвейерные) камеры периодического действия (в мелко- и среднесерийном производстве при неподвижном положении изделия на конвейере во время окраски);
- проходные камеры непрерывного действия (в серийном и массовом производстве для окраски перемещающихся изделий).

Проходные камеры могут быть односторонними или двусторонними – по расположению и числу рабочих мест.

Тупиковые камеры по своей функциональности делятся на собственно окрасочные, в которых производится только окраска изделий, и окрасочно-сушильные, где производятся и окраска, и сушка.

Окрасочные камеры могут быть оснащены поперечным, нижним или продольным отсосом загрязнённого воздуха.

Камеры с нижним отсосом загрязнённого и верхним притоком чистого воздуха применяются, как правило, для окраски средне- и крупногабаритных изделий.

Перемещение изделий через камеру может осуществляться подвесным или напольным конвейером периодического или непрерывного действия. Маляры при окрашивании находятся внутри камеры. В приточный короб камеры подаётся предварительно подогретый очищенный воздух от цеховой приточной системы вентиляции или от автономной установки кондиционирования. Поступая в камеру, приточный воздух оттесняет окрасочный аэрозоль и пары растворителей вниз. Загрязнённый воздух удаляется вытяжными вентиляторами через напольные решётки, проходит очистку в системе водяной фильтрации или при проходе через сухие напольные фильтры.

В камерах с боковым отсосом воздуха окрашивание производится через рабочий проём, а маляры или манипулятор с краскораспылителями находятся вне камеры.

Для окрашивания длинномерных изделий рекомендуются камеры с валентным расположением рабочих мест. Окрашиваемые изделия проходят на подвесном конвейере через транспортные проёмы. Удаляемый из камеры воздух

проходит через открытые проёмы камеры, систему сухих или водяных фильтров и выбрасывается в атмосферу.

Существуют также бескамерные окрасочные установки, применяемые для окрашивания средне- и крупногабаритных изделий. Они представляют собой вентилируемые зоны, оборудованные напольными решетками с вытяжной вентиляцией. Удаляемый загрязнённый воздух компенсируется общецеховой приточной системой вентиляции. Бывают бескамерные установки с автономной приточно–вытяжной вентиляцией, т.е. оснащённые тепловентиляционной установкой, обеспечивающей подачу атмосферного воздуха, фильтрацию, подогрев до необходимой температуры и выброс в атмосферу загрязнённого воздуха.

Окрасочные камеры должны отвечать следующим требованиям:

- должны быть удобны в работе и обслуживании, обеспечивать оптимальные условия для нанесения ЛКП (хорошая освещённость и свободный доступ к окрашиваемой поверхности изделия);
- камера должна предотвращать проникновение красочного аэрозоля и растворителя в окружающие помещения;
- загрязнённый воздух, удаляемый из камеры, должен быть полностью очищен от красочного аэрозоля на выходе из зоны распыления;
- быть пожаро- и взрывобезопасными, обеспечивать санитарно-гигиенические условия труда обслуживающего персонала (например, к рабочему месту маляра должен подаваться чистый желательного кондиционированный воздух).

Окрасочные камеры производятся такими зарубежными фирмами, как Omia (Франция), Wurster (Германия), Coral (Италия), Wagner (Германия), Daphne (Италия), Krautzberger (Германия), Haden S.A. (Франция), Saico (Италия).

Вытяжной вентиляционный агрегат

Предназначен для отсоса воздуха из окрасочной распылительной камеры. В его состав входит вентилятор, электродвигатель, всасывающие и нагнетательные воздухопроводы. Число вентиляторов и электродвигателей может быть различным и зависит от конструкции вентиляционного агрегата. Выбор вентилятора для конкретной камеры определяется такими факторами, как количество отсасываемого воздуха и сопротивление системы воздухопроводов и фильтра. В распылительных камерах чаще используются вентиляторы низкого и среднего давления – осевые или центробежные. Конструкция и материалы вентиляторов и электродвигателей исключают возможность искрообразования. На воздуховоде за вентилятором устанавливают обратный клапан, который

предотвращает приток холодного воздуха в камеру и окружающее помещение при отключении вентилятора.

Вентиляционный агрегат должен быть заблокирован с устройствами, подающими ЛКМ и сжатый воздух к краскораспылителям, чтобы обеспечить отключение подачи краски и воздуха и включение звуковой или световой сигнализации при остановке вентилятора или снижении его производительности по сравнению с расчётной.

Камеры, в которых производится окрашивание средних и крупных изделий, кроме вытяжной вентиляции, оборудуются также и приточной – для подачи чистого воздуха. Подача воздуха обычно осуществляется через специальный короб по всей площади потолка камеры. Потолок камеры, представляющий собой нижнюю поверхность короба, выполнен в виде решётки, на которую укладывают слой фильтрующего материала, служащий последней ступенью очистки подаваемого воздуха и обеспечивающий равномерное распределение воздуха по всей площади потолка. Подвод воздуха к коробу бывает горизонтальным или вертикальным, а в камерах большой длины воздух подводится с двух сторон. Приточно-вытяжные агрегаты могут иметь как моноблочное исполнение (когда приточная и вытяжная системы объединены в едином корпусе), так и раздельное.

Фильтры, очищающие отсасываемый воздух от красочного аэрозоля

Являются наиболее важным элементом окрасочной камеры. Камера может быть оборудована фильтрами сухой очистки или гидрофильтрами. В зависимости от размеров окрашиваемых изделий, количества и вида распыляемого ЛКМ, требований по охране окружающей среды можно подобрать соответствующую окрасочную камеру с сухой или водяной фильтрацией. Изделие при этом должно находиться между маляром и системой фильтрации.

В камерах с сухой фильтрацией при помощи вентилятора создаётся разрежение, обеспечивающее всасывание воздуха через фильтр, благодаря чему частицы краски остаются на поверхности фильтра и не распространяются в помещении. Площадь сухого фильтра равна площади проёма камеры, через который удаляется загрязнённый воздух. Для придания фильтру жёсткости, его заключают в рамку, размеры которой соответствуют размеру проёма. В зависимости от способа отделения красочного аэрозоля от загрязнённого воздуха, сухие фильтры делятся на фильтры контактного действия и фильтры инерционного действия.

Фильтры контактного действия изготавливают из стекловолокна. Первая ступень фильтров улавливает крупные частицы краски, вторая ступень улавливает более мелкие. При помощи вентилятора очищенный воздух выбрасывается в атмосферу. Стекловолоконные фильтры поставляются

рулонами различной ширины и длины. Эти фильтры не требуют ухода в процессе работы. Основной их недостаток в том, что они достаточно быстро засоряются, вследствие чего ухудшаются их рабочие параметры (пропускная способность, сопротивление) и сокращается срок службы. Такие фильтры чаще используют в окрасочных камерах с небольшим расходом ЛКМ, в том числе, в окрасочно-сушильных камерах системы автосервиса. Для более тонкой очистки воздуха в камере можно установить угольные фильтры.

Фильтры контактного действия и потолочные фильтры (фильтрующие подаваемый воздух) для окрасочных камер производят такие фирмы, как Filtrair (Голландия), Volz Luftfilter (Германия).

Сухой фильтр инерционного действия представляет собой несколько гофрированно-перфорированных картонных листов, соединённых между собой ребрами и имеющих отверстия для прохода воздуха в разных плоскостях. В основе работы такого фильтра лежит принцип инерционного разделения воздуха с красочным аэрозолем. Геометрия движения загрязнённого воздуха через фильтр заставляет его несколько раз менять свое направление. При этом частицы ЛКМ, являясь более тяжёлыми, осаждаются из воздуха в угловых пазах фильтра.

В зависимости от вида ЛКМ коэффициент очистки воздуха таким фильтром может достигать 98 %, а его максимальная ёмкость (способность удерживать сухую краску в зависимости от состава и плотности) – 15 кг/м² фильтра.

Основными преимуществами окрасочных камер с сухими фильтрами являются низкая потребляемая мощность, более низкая в сравнении с водяными камерами цена, простота замены отработанных фильтров и низкий уровень шума.

В окрасочных камерах с водяной фильтрацией (водяными завесами) также вентилятором создаётся разрежение, благодаря которому происходит всасывание загрязнённого воздуха. С помощью водяной завесы происходит осаждение твёрдых частиц краски. Промывка водой и дополнительная сухая фильтрация позволяют улавливать частицы краски и осаждают их в сборной ванне. Насос обеспечивает циркуляцию воды по ваннам, перелив из которых образует водяные завесы.

Гидрофильтр представляет собой короб с отверстиями для входа и выхода отсасываемого воздуха, выполненный из листовой стали. Его входное отверстие непосредственно примыкает к корпусу окрасочной камеры, а выходное соединено с воздухопроводом вытяжной вентиляции. Входящая в систему водяной фильтрации отстойная ванна снабжена всасывающими, переливными, сливными и подающими трубами, фильтрами для очистки воды и шаровым клапаном для регулировки уровня воды в ванне. Для подачи воды из ванны в гидрофильтр и обеспечения ей непрерывной циркуляции воды используется насос центробежного типа с электродвигателем во взрывобезопасном исполнении.

Ванна располагается под полом окрасочной камеры, который представляет собой решётчатый настил. Фильтры для очистки воды делят ванну на чистую и грязную зоны. Из чистой зоны ванны вода подается в гидрофильтр, из грязной – периодически сливается для отстаивания, коагуляции и утилизации отходов.

Наиболее широко в окрасочных камерах применяются так называемые экранные (каскадные) водяные фильтры. Над входным проёмом фильтра со стороны камеры установлен экран, над которым укреплена ванна-лоток. Вода из лотка стекает по экрану, образуя первичную водяную завесу толщиной 2–3 мм (на экране), которая перекрывает отверстие входного проёма камеры. Сплошная плёнка воды на пути движения загрязнённого воздуха вызывает коагуляцию красочного аэрозоля, осажая его в воде. Пройдя через первичную завесу, воздух попадает в промывной канал гидрофильтра, внутри которого на противоположных сторонах на разной высоте установлены пластины. Для создания внутренних водяных завес в этом канале вода подаётся через перфорированные трубы на верхнюю пластину, с которой стекает вниз на следующую пластину и т.д. Таким образом, создаётся несколько водяных завес, которые пересекает удаляемый из камеры воздух, проходящий промывной канал снизу вверх.

К достоинствам водяных фильтров относятся высокая пожаробезопасность и стабильная работа независимо от объёма высасываемого воздуха.

Все водяные фильтры имеют такие недостатки, как необходимость каждодневной очистки секционного экрана, сбора жидких отходов, очистки ванны и фильтров; коррозия гидрофильтров и камеры из-за влажности. Кроме того, производственные расходы, связанные с работой водяных окрасочных камер, такие как затраты на электроэнергию для перекачивающих насосов и собственно гидрофильтры, могут оказаться достаточно высокими.

4.4. Сушка лакокрасочных покрытий

Под сушкой (отверждением) ЛКП понимают процесс перехода плёнки ЛКМ из жидкого в стеклообразное состояние с фиксированием требуемых технологических, физико-механических и защитных свойств.

У термопластичных материалов отверждение лакокрасочной пленки сводится к удалению растворителя, а у термореактивных материалов оно связано как с удалением растворителя, так и с химическим превращением (поликонденсацией, полимеризацией), приводящими к образованию пленки с необратимой структурой.

Сушка ЛКП может быть естественной на открытой площадке или в помещении при 12–20 °С и принудительной, искусственной при повышенной температуре.

Естественная сушка в основном применяется для получения покрытий на основе быстросохнущих материалов (нитроцеллюлозных, перхлорвиниловых, двухкомпонентных и др.). На процесс сушки подобных покрытий существенно влияет интенсивность солнечной радиации, температура, скорость движения воздуха. С повышением скорости движения воздуха процесс отверждения интенсифицируется.

При естественной сушке температура окружающего воздуха должна быть не ниже 12 °С, относительная влажность – не более 65 %. Необходимо исключить запыленность и обеспечить достаточный воздухообмен, исключающий возможность возникновения взрывоопасной концентрации паров органических растворителей.

Естественная сушка не требует применения оборудования и затрат энергии, однако этот процесс длителен и неприемлем при поточных способах окрашивания. Физико-механические характеристики полученного покрытия, как правило, значительно уступают свойствам покрытий, полученных при искусственной сушке.

Искусственная сушка позволяет существенно ускорить технологический процесс и повысить качество получаемых покрытий, однако, требует применения специального оборудования, больших производственных площадей и значительных затрат энергии.

Отверждение покрытий является лимитирующей и наиболее энергоёмкой стадией всего технологического процесса окрашивания. Энергоемкость искусственной сушки может составлять до 90 % от всего процесса окрашивания. Несмотря на это искусственное отверждение из-за выигрыша во времени и в качестве получаемых покрытий получило преимущественное применение в промышленности.

В зависимости от энергетического воздействия на отверждаемое покрытие различают:

- тепловое отверждение,
- отверждение под воздействием ультрафиолетового излучения,
- под воздействием радиационного излучения,
- новые способы отверждения покрытия, находящиеся в стадии разработки: импульсно-лучевой, радиочастотный, отверждение в магнитном поле, под воздействием лазерного излучения.

Наиболее широкое распространение в настоящее время находит тепловое отверждение покрытия. По способу передачи тепла к покрытию различают конвективный, терморadiационный и индукционный методы отверждения.

Метод сушки покрытия выбирают в зависимости от применяемого ЛКМ, характеристик окрашиваемых изделий, производственных возможностей и экономической целесообразности. Технологические режимы термоотверждения определяются ТУ на применяемый ЛКМ.

Совершенствование методов отверждения происходит в двух направлениях: интенсификация процесса и снижение энергопотребления.

К первому направлению относятся повышение реакционной способности плёнообразующих олигомеров, использование различных катализаторов и инициаторов отверждения. Ко второму – воздействие высокотемпературных энергоносителей с различными скоростями потока горячего воздуха, струйная подача воздуха в пульсирующем и непрерывном режимах, использование излучений всего оптического диапазона длин волн, а также потока ускоренных электронов.

Способы искусственной сушки

Существует несколько способов искусственной сушки.

Конвективный способ сушки является наименее производительным, хотя и наиболее распространённым способом сушки. Его широкое применение объясняется универсальностью (пригоден для отверждения любых ЛКМ на любых подложках), мягкостью и равномерностью нагрева, простотой конструкции и эксплуатации сушильных установок.

При конвективном способе нагревание слоя ЛКМ и изделия осуществляется за счёт передачи тепла от окружающего воздуха или топочных газов. Тепло передаётся поверхности изделия и постепенно распространяется внутрь плёнки. Передача тепла от верхней зоны лакокрасочного слоя к нижней осуществляется только за счёт теплопроводности ЛКМ. В результате образующийся на поверхности изделия слой высыхающего материала замедляет диффузию и отвод растворителя из нижней зоны покрытия.

Терморadiационный способ сушки основан на использовании лучистой энергии, испускаемой нагретыми телами, такими как лампы накаливания, металлические и керамические плиты, спирали, газовые горелки и др. Данный способ отверждения имеет принципиальные отличия от конвективного: при терморadiации существенно ускоряется подвод тепла к изделию, в результате чего резко сокращается стадия подъёма температуры окрашиваемого изделия; нагревание слоя ЛКМ осуществляется не снаружи, а изнутри, от подложки, что обеспечивает беспрепятственный выход летучих продуктов из плёнки. Благодаря этому существенно ускоряется процесс формирования покрытий: при терморadiационном нагреве время отверждения по сравнению с конвективным способом сокращается в 2–10 раз.

Индукционный способ сушки основан на нагреве окрашенного изделия, помещенного в переменное электромагнитное поле, вихревыми токами. Для отверждения покрытий применяют сушильные установки в виде металлических щитов или камер, в которых смонтированы кассеты с набором нагревательных элементов – индукторов.

Обычно отверждение покрытий проводят при 100–300 °С. В этих условиях продолжительность отверждения алкидных покрытий составляет 5–30 мин. По эффективности индукционный способ примерно одинаков с терморadiационным, однако, имеет ограниченное применение вследствие сложности применяемого оборудования с низким КПД, ограничений в выборе материала подложки, невозможности применения для обработки изделий сложной формы и различных размеров.

Область применения индукционного способа – отверждение покрытий на стальной ленте, трубах, проволоке, обшивке цельнометаллических вагонов, контейнеров.

Отверждение покрытий под действием УФ-излучения. Принцип отверждения основан на способности УФ-лучей инициировать реакцию полимеризации ряда олигомерных материалов, главным образом лаков, эмалей и шпатлёвок на основе ненасыщенных полиэфиров и полиакрилатов.

Этот способ отверждения перспективен, позволяет существенно сократить электропотребление, значительно интенсифицировать процесс сушки и резко снизить загрязнение окружающей среды. УФ-отверждение применяется при получении покрытий на плоских изделиях из древесины, бумаги, картона, металлов, наиболее широко используется при конвейерной отделке щитовой мебели.

Эксплуатационные расходы на установках УФ-сушки в 1,5–2,0 раза меньше, чем на установках терморadiационного отверждения.

Радиационное отверждение покрытий считается одним из самых быстрых способов отверждения ЛКП – время отверждения составляет от долей секунды до нескольких секунд.

Радиационное отверждение применяется для материалов на основе плёнкообразователей, способных к химическим превращениям за счёт реакции полимеризации ненасыщенных полиэфиров, полиакрилатов, аллиловых мономеров и олигомеров. Предпочтительно применение ЛКМ без растворителей.

Радиационное отверждение находит применение при отделке щитовой мебели, печатных плат, облицовочных строительных плит, листового и рулонного металла, картона, плоских изделий из пластмасс. Радиационное отверждение является рентабельным при объёмах производства, превышающих 20 тыс м² обрабатываемой поверхности в год.

При этом в сравнении с терморadiационным отверждением энергозатраты могут быть сокращены в 6–9 раз, трудозатраты – в 6–14 раз, общая стоимость покрытий – в 2 раза.

Сушильные установки

Применяемые для отверждения покрытий сушильные установки классифицируют:

- по способу передачи энергии окрашиваемому изделию на конвективные, терморadiационные, терморadiационно-конвективные, индукционные, радиационно-химические;

- по виду потребляемой энергии – на электрические, газовые, паровые и водяные;

- по конструктивному исполнению на тупиковые (одно- и многосекционные) периодического действия и проходные (одно- и многоходовые) непрерывного и периодического действия.

Наибольшее промышленное применение находят электрические и газовые конвективные, терморadiационные и терморadiационно-конвективные установки непрерывного и периодического действия. В этом случае отверждение покрытий происходит при использовании тепловой энергии.

Перспективными и экономичными являются также радиационно-химические установки, покрытия в которых отверждаются под воздействием УФ-лучей и ускоренных электронов.

Взрывобезопасная концентрация паров растворителей в сушильной установке обеспечивается выбросом в атмосферу части загрязнённого воздуха и подсосом свежего воздуха.

При этом концентрация растворителей в рабочем пространстве сушильных установок поддерживается на уровне, не превышающем 50 % нижнего предела взрываемости с учётом коэффициента запаса (K), характеризующего неравномерность испарения растворителя и температуры сушки. Для сушильных установок непрерывного действия $K = 2–5$, для периодического действия $K = 8–15$.

4.5. Экологические проблемы окрасочных работ

Противоречие между научно-техническим прогрессом и защитой окружающей среды постоянно углубляется и требует поиска новых путей его урегулирования.

Разработка экологически безопасных технологий направлена на создание безотходных процессов или процессов с образованием минимального объёма отходов и способов их обезвреживания или утилизации.

При функционировании АХПП всегда образуются сточные воды и возникает необходимость в очистке отработанной воды от химических примесей, внесённых в неё на различных стадиях подготовки поверхности. Сточные воды от АХПП формируются с образованием периодических (концентрированных) и непрерывных (разбавленных) стоков.

Концентрированные стоки образуются при замене рабочих растворов и могут содержать следующие загрязнения:

- от стадий обезжиривания – фосфаты, СПАВ, консервированные смазки, остатки различных смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), минеральные нефтяные масла, механические загрязнения и т.п.

- от стадий нанесения консервационных покрытий на стальные изделия (очень часто – железосодержащих покрытий) – фосфаты, нитраты, фториды, ионы тяжёлых металлов (железо III, молибден), СПАВ, а также шлам, содержащий фосфаты тяжёлых металлов.

Разбавленные стоки формируются при промежуточных и финишных промывках изделий и содержат те же загрязнения, что и концентрированные стоки, но в меньшем количестве.

Существенно уменьшить количество стоков и, соответственно, расходы на очистку и общие промышленные расходы позволяет создание соответствующих систем регенерации растворов технологических ванн и создание оборудования для профилактических работ. При этом каждой технологической ванне соответствует система отделения загрязнений, которые улавливаются целенаправленно.

В любом случае предприятия, применяющие химические методы подготовки поверхности, вынуждены частично или полностью сбрасывать рабочие растворы из технологических и промывных ванн, следовательно должны подвергать их химической (в ряде случаев физико-химической) обработке перед сбрасыванием в канализационную сеть или в водоёмы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения. После доочистки сточных вод до необходимых требований их можно вновь вернуть в технологический цикл подготовки поверхности.

В зависимости от количества стоков готовят к разработке и внедрению полностью или частично автоматизированные участки локальных очистных сооружений непрерывного (занимая площадь – от 60 м²) или периодического (30–40 м²) действия. В состав участка локальной очистки входят: блок реагентного осаждения, блок тонкослойного отстаивания и обезвоживания шлама, блок финальной фильтрации, блок приготовления расходных растворов реагентов.

Эффективность правильно выбранных технологий и оборудования локальных очистных сооружений позволяет сократить концентрации вредных примесей до величин ПДК или ниже ПДК для питьевой воды.

Понятие ПДК основано на представлении о том, что существуют концентрации, при которых вещество не будет оказывать вредного воздействия на живые организмы, и его присутствие в объектах окружающей среды и поступление в организм человека в количествах, не превышающих эти концентрации, можно рассматривать как безопасное.

При необходимости очистки стоков до ПДК загрязнений в водоёмах рыбохозяйственного водопользования, участок локальной очистки дополняется системой доочистки с применением обратного осмоса или ионного обмена, позволяющими сократить потребление воды в технологическом процессе подготовки поверхности, возвращая полученную деминерализованную воду в основной производственный цикл.

1. Выбор или разработка технологического процесса обработки поверхности

Выбор технологического процесса обработки поверхности определяется типом ЛКМ и требованиями, предъявляемыми к ЛКП. В основном это требования коррозионной стойкости и физико-механических свойств покрытия.

В настоящее время ведущие фирмы по подготовке поверхности разрабатывают химические процессы и составы, упрощающие обработку стоков (например, составы для одновременной обработки стали, оцинкованной стали и алюминия, безникелевые фосфатирующие составы и др.).

Чем больше требований предъявляют к химической подготовке поверхности, тем более ограниченным оказывается набор способов и техпроцессов обработки, которые отвечали бы всем требованиям. Обычно при обработке металла приходится считаться с тем, что отходы процесса подготовки поверхности требуют дополнительной обработки. Выбор технологии химической обработки поверхности влияет на выбор технологии очистки стоков, капиталовложения в очистные сооружения и стоимость химикатов для реагентной очистки.

2. Проектирование и изготовление агрегатов химической подготовки поверхности

Особое внимание необходимо уделять непосредственно АХПП, который должен быть сконструирован и изготовлен таким образом, чтобы способствовать снижению сбросов сточных вод:

- в агрегате подготовки поверхности методом распыления должно соблюдаться правильное соотношение между программой по обработке изделий, производительностью и количеством форсунок, производительностью насосов, объёмом ванн;

- конструкция переходных тамбуров в агрегате обработки распылением и ориентация форсунок крайних контуров секций должны исключать попадание растворов или промывной воды в соседние секции. В противном случае существует риск повышения расхода реактивов, промывной воды и увеличения количества сточных вод. В агрегатах обработки погружением должны быть двускатные переходные крыши между соседними ваннами;

- преимущественно должны быть реализованы противоточные схемы движения потоков жидкостей.

3. Соблюдение технологической дисциплины обслуживающего персонала

Необходимо обеспечивать надлежащий контроль состава химических ванн, правильное ведение технологического процесса и грамотное обслуживание оборудования квалифицированным персоналом. Важно соблюдать циклограммы в агрегатах обработки погружением.

4. Создание оборудования регенерации технологических растворов и промывных вод

Создание соответствующих систем локальной очистки (регенерации) растворов технологических ванн и оборудования для профилактических работ позволяет существенно уменьшить количество стоков, соответственно расходы на очистку и общие промышленные расходы. При этом каждой ванне соответствует система отделения загрязнений, которые улавливаются целенаправленно.

Создание сооружений очистки стоков от всего участка подготовки поверхности, сочетающих различные физические, химические и физико-химические методы, позволяет выделить загрязнения в удобной для утилизации форме и получить очищенную до ПДК воду для возврата в производственный цикл или сброса в канализационную сеть или в водоёмы.

Если в одном АХПП обрабатываются несколько разных металлов, то в очистных сооружениях должно быть предусмотрено удаление всех образующихся химических примесей.

Основная масса загрязнений удаляется реагентной очисткой. Однако концентрации загрязняющих веществ после реагентной очистки превышают

ПДК для сброса в канализационную сеть или водоёмы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового значения.

Такую условно чистую воду можно направить на доочистку от растворённых масляных загрязнений, ПАВ сорбционным методом и далее на деминерализацию методами ионного обмена или обратного осмоса. Современные сорбенты на основе нетканых материалов, вспененных полиолефинов, различных модификаций графита позволяют очистить условно чистую воду от органических загрязнений до содержания их ниже ПДК.

Ионный обмен и обратный осмос являются эффективными методами доочистки условно чистых стоков и получения воды с заданной электропроводностью, которую можно снова возвратит в производственный цикл, а также сбросить в канализационную сеть или водоёмы без нарушения экологического равновесия.

Таким образом, использование и комбинирование различных способов создания экологически безопасного процесса подготовки поверхности позволяет существенно сократить (а в ряде случаев исключить) сброс загрязняющих веществ в окружающую среду.

Наноструктурированные конверсионные покрытия на основе оксисиланов

Защитные свойства ЛКП определяются не только химической и климатической устойчивостью ЛКМ, но и в значительной степени адгезией покрытия к подложке и скоростью коррозионных процессов на границе раздела металл–покрытие. Проблемы увеличения адгезии в настоящее время решаются специальными химическими методами подготовки металлов к окрашиванию, предусматривающими нанесение неорганических фосфатных и хроматных покрытий.

Фосфатные покрытия на стали и хроматные на алюминии удовлетворяют самым высоким требованиям по коррозионной стойкости, однако, технологические процессы их нанесения имеют очень серьёзные недостатки, с которыми, тем не менее, приходится мириться в угоду качеству. Это прежде всего огромные затраты энергии и воды из-за многостадийности процессов, сложность контроля в производственном цикле, шламообразование (образование побочных токсичных отходов) и необходимость многоступенчатой очистки сточных вод от фосфатов, нитратов, солей тяжёлых металлов, таких как хром, цинк, никель.

Чрезвычайно актуальными становятся задачи исключения токсичных компонентов из сточных вод, обеспечения экологической безопасности промышленных предприятий и сохранения природы.

Создание экологически безопасных, ресурсосберегающих технологических процессов подготовки поверхности возможно посредством разработки принципиально новых кремнийорганических наноструктурированных покрытий.

В литературе широко рассматривается вопрос о замене высокотоксичных методов хроматирования и фосфатирования металлических поверхностей обработкой композициями на основе триалкоксиланов. Такая обработка обеспечивает защиту металлов от коррозии благодаря хорошим барьерным свойствам образующихся на поверхности силановых плёнок. Толщина образующегося силанового слоя составляет 40–200 нм, поэтому эти слои относятся к нанопокровкам, а технологии обработки поверхности, позволяющие получать такие покрытия – к нанотехнологиям.

В качестве подтверждения вышеизложенного в табл. 4.2. приведены сравнительные характеристики процессов подготовки поверхности с нанесением наноструктурированных конверсионных покрытий на основе оксисиланов и классических процессов подготовки поверхности: кристаллического цинкофосфатирования (для стали) и хроматирования (для алюминия).

Таблица 4.2

Сравнительные характеристики процессов подготовки поверхности

Сталь		Алюминий	
Классическая – цинкофосфатирование	Нанотехнология	Классическая – хроматирование	Нанотехнология
Обезжиривание	Обезжиривание	Обезжиривание	Обезжиривание
Промывка	Промывка	Промывка	Промывка
Промывка	Промывка деминерализованной водой	Промывка	Промывка деминерализованной водой
Активация	Обработка оксиланами	Травление	Обработка оксиланами
Цинкофосфатирование	Сушка	Промывка	Сушка
Промывка		Промывка	
Промывка		Хроматирование	
Промывка деминерализованной водой		Промывка	
Сушка		Промывка деминерализованной водой	

Триалкоксисиланы являются экологически безопасным классом элементо-органических соединений, производимых в промышленных масштабах.

Разработанные технологические процессы обработки поверхности чёрных и цветных металлов имеют следующие преимущества перед традиционными:

- более короткий цикл обработки за счёт исключения ряда операций, что делает возможным значительно сократить как количество сточных вод, так и потребление питьевой воды;

- использование при конверсионной обработке не токсичных компонентов, не содержащих тяжёлых металлов;

- меньшая энергоёмкость, поскольку процесс конверсионной обработки проводится без нагрева;

- незначительное шламообразование.

При получении ЛКП от окрасочно-сушильного оборудования в окружающую среду только на территории РФ может выделяться до 150 тыс. т/год летучих органических соединений (ЛОС), что отрицательно влияет на окружающую природную среду и здоровье человека.

Нормативы, действующие на территории РФ, более жёсткие, чем в странах ЕС, особенно это касается предельной концентрации вредных веществ, выделяющихся на рабочем месте, и выбросов в атмосферу.

Защита атмосферы при производстве окрасочных работ

Обусловлено это несколько другим подходом. В Европе нормативы приписывают в большей степени переходить на производство экологически чистых продуктов и производственных технологий, предъявляя с течением времени более жёсткие требования. В нашей стране ограничения направлены скорее на характеристики конечных выбросов предприятий.

Это означает, что в расчёт принимается суммарный выброс вредных веществ при производстве окрасочных работ на предприятии, соотнесённый с предельно допустимыми нормами города или района, в котором предприятие расположено. Предельно допустимые выбросы (ПДВ) могут определяться концентрацией жилых зон, предприятий и даже розой ветров, господствующих в данной местности.

Одним из путей внедрения экологически чистых технологий получения ЛКП является обезвреживание вентиляционных выбросов окрасочно-сушильного оборудования.

По литературным данным для обезвреживания вентиляционных выбросов, содержащих пары растворителей, в настоящее время применяются в основном два метода: адсорбционный и окислительный. Появились также методы биохимической и фотокаталитической очистки.

Адсорбционный метод основан на процессе избирательного поглощения одного или нескольких компонентов из газовой или жидкой среды твёрдыми телами – адсорбентами. В промышленной практике в качестве адсорбентов могут применяться активные угли, силикагели, алюмогели и цеолиты.

Наиболее распространённым адсорбентом для рекуперации летучих растворителей являются активные угли. Их применяют для улавливания компонентов, присутствующих в выбросах с небольшой концентрацией. Используются так называемые газовые (типа АГ, БАУ, СКТ) и рекуперационные (АР, АРТ и др.) активные угли.

К преимуществам адсорбционного метода можно отнести относительно невысокую стоимость установки очистки, так как не требуются энергозатраты (кроме электроэнергии для вентилятора при необходимости его использования), к недостаткам – необходимость периодической регенерации или замены адсорбента.

Применение фильтров с активным углем эффективно в системе вытяжной вентиляции окрасочных камер, поскольку при окрашивании выделяется приблизительно $\frac{1}{4}$ количества ЛОС, содержащегося в ЛКМ, т.е. концентрация их сравнительно невысока. Фильтры на окрасочных камерах будут служить значительно дольше по сравнению с сушильными камерами.

Окислительный метод очистки выбросов заключается в обезвреживании паров растворителей путём их сжигания (окисления) и превращения при этом в пары воды и углекислого газа. Окислительный метод подразделяется на низкотемпературный каталитический, высокотемпературный термический и термокаталитический комбинированный.

Термические регенеративные окислители, работающие при температуре 760–816 °С, имеют трубчатый теплообменник в корпусе из нержавеющей стали для предварительного нагрева очищаемого воздуха. Окисление происходит при прохождении вытяжного воздуха через теплообменник, его смешении с очищенным воздухом и выдержке при повышенной температуре в камере сгорания в течение 0,5–2 с. Современные термические окислители имеют КПД до 80 %, их степень очистки составляет до 95–99 %.

Эффективность применения установок термического дожигания зависит от концентрации паров растворителей в газовых выбросах, которая обычно составляет 0,5–5 г/м³. Чем концентрация больше, тем выше технико-экономические показатели таких установок.

Каталитические окислители обеспечивают химическую деструкцию локальных очистительных сооружений (ЛОС) при более низкой температуре по сравнению с термическим окислением (обычно 260–343 °С). Благодаря этому каталитическая деструкция требует меньших энергозатрат.

Для снижения производственных расходов каталитические окислители имеют высокоэффективный противоточный пластинчатый теплообменник для

предварительного нагрева очищаемого воздуха. Окисление происходит при прохождении загрязнённого воздуха через слой катализатора из чистых металлов группы платины. КПД каталитических окислителей, также как и термохимических до 80 %, степень очистки 95–99 %.

Системы вращающихся концентраторов

Процесс очистки воздуха производится в две стадии: удаление загрязнений из воздушного потока с помощью вращающегося колеса, изготовленного из гидрофобного цеолита, и деструкция концентрированного загрязнённого воздуха с помощью регенеративно-термического окислителя (РТО).

После предварительной эффективной фильтрации от твёрдых загрязнений воздух проходит через колесо концентратора, где ЛОС адсорбируются гидрофобной средой из цеолита.

Приблизительно 10 % очищенного потока воздуха 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 ЛОС постоянно проходит через зону десорбции для удаления выбросов с помощью нагретого воздушного потока.

Затем концентрированные ЛОС воздушный поток подаёт в РТО для термической деструкции. Уменьшение концентрации загрязнения по сравнению с первоначально отходящего газа достигает примерно в 15 раз.

На российском рынке в настоящее время представлено аппаратное оформление практически всех типов очистки газовых выбросов.

Выбор метода очистки зависит от количества загрязнений, энергетических и экономических возможностей предприятий, загрязняющих окружающую среду.

Глава 5. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОКРАСОЧНОЙ ЛИНИИ»

Окрашивание изделий – сложный, многостадийный, трудоёмкий и энергоёмкий технологический процесс, организация которого требует специальных знаний. Отечественной лакокрасочной промышленностью выпускается огромный ассортимент лакокрасочных материалов (ЛКМ) (более 1500

наименований), что, с одной стороны, расширяет возможности обеспечения заданных свойств покрытий, а с другой – затрудняет их выбор и эффективное применение .

Для выбора технологического процесса окраски конкретного изделия необходимо выбрать покрывной ЛКМ, определить систему покрытий и последовательность проведения операций технологического процесса окраски. При выборе покрывного ЛКМ руководствуются требованиями по декоративному виду покрытия (блеск, класс покрытия).

При выборе системы лакокрасочного покрытия руководствуются требованиями по условиям эксплуатации изделий, при этом учитывается тип окрашиваемой поверхности (металл, пластмасса, древесина, бетон и др.). Немаловажную роль играют условия формирования покрытия (метод нанесения, метод и режимы сушки) и физико-механические свойства отверждённого покрытия.

Бизнес-процесс проектирования окрасочной линии представляет собой последовательность операций от получения заказа на изготовление окрасочной линии до создания проекта и оформления договора с заказчиком на изготовление окрасочной линии. Процесс включает в себя организационные и технологические процедуры, последовательное выполнение которых приводит к получению документа, имеющего регламентированную форму оформления, что позволяет формализовать бизнес-процесс с использованием логико-математической модели принятия решений.

Процесс проектирования окрасочной линии включает следующие основные процедуры:

- анализ содержания заявки на изготовление окрасочной линии и разработка проектного задания;
- выбор стандартного проекта или разработка нового технологического решения;
- подготовка технического предложения на разработку и изготовление окрасочной линии;
- анализ и утверждение технического предложения;
- расчёт и оценка материальных и финансовых ресурсов проекта, подготовка коммерческого предложения;
- составление проекта и оформление договора (контракта) на выполнение работ.

В соответствии с алгоритмом формирования модели бизнес-процесса на первом этапе алгоритма необходимо рассмотреть структуру его организации и определить подразделения, участвующие в его реализации, а также и оценить ресурсы, определяющие достижение цели бизнес-процесса.

В процессе разработки проекта окрасочной линии непосредственно участвуют: отдел промышленного оборудования (формирование проектного

задания и утверждение технического предложения); проектная часть (выбор проектного решения); НИИЛКП (разработка технологического решения); СКБ ДКО (монтажное проектирование).

В качестве результата процесса проектирования – выходного объекта модели бизнес-процесса.

В состав документа входят следующие основные разделы.

1. Основание для разработки

В разделе указываются ссылки на техническое задание заказчика.

2. Исходные данные

Для ввода исходных данных используется форма, заполняемая заказчиком, включающая информацию, представленную в виде табл. 5.1.

Таблица 5.1

Характеристика окрашиваемых изделий и данные по производительности

Наименование изделия	Габаритные размеры (мм) (длина × ширина × высота)	Вес, кг	Программа выпуска	
			шт./мес.	м ² /мес.

Материал изделия	- сталь, алюминий
Лакокрасочные материалы	- грунтовка АК-070, эмаль ЭП-1267
Энергетические данные	
– электрическая энергия	- 380 В, 50 Гц
– вода	- горячая и холодная
– сжатый воздух, ГОСТ 9.010-80	- 6 атм
Годовой фонд рабочего времени	
Количество смен в сутки	- 2
Способ транспортировки изделий	- подвесной конвейер
Габаритные размеры участка:	
– длина	- 64 м
– ширина	- 16 м
– высота	- 8 м

3. Технологический процесс окрашивания

В раздел включаются основные операции и показатели технологического режима процесса окрашивания в виде табл 5.2 .

Основные операции и показатели технологического режима процесса окрашивания

Операции технологического процесса окрашивания	Время операции, мин	Температура, °С
1. Обезжиривание растворителем вручную, обдув сжатым воздухом		
2. Автоматическое нанесение грунтовки		
3. Ручная окраска распылением		
4. Выдержка и растекание		
5. Сушка предварительная		
6. Охлаждение		
7. Автоматическое нанесение 1-го слоя эмали		
8. Ручная окраска распылением		
9. Межслойная выдержка		
10. Автоматическое нанесение 2-го слоя эмали		
11. Выдержка и растекание покрытия		
12. Сушка окончательная		

4. Проект устройства технологического процесса окрашивания

Раздел представляет собой регламент процесса окрашивания. Ниже представлен фрагмент документа.

«Загрузка изделий на подвесной конвейер производится после сборки в зоне загрузки. Изделия по рольгангу подаются на подъёмный стол, подвешиваются на подвески конвейера в горизонтальном положении. Конструкция подвески должна обеспечивать строго параллельное направление движения изделий по трассе конвейера. Обезжиривание изделий производится растворителем вручную непосредственно на подвесном конвейере в камере обезжиривания. После обдува сжатым воздухом изделия подаются на грунтование. Грунтование изделий производится методом автоматического пневматического распыления. После автоматического грунтования производится ручная окраска не прокрашенных мест методом пневматического распыления. После этого производится выдержка и растекание покрытия в камере выдержки. Затем в сушильной камере производится сушка покрытия. Далее изделия охлаждаются и подаются на окрашивание эмалью. Окрашивание эмалью производится методом «мокрый по мокрому» в 2 слоя с межслойной выдержкой покрытия в соответствии с технологическим процессом. Сначала производится автоматическое окрашивание 1-м слоем эмали, ручная окраска методом распыления, выдержка покрытия в камере выдержки, затем автоматическое нанесение 2-го слоя эмали, ручная окраска методом распыления, выдержка и

растекание покрытия. В камере выдержки сушка двухслойного покрытия производится в сушильной камере. Затем изделия на конвейере направляются в зону разгрузки, расположенную на складе готовой продукции.

Комплекс технологического оборудования для окрашивания изделий соответствует группе условий эксплуатации УХЛ4 по ГОСТ 15150-69. Всё предлагаемое оборудование соответствует требованиям нормативов по безопасности, гигиене и защите окружающей среды, касающихся данного оборудования.

Оборудование предназначено для эксплуатации в помещении категории А, Б и взрывоопасной зоне класса В-1а в соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и общесоюзными нормами технологического проектирования (ОНТП) 10-99 «Нормы проектирования для предприятий машиностроения», Гипроавтопром, 2000 г.»

5. Состав оборудования

В раздел включается экспликация основного оборудования схемы:

- Камера ручного обезжиривания – 1 шт.
- Камера окрасочная автоматического распыления с комплектом распылительного оборудования – 3 шт.
- Камера окрасочная ручного распыления с комплектом распылительного оборудования – 3 шт.
- Камера сушильная – 2 шт.
- Камера выдержки – 3 шт.
- Камера охлаждения – 1 шт.
- Транспортная система – 1 шт.

6. Краткое описание оборудования

Описание оборудования даётся для каждого элемента технологической схемы окрашивания и представляется в форме отдельного раздела документа. В случае использования стандартного аппарата его описание может храниться в библиотеке стандартного оборудования, оформляемого в форме базы данных. Но в любом случае выполняется расчёт технологических процессов, по результатам которого это оборудование выбирается, или происходит процесс конструирования новой единицы оборудования. Ниже представлен вариант такого описания для технологического аппарата № 2 и для транспортной системы.

В описание оборудования включаются :

Камера окрасочная автоматического нанесения

Камера окрасочная предназначена для автоматического нанесения жидких лакокрасочных материалов методом пневматического распыления.

По своей конструкции – это камера проходного типа с нижним отсосом воздуха. Воздух поступает в камеру через рабочие транспортные проёмы и верхний проём. Камера оборудована гидрофильтром, обеспечивающим очистку воздуха от красочной пыли до 95 %. Основными элементами окрасочной камеры являются гидрофильтр, ванна с сетчатыми фильтрами и с системой трубопроводов, либо с запорно-регулирующей арматурой, насосный агрегат и вентиляционное оборудование. Камера состоит из металлических несущих конструкций и панелей ограждения, которые изготовлены из углеродистой стали. Камера имеет двери для настройки автоматических распылителей. Камера оснащается светильниками во взрывозащищенном исполнении.

Технические характеристики:

Габаритные размеры камеры, мм	
– длина	~ 1200
– ширина	~ 2300
– высота	~ 2700
Размеры транспортного проёма, мм	
– ширина	~ 810
– высота	~ 730
Количество воздуха, удаляемого вытяжной вентиляцией, м ³ /ч	~ 6000
Установленная мощность, кВт	~ 7,0

Транспортная система

Представляет собой конвейер грузонесущий, оснащённый специальными подвесками, которые закреплены на траверсе, прикреплённой к грузонесущим кареткам. Конвейер крепится к опорам и к оборудованию. Опорные конструкции конвейера заказчик изготавливает по чертежам разработчика. Подвески изготавливает заказчик самостоятельно.

Технические характеристики:	ПНЦ-100
- максимальная нагрузка на подвеску	до 250 кг
- шаг подвески	1280 мм
- длина транспортного пути	440 м
- скорость конвейера	1,4 м/мин

7. Обеспечение требований экологической безопасности

Информация об экологической безопасности даётся для всех единиц оборудования, в которых необходимы мероприятия по защите окружающей среды. Для примера даётся описание работы гидрофильтра.

Гидрофильтр служит для мокрой очистки воздуха, поступающего при нанесении лакокрасочных материалов на изделия, от аэрозоля краски и частично от растворителя. Для очистки воды в ванне гидрофильтра предусматривается применение коагулянтов. Скоагулированный лакокрасочный материал периодически собирается и утилизируется согласно порядка утилизации вредных промышленных отходов в соответствии с законодательством РФ.

8. Техническая документация

Раздел, для которого целесообразно создать шаблон ввода информации в зависимости от технологической схемы процесса окрашивания. Один из вариантов списка технической документации представлен ниже.

- Техническое задание на комплекс оборудования. Техническое задание утверждается заказчиком.

- Технологические инструкции ведения технологического процесса окрашивания.

- Руководство по эксплуатации и монтажу оборудования с необходимыми и достаточными чертежами, схемами обслуживания, инструкциями.

- Паспорта на изготавливаемые единицы оборудования.

- Паспорта на комплектующие изделия.

9. Предполагаемый объём строительных работ (выполняется заказчиком)

Раздел формируется в зависимости от объёма и состава исходной информации процесса окрашивания.

Помещение для размещения оборудования требует проведения строительных работ. Их объём будет уточнен в ходе разработки конструкторско-технологической документации. По состоянию на момент выдачи предложения предлагаются следующие решения:

- выполнить приямок под ванны для изделий;

- обеспечить места подсоединения к электросети, водопроводу и канализации;

- подготовить рабочее помещение в соответствии с нормативной документацией;

- провести прокладку кабельной продукции.

10. Рекомендуемое количество рабочего персонала

Структура раздела зависит от состава выбранной технологической схемы. Пример заполнения раздела представлен ниже.

Для обслуживания участков подготовки поверхности и окрашивания рекомендуется для каждой смены следующее количество рабочего персонала:

- 11 маляров для окрашивания изделий;
- 5 рабочих для обезжиривания изделий;
- 1 оператор для обслуживания оборудования;
- 1 мастер для обеспечения работы окрасочного участка;
- периодически необходимо привлекать для проведения технического обслуживания оборудования 1 электрика и 1 механика;
- рабочие для навешивания-снятия деталей.

11. В состав положения не входят

Раздел представляет собой готовый шаблон, корректируемый в зависимости от особенностей проектируемого объекта.

- Поставка подводящих линий электроэнергии, воды и сжатого воздуха.
- Проект строительной части под данную категорию помещения.
- Поставка общеобменной вентиляции.
- Вытяжные воздуховоды от технологического оборудования до точек выброса.
- Общецеховое освещение.
- Система пожаротушения и пожарной сигнализации.
- Кабельная продукция, связывающая единицы оборудования.
- Подвески для изделий.

12. Дополнительная информация

Последний раздел включает дополнительную информацию, учитывающую особенности проектируемой окрасочной линии и регламент самого процесса проектирования. Например:

«По желанию заказчика ОАО НИИ ЛКП с ОМЗ «Виктория» может выполнить проект окрасочного участка».

При использовании модели бизнес-процесса должна предусматриваться процедура генерации альтернативных решений, что повышает эффективность проектирования при возникновении проблем реализации выбранного проектного решения и необходимости его изменения.

На основании формы документа «Техническое предложение на разработку и изготовление оборудования» определяются технологические переменные, входящие в выходной объект модели бизнес-процесса. Кроме них, в выходной объект бизнес-процесса необходимо включить переменные, характеризующие сам процесс проектирования:

- сроки выполнения проекта,

- затраты на выполнение проекта,
- материальные ресурсы проектирования,
- эффективность использования персонала и т.д.

Из всех этих переменных выбирается показатель, определяющий качество получаемого проектного решения.

Наиболее часто используемым показателем эффективности решения является экономическая оценка. Однако так как техническое предложение не включает расчета сметы на проектируемый объект, возможен или выбор технологического показателя, или оценка затрат на процесс проектирования, используемая только при анализе модели бизнес-процесса и не включаемая в техническое предложение. Форма показателя эффективности может определяться владельцем процесса, выбирающим некоторый показатель на основе собственных экспертных оценок, характеризующих, например, комплексный учёт сроков проектирования и затрат на проект, объём дополнительных работ, связанных с технологическими расчётами и т.д. Экспертная оценка сохраняется в выходном объекте бизнес-процесса, но не включается в документ, согласующийся с заказчиком.

При определении параметров входного объекта и используемых в бизнес-процессе ресурсов анализируется содержание регламента процесса проектирования, поэтому рассмотрим основные операции бизнес-процесса и показатели, используемые при его выполнении и управлении.

Для научно обоснованного выбора покрытия проектировщик руководствуется нормативными документами единой системы защиты от коррозии и старения, стандартами на ЛКМ и различными справочниками. Система лакокрасочного покрытия – это последовательная сочетаемость различных ЛКМ (грунтовочных, промежуточных и покрывных слоёв), обеспечивающая долговременную защитно-декоративную функцию. В основе выбора системы покрытия лежит информация о материале и характеристиках окрашиваемых изделий, условиях их эксплуатации, дополнительных требованиях заказчика к свойствам покрытия. Для создания покрытия используется технология окрашивания. Выбор или создание технологии окрашивания в отделе промышленного оборудования происходит с помощью интеллектуализированной справочно-информационной системы в соответствии с результатами запросов к базе данных включающих:

- получение информации о ЛКМ и их изготовителях;
- выбор ЛКМ по внешнему виду, условиям эксплуатации, долговечности, физико-химическим и физико-механическим свойствам;
- выбор системы покрытия и технологии её получения;
- поиск стандартного проектного решения в архиве проектов, выполненных в организации ранее.

При выполнении запроса происходит сравнительный анализ соответствия требований заказчика существующим технологическим показателям окрасочных линий. По результатам анализа составляется проектное задание на разработку окрасочной линии. Возможен выбор нескольких технологий окрашивания, что позволяет в случае возникновения проблем в процессе проектирования (технологическая или монтажная нереализуемость технологии, финансово-экономические ограничения) предложить альтернативный вариант технологии покрытия.

Если найдено готовое стандартное проектное решение, информация о нём передаётся в специальное конструкторское бюро лакокрасочного оборудования (СКБ ЛКО), где происходит адаптация стандартного проекта к требованиям заказчика и подготовка проектной документации и технического предложения на разработку и изготовление оборудования окрасочной линии. Сформированная документация возвращается в отдел промышленного оборудования для её утверждения заказчиком.

В случае невозможности адаптации стандартного проекта к требованиям заказчика, информация об этом с обоснованием причин также возвращается в отдел промышленного оборудования для коррекции проектного задания или консультации с заказчиком.

Если стандартное решение для окрасочной линии отсутствует, то проектное задание направляется в научно-исследовательский институт лакокрасочных покрытий (НИИЛКП), в котором разрабатывается новое технологическое решение. В технологическое решение включается:

- информация о системе покрытия и технологии её получения (из проектного задания);
- спецификация технологических режимов окрашивания с указанием времени операции и температурных условий;
- регламент эксплуатации окрасочной линии;
- описание единиц оборудования и регламента ведения процесса в них;
- мероприятия по обеспечению экологической безопасности окрасочной линии.

В разработке технологического решения участвуют подразделения НИИЛКП:

- лаборатория химической подготовки поверхности,
- лаборатория технологии ЛКМ и покрытий,
- сектор стандартизации, патентоведения и научно-технической информации.

Выработка технологического решения происходит на основе методики технологических расчётов, в соответствии с которой в первую очередь рассчитывается технологический узел нанесения покрытия ЛКМ. Для выбранной технологии окрашивания рассчитывается режим сушки и

определяется технология подготовки поверхности перед окрашиванием. В основе методики технологических расчётов лежит математическое моделирование процессов и оборудования, правила принятия решений в предметной области «проектирование окрасочных линий», опыт проектирования и информационное обеспечение в виде нормативов и стандартов. Повышение качества принимаемых проектных решений и снижение сроков проектирования обеспечивается использованием информационно-вычислительных комплексов, базирующихся на логико-математическом моделировании технологических процессов окрашивания, расчётах оборудования и информационном обеспечении в виде баз данных. Важным элементом технологического проектирования является анализ существующих решений, хранящихся в виде архивов. Эти решения адаптируются к требованиям нового проекта, что позволяет не разрабатывать новые документы, а перерабатывать существующие. В этом случае возможна стандартизация проектных решений, что повышает качество и надёжность технологического решения, а также существенно снижает сроки проектирования.

Разработанное технологическое решение передаётся в проектную часть, где составляются проекты конструкций единиц оборудования, анализируется возможность его монтажа на объекте заказчика. В результате этого этапа проектирования к технологическому решению добавляется монтажный проект. Вся эта документация передаётся в отдел промышленного оборудования для разработки технического предложения. Построенное на основе технологического решения проектное задание (так же, как в случае стандартного решения) передаётся в СКБ ЛКО для подготовки проектной документации и занесения новых технологических решений в архивы.

В случае нереализуемости всего проектного задания на этапе технологического и монтажного проектирования информация об этом возвращается в отдел промышленного оборудования для корректировки.

По результатам технической экспертизы проектной документации и в случае положительного решения по реализации технического предложения на разработку и изготовление оборудования окрасочной линии происходит его утверждение заказчиком. Далее отдел промышленного оборудования передаёт проектную документацию в производственно-технический отдел для расчёта материальных и энергетических ресурсов окрасочной линии и в отдел ценообразования, труда и планирования для составления сметы. В соответствии с техническим предложением и прилагаемым к ним расчётам составляется коммерческое предложение, на основе которого составляется контракт на строительство спроектированной окрасочной линии.

В процессе проектирования окрасочной линии при необходимости могут участвовать отдел автоматизации, отдел информационных технологий, отдел технического контроля, охраны труда и экологии, отдел систем качества.

Для выполнения процедур процессного управления показатели процесса, включаемые в выходной объект, группируются по трём целевым направлениям:

- показатели продукта (в рассматриваемом бизнес-процессе – информация о проектном решении);
- показатели процесса (информация о выполнении проекта);
- показатели удовлетворённости проекта (информация о выполнении проекта в срок с заданным качеством).

При построении контекстной диаграммы в качестве критерия эффективности выбирается показатель, принадлежащий одному направлению. Характеристики других направлений используются в качестве ограничений, но обязательно включаются в выходной информационный массив бизнес-процесса. В бизнес-процессе проектирования окрасочной линии результат оценивается по показателям процесса проектирования:

- затратам на проектирование (приближённый экономическому расчёту стоимости проектного решения),
- качественным показателям проекта и т.д.

В соответствии с алгоритмом моделирования бизнес-процесса на основе рассмотренной методики проектирования строится контекстная диаграмма бизнес-процесса проектирования окрасочной линии, представленная далее на рис. 5.2

Причём из этих параметров выбирается один (например, затраты на проектирование), а остальные параметры переходят в разряд ограничений. Для обеспечения выполнения целей моделирования бизнес-процесса и снижения размерности задачи в его контекстную диаграмму включается только необходимая для анализа информация. Входная информация бизнес-процесса, отображаемая в контекстной диаграмме, включает независимые от цели процесса требования заказчика и ресурсы, определяемые целевым направлением (в рассматриваемом случае – это библиотека стандартных проектов и проектные ресурсы подразделений).

Далее анализируются принципы управления бизнес-процессом в соответствии выбранной целью. Учёт этих принципов позволяет определить набор управляющих факторов и необходимые постоянные ресурсы ведения процесса. Так, при проектировании окрасочной линии для оценки результата по значениям стоимости проектного решения к управляющим воздействиям относят методики проектирования, принципы оценки качества проекта, расчёты по срокам проектирования и выполнению сметы, а к постоянным ресурсам относятся – характеристики подразделений организации, участвующих в разработке проекта: информационные ресурсы организации, методическое обеспечение проектных расчетов.

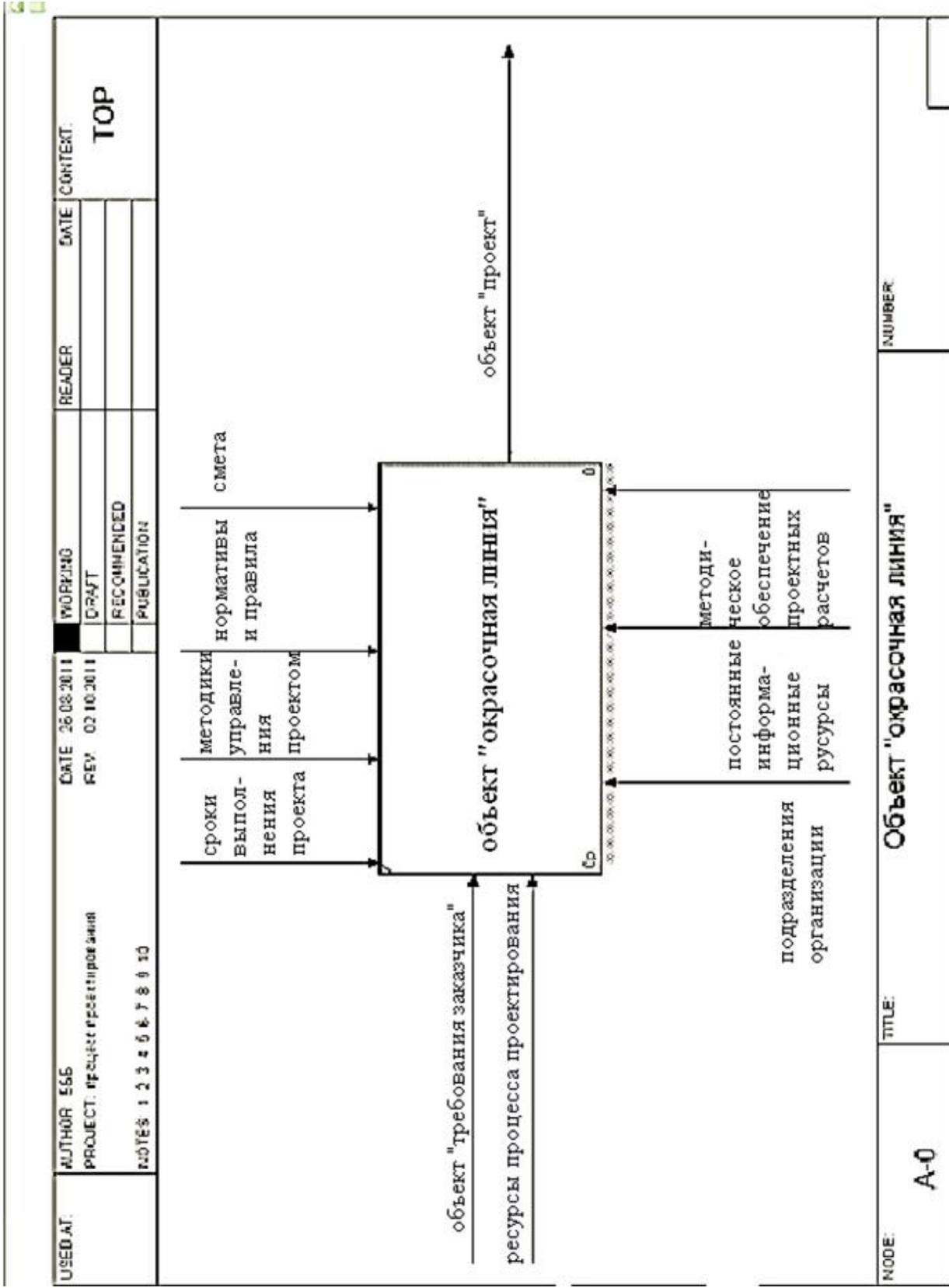


Рис. 5.2. Контекстная диаграмма бизнес-процесса проектирования окрасочной линии

В ходе функциональной декомпозиции из характеристик выходного объекта бизнес-процесса определяются параметры, по значениям которых происходит управление ходом процесса, а из управляющих факторов определяются правила сравнения этих характеристик с номинальными показателями. Выбранные параметры должны обеспечить фиксацию факта отклонения их значений от номинальных, проведение анализа причин отклонений, принятие решений об устранении отклонений. При проектировании окрасочных линий такими параметрами могут быть: отклонение результатов технологических расчётов от нормативов, проблемы с монтажно-технологической реализацией проектных решений, превышение сметы или сроков выполнения проектов и т.д.

Процесс функциональной декомпозиции контекстной диаграммы (рис. 5.2) начинается с определения основных функций ведения процесса (блоков «activity» в IDEF0) в соответствии с циклом Деминга («PDCA» = Plan-Do-Check-Act). Последовательность и состав функций определяются регламентом. На рис. 5.3 представлена IDEF0-диаграмма бизнес-процесса проектирования окрасочных линий.

На диаграмме все функции бизнес-процесса Деминга соответствуют проектным операциям (Do = «D» в цикле Деминга), поэтому при переходе от одной проектной операции к другой необходимо предусмотреть последовательность «CAP» (Check-Act-Plan). В этом случае происходит обязательный анализ результата функции бизнес-процесса на выходе (Check), что отображается как минимум двумя альтернативными выходными информационными потоками на диаграмме IDEF0. Направление выходных потоков определяется принятыми на основе анализа управляющими воздействиями (Act). Так, проектное задание в случае наличия стандартного проекта направляется в СКБ ЛКО, а в случае его отсутствия – в НИИЛКП.

Учитывая, что входная информация каждой функции на IDEF0-диаграмме является выходным потоком другой, необходимо перед началом каждой процедуры проектирования контролировать формат и структуру передаваемых данных (Plan – в цикле Деминга).

В модели бизнес-процесса проектирования окрасочной линии (рис. 5.3) с использованием блоков «activity» и стрелок отображается выполнение последовательных регламентированных процедур проектирования – функций бизнес-процесса. В описании диаграммы IDEF0 действия отображены стрелками, исходная информация располагается с левой стороны блока «activity», алгоритмы управления – сверху, постоянные ресурсы – снизу, результаты выполнения функций – справа.

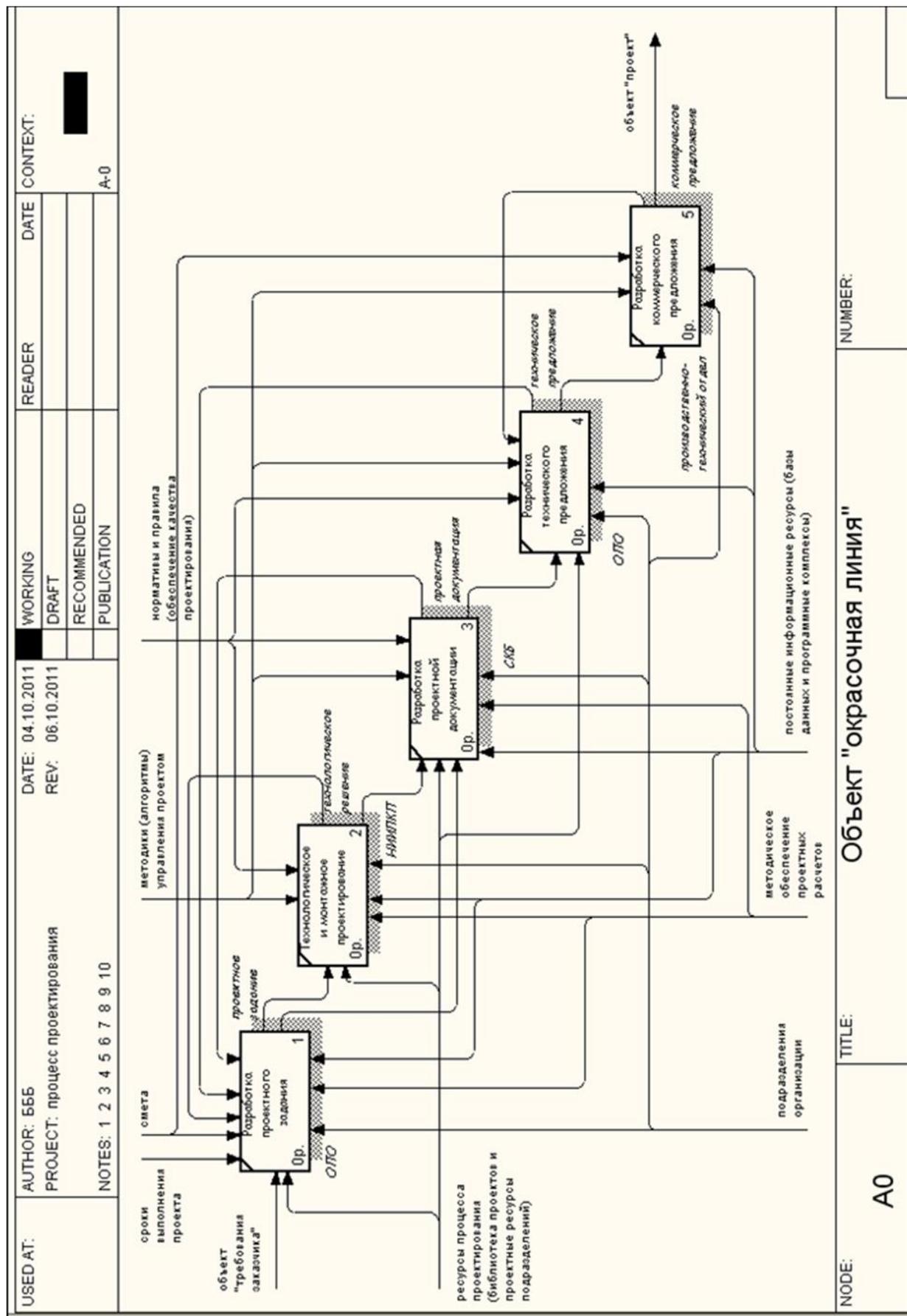


Рис. 5.3. IDEFO-диаграмма бизнес-процесса проектирования окрасочных линий

Рассмотрим содержание представленной на рис. 5.3 IDEF0-диаграммы бизнес-процесса проектирования окрасочной линии

1. На первом этапе бизнес-процесса в отделе промышленного оборудования (ОПО) на основании требований заказчика происходит выбор технологии нанесения покрытия. При выборе технологии используются информационные ресурсы в виде базы данных и методика организации запросов к её содержанию. На основе анализа ресурсов процесса проектирования, включённых в библиотеку проектов, определяется наличие подходящего стандартного проекта окрасочной линии или подтверждается его отсутствие.

По результатам выполнения этапа бизнес-процесса формируется проектное задание, в которое включаются требования заказчика и описание выбранной технологии нанесения покрытия, а также график выполнения проекта в соответствии со сроками выполнения. Если существует подходящий стандартный проект, то проектное задание со ссылкой на него, передаётся в СКБ ЛКО для формирования проектной документации. Если такого проекта нет, то проектное задание направляется НИИЛКП для разработки нового технологического решения.

При отсутствии возможности реализации проектного задания по причине технологических ограничений процесса, недостаточной площади для монтажа оборудования, превышения сметы – информация об этом возвращается на этап разработки проектного задания (обратные связи по управлению на диаграмме IDEF0), и тогда используются ресурсы проектирования для выбора альтернативной технологии или согласуются и корректируются требования заказчика.

2. При разработке нового альтернативного технологического решения полученное из ОПО проектное задание вместе с ресурсами процесса проектирования, имеющимися в распоряжении НИИЛКП, служат основой для разработки технологической схемы новой окрасочной линии. Результаты проектирования включаются в технологическое решение, анализируемое также с точки зрения компоновки технологической установки на заданной заказчиком площади, обеспечения ресурсами и соблюдения требований экологической и технологической безопасности.

При формировании технологического решения, в качестве постоянных ресурсов бизнес-процесса используются вычислительные комплексы автоматизированного проектирования (информационные ресурсы) и методики проектных расчётов. Алгоритмы управления проектом обеспечивают управление процессом проектирования, включающего получение основного и альтернативных технологических решений в соответствии с нормативами и правилами проектирования, оценку затрат на выполнение работ и приближённую стоимостную оценку альтернативных технологических решений.

Полученное технологическое решение передается в конструкторское бюро для разработки проектной документации. Если технологическое решение найти не удалось, информация об этом с указанием возникших проблем его реализации возвращается на стадию разработки проектного решения.

3. Стадия разработки проектной документации, выполняемая в СКБ ЛКО, включает следующие основные операции: формирование спецификации

оборудования, составление технологического регламента, подготовка графической документации. Для выполнения работы используются информационные ресурсы в виде баз данных, программных комплексов и методическое обеспечение проектирования, реализованное в виде шаблонов для стандартных проектных решений.

Использование готовых модулей (ресурсы процесса проектирования), для которых выполняется адаптация решения в соответствии с требованиями разрабатываемого проекта, позволяет повысить качество решения, сократить сроки проектирования и снизить затраты на выполнение проекта.

Проектная документация является основой для составления технического предложения. В случае проблем с реализацией проектного решения информация об этом возвращается в ОПО для внесения корректив в проектное задание. Необходимо отметить, что наличие ресурсов проектирования на всех стадиях разработки проекта позволяет уменьшить вероятность возврата на предыдущие этапы, а в случае возврата быстро найти выход из проблемы за счет наличия альтернативных проектных решений.

4. Разработка технического предложения выполняется в отделе промышленного оборудования. Использование информационных ресурсов в виде шаблонов для оформления графической документации позволяет сократить сроки проектирования и обеспечить высокое качество документации. Техническое предложение обсуждается с заказчиком и в случае положительного решения разрабатывается коммерческое предложение.

5. Коммерческое предложение составляется в производственно-техническом отделе. В документ, кроме информации, содержащейся в техническом предложении, включается расчёт материальных ресурсов для выполнения работ и составляется окончательная смета на реализацию проекта. Все расчёты выполняются с учётом соблюдения нормативов и правил расчёта материальных и финансовых ресурсов.

Для упрощения структуры IDEF0-диаграммы в неё не включены некоторые обязательные процедуры, присутствующие на всех стадиях проектирования, к которым относятся: занесение новых проектных решений в библиотеку ресурсов процесса проектирования; контроль и управление процессом проектирования со стороны его владельца – лица, принимающего решение; приближённая оценка стоимости проектного решения на стадиях проектирования, что необходимо для упорядочивания альтернативных решений; учёт подразделений организации, участвующих в разработке проекта, но не включённых в IDEF0-диаграмму; – вспомогательные проектные операции. Учёт этих процедур может быть выполнен на следующих этапах декомпозиции IDEF0-диаграммы.

В представленной на рис. 5.3 IDEF0-диаграмме все функции бизнес-процесса не могут быть описаны в виде логико-математической модели, позволяющей получить значения параметров выходных объектов, поэтому необходима дальнейшая декомпозиция функций бизнес-процесса.

Для возможности комплексной оценки качества процесса проектирования и приближённого расчёта затрат на выполнение работ используется встроенная в

обеспечение IDEF0-диаграммы надстройка для стоимостного анализа ABC (*Activity Based Costing*).

В первую очередь определяется список статей расходов CCD (*Cost Center Dictionary*), в который включаются показатели, характеризующие достижение цели бизнес-процесса, оцениваемой стоимостью проектирования.

На рис. 5.4 представлен список показателей (статей расходов) одной из функций бизнес-процесса, значения которых на начальном этапе моделирования не определены (значение «0 р.» на IDEF0-диаграмме (рис. 5.3).

Activity Properties

UDP Values	UOW	Source	Roles	Box Style
Name	Definition	Status	Font	Color
Activity Name: Разработка проектного задания				
Cost Center			рубль	
Информационные ресурсы			0,00	
Корректировка решений			0,00	
Оплата труда			0,00	
Ресурсы процесса проектирования			0,00	
Управление проектом			0,00	
Эксплуатационные затраты			0,00	

This Activity has NO Decomposition. Total cost: 0,00

Override decompositions Total cost x Frequency: 0,00

Compute from decompositions

Frequency:

Duration: Days

Duration x Frequency 30,00 Days

[Cost Center Editor...](#)

Рис. 5.4. Список показателей одной из функций бизнес-процесса проектирования окрасочных линий

В дальнейшем для каждой функции бизнес-процесса (блока «Activity») список затрат одинаков, но их значения, а также показатели частоты процесса («Frequency») и времени выполнения функции («Duration») настраиваются индивидуально. Они определяются на следующих этапах декомпозиции с использованием логико-математических моделей или задаются владельцем процесса в явном виде. На IDEF0-диаграмму по умолчанию выводится стоимость работ в блоке «Activity», но по желанию владельца процесса может быть показана частота или сроки выполнения работы.

Так как все информационные потоки между функциями бизнес-процесса на этапе функциональной декомпозиции соответствуют процедурам выпуска проектной документации, необходимо определить структуру и формы

передаваемых документов. Ниже представлены общая структура документов без детализации информации. Все документы содержат две группы данных: параметры проектного решения (а) и характеристики процесса проектирования (б). Вторая группа данных не предназначена для заказчика и является внутренней информацией проектной организации.

Проектное задание

а) – Требования заказчика (раздел 2 технического предложения на разработку и изготовление оборудования окрасочной линии).

– Технологический процесс окрашивания (раздел 3 технического предложения на разработку и изготовление оборудования окрасочной линии).

б) – Сроки проектирования и график выполнения работ.

– Смета проекта (для контроля выполнения проектных работ).

– Информация о стандартном проекте (если имеется).

Технологическое решение

а) – Информация из проектного задания.

– Проект устройства технологического процесса окрашивания (раздел 4 технического предложения на разработку и изготовление оборудования окрасочной линии).

– Состав оборудования (раздел 5).

– Краткое описание оборудования (раздел 6).

б) – Информация из проектного задания.

– Ориентировочная стоимость проектного решения.

– Затраты на выполнение проекта по технологическому решению.

Проектная документация

а) – Информация из проектного задания и технологического решения.

– Спецификация оборудования.

– Графическая документация проекта

б) – Информация из проектного задания и технологического решения.

– Затраты на выполнение проекта (разработка проектной документации).

– Ссылка на стандартный проект или информация о новом проекте (занесение информации в библиотеку проекта).

Техническое предложение

а) – Полный текст технического предложения на разработку и изготовление оборудования окрасочной линии.

б) – Затраты на выполнение проекта.

– Ссылка на информационные ресурсы проектирования или информация о новых данных в библиотеке проектов.

Коммерческое предложение

а) – Техническое предложение на разработку и изготовление оборудования окрасочной линии.

- Оценка материальных и финансовых ресурсов проектируемого объекта.
- б) – Сводная калькуляция на выполняемый проект.
- Отчёт о выполнении проекта для руководителя проекта.

При последовательном переходе от одного документа к другому объем информации увеличивается за счет того, что к существующим данным добавляются новые. Эта процедура делает эффективным использование шаблона документа «коммерческое предложение», последовательно заполняемого в ходе проектирования.

В случае если действие внутри блока «Activity» модели бизнес-процесса не может быть описано с использованием логико-математической модели, связывающей входные и выходные параметры функции, происходит дальнейшая декомпозиция функций с образованием следующих IDEF0-диаграмм.

Практически для всех функций модели бизнес-процесса проектирования окрасочных линий на первом уровне декомпозиции необходимо выполнять процедуру функциональной декомпозиции. Рассмотрим одну из таких процедур для блока «технологическое и монтажное проектирование».

Глава 6. ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ «ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПРЕДМЕТОВ ИЛИ ПРОДУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИМИ РАСТВОРИТЕЛЯМИ»

Федеральный закон от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ "Об охране окружающей среды" направлен на совершенствование системы нормирования в области охраны окружающей среды. Данный закон ввёл в российское правовое поле меры экономического стимулирования хозяйствующих субъектов для внедрения наилучших доступных технологий. Федеральный закон от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» содержит положения, определяющие статус информационно-технических справочников как документов национальной системы стандартизации.

Обработка поверхностей, предметов или продукции с использованием органических растворителей в целом отнесено в Российской Федерации к областям применения наилучших доступных технологий. 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», к объектам I категории отнесены предприятия по обработке

поверхностей, продуктов или предметов с использованием органических растворителей, проектное потребление которых составляет 200 т в год и более, к объектам II категории – с использованием органических растворителей, проектное потребление которых составляет менее 200 т в год.

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Обработка поверхностей, предметов или продукции органическими растворителями» (далее – 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.

Справочник НДТ представляет собой документ по стандартизации, носит межотраслевой характер и содержит описание применяемых при обработке поверхностей, предметов или продукции технологических процессов с применением органических растворителей, оборудования, технических способов (методов), позволяющих снизить негативное воздействие на окружающую среду, повысить энергоэффективность, обеспечить ресурсосбережение.

Общие сведения

Ёмкость рынка промышленных ЛКМ в 2012 г. оценивалась в 360 – 400 тыс. т.

Существует два подхода к сегментированию рынка промышленных ЛКМ:

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

Доли крупнейших отраслей, потребляющих ЛКМ промышленного применения по отраслям представлены на рис. 6.1.

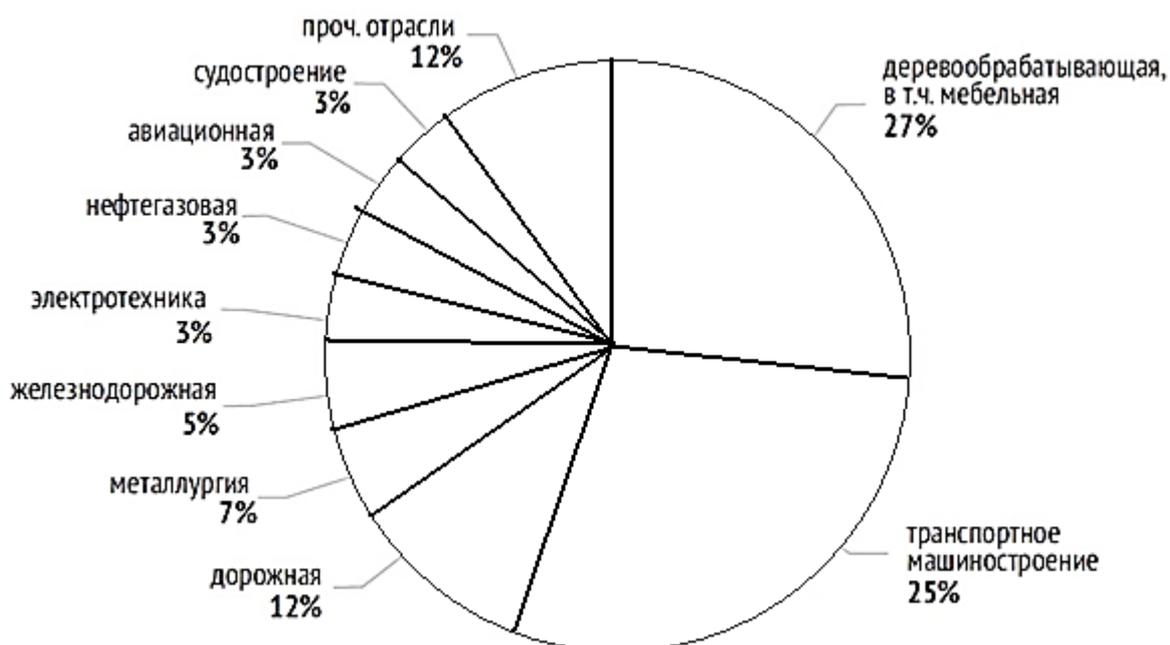


Рис. 6.1 Структура рынка ЛКМ в Российской Федерации по отраслям, в % (в натуральном выражении)

Ёмкость сегмента «железнодорожная» составляет 15 – 17 тыс. т. Основными потребителями ЛКМ 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.

Ёмкость сегмента «транспортное машиностроение» составляет 3,4 тыс. т. Основные потребители: комбайновый завод ООО «Ростсельмаш», концерн «Тракторные заводы», группа «ГАЗ». Около 80 % рынка составляют алкидные материалы отечественного производства. ЛКМ применяются в соответствии с отраслевой НТД.

Ёмкость рынка «судостроение» 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».

Ёмкость рынка «металлургия» 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 Центрального научно-исследовательского института связей (ЦНИИС).

Другой подход предполагает, что рынок промышленных ЛКМ можно сегментировать в зависимости от вида материала и направления использования. Структура рынка промышленных ЛКМ по направлениям использования представлена на рис. 6.2.

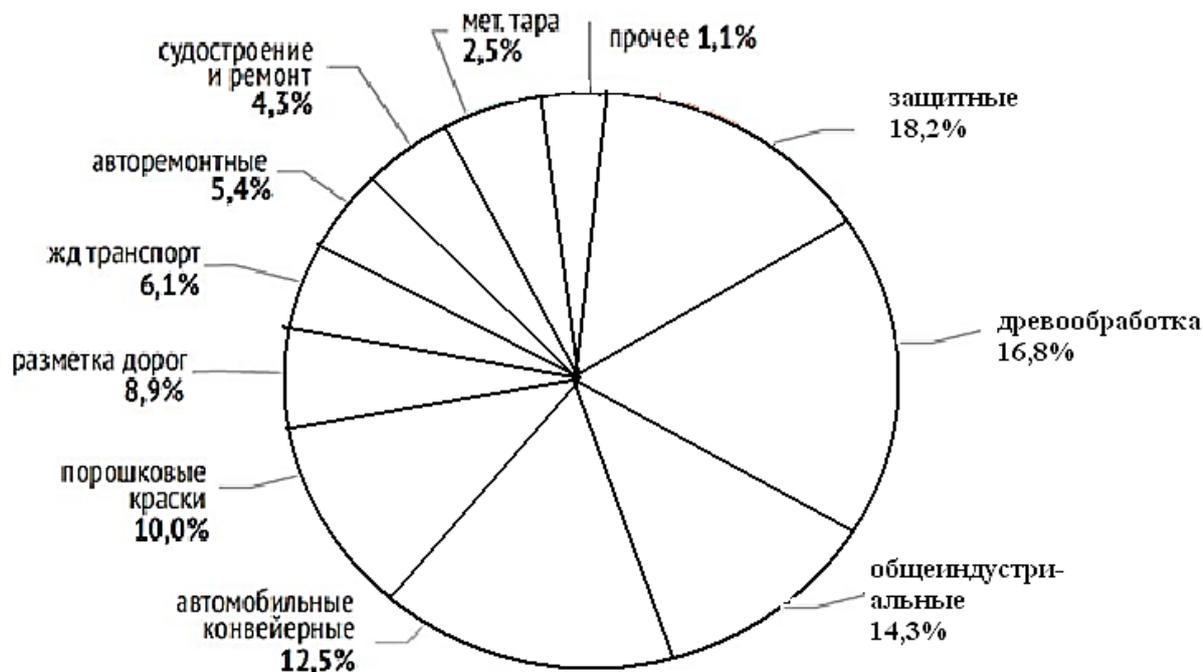


Рис. 6.2. Структура рынка ЛКМ в Российской Федерации по отдельным секторам в %, (в натуральном выражении)

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.

Потребление ЛКМ для защиты строительных металлоконструкций составило 13 – 15 тыс. т. Количество производителей металлоконструкций в России – около 500 организаций. Порядка 70 % производителей стальных металлоконструкций проводят «первичную защиту металлов, используя алкидные, фенольные, эпоксидные грунтовки российского производства.

Самые распространённые грунтовки среди потребителей – алкидные. Их предпочитают 2/3 производителей металлоконструкций. Около 35 % потребителей применяют грунтовки на эпоксидной основе. Среди других используемых грунтовок – фенольные, хлорвиниловые и сополимеровинилхлоридные, алкидно-уретановые, органосиликатные, акрилуретановые,

полиуретановые. В качестве финишного покрытия преобладают алкидные эмали. До 35 % используются эпоксидные эмали. Менее распространены финишные хлорированные, полиуретановые, акриловые, акрилуретановые, эпоксиуретановые материалы.

Для окраски внешних поверхностей самолёта с обшивками из алюминиевых сплавов используют лакокрасочные материалы на основе бутилметакрилата, сополимеров бутилметакрилата, амидметакриловой кислоты, нитрила акриловой кислоты и стирола. На их основе созданы прозрачные лаки, грунтовки и эмали холодной сушки с повышенной термостойкостью. 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 используют на основании рекомендаций ВИАМ.

Технологический процесс подготовки поверхности и окрашивания на примере легковых автомобилей

Процесс подготовки поверхности и окрашивания представляет собой сложный многостадийный процесс с использованием оборудования различных типов. Так 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 лакокрасочных покрытий (ЛКП). Окрашивание электроосаждением обеспечивает защиту от коррозии внутренних и наружных поверхностей, включая внутренние полости. Нанесение промежуточной грунтовки 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).

В качестве иллюстрации в таблице 6.1 приведен технологический процесс окрашивания кузова легкового автомобиля.

Нанесение грунтовочного покрытия методом электроосаждения проводят в ваннах окупания. Нанесение промежуточной грунтовки проводят методом электростатического распыления с ручной подкраской труднодоступных мест методом пневматического распыления. Окрашивание проводят в окрасочных камерах, снабжённых системой фильтров для очистки от пыли и вентиляцией для удаления загрязнённого воздуха из зоны окраски. Сушка покрытия проводится горячим воздухом в сушильных камерах.

Таблица 6.1

Технологический процесс окрашивания кузова легкового автомобиля

№ п.п.	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
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 деминерализованной водой	Ванна распыления
19	Сток	Туннель стока
20	Орошение деминерализованной 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 электро-осаждением	Ванна объёмом 100 м ³ с системой электродиализа, циркуляцией, фильтром очистки, теплообменником
2	Предварительная промывка ультрафильтратом	Контур струйного облива
27	Первая промывка рециркуляционным ультрафильтратом	Контур струйного облива, ванна стока объёмом 7–10 м ³
28	Вторая промывка чистым ультрафильтратом	Контур струйного облива, ванна стока объёмом 7–10 м ³
2	Сток ЛКМ из скрытых сечений	Конусообразная ванна
30	Промывка рециркуляционной деминерализованной водой	Контур струйного облива
31	Промывка чистой деминерализованной водой	Контур струйного облива, ванна стока деминерализованной воды объёмом 6 м ³
32	Отключение электр. шины	Площадка
33	Термоотверждение покрытия	Сушильная установка

№ п.п.	Наименование операции	Оборудование, приспособления
34	Осмотр, подшлифовка грунтовочного покрытия, нанесение мастики на сварные швы внутри кузова	Площадка
35	Нанесение противозащумной мастики на днище кузова	Камера окрасочная, установка для нанесения высоковязких материалов
36	Протирка вручную напыла мастики	Площадка
37	Нанесение грунтовки 2 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
3	Одновременная сушка мастики и грунтовки при 130 °С 20 мин	Сушильная установка
40	Охлаждение до 30–40 °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 шлифовальной пыли деминерализованной водой	Камера мойки
44	Сушка от влаги при 150°С	Сушильная камера
45	Охлаждение до 30–40°С	Тамбур с обдувом холодным сжатым воздухом
46	Пост ОТК	Площадка
47	Нанесение грунтовки на места, прошлифованные до металла	Площадка, кисть
48	Нанесение покрывной эмали 2 слоя «мокрый по мокрому»	Окрасочная камера 2-позиционная, пневматический распылитель
49	Выдержка 3–5 мин	Тамбур с вытяжной вентиляционной установкой
50	Сушка при 130 °С	Камера сушильная
51	Охлаждение до 30–40°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)

Экологические проблемы

Лакокрасочные материалы – 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 тяжёлых металлов. При нанесении ЛКМ в окрасочных камерах образуются твёрдые, 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 ЛКМ; тяжёлые 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). При этом следует отметить, что растворители предназначены для обеспечения технологических параметров получения лакокрасочного покрытия и полностью отсутствуют в сформированном покрытии.

С учётом мирового потребления ЛКМ суммарный выброс органических растворителей в атмосферу достигает 12–18 млн т/год.

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 удаётся выделить вещества для повторного использования в производстве.

Сокращения выбросов вредных веществ в атмосферу можно достичь с помощью инженерно-технических решений, таких как:

- 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 и экономичная (однослойное покрытие взамен двух-трехслойных), обеспечивает высокое качество и долговечность покрытий.

Одним из путей сокращения расхода растворителя является его рекуперация. В промышленности улавливание растворителей осуществляется конденсационным, адсорбционным и абсорбционным методами. Наиболее актуальным является адсорбционный метод, при котором растворитель поглощается на паровоздушных смесях твёрдыми адсорбентами с последующей десорбцией растворителя путём нагревания или пропускания паров через насыщенные адсорбенты. В качестве адсорбентов в рекуперационных установках, работающих по адсорбционному методу, применяются в основном активные угли.

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

При оценке типичных для России уровней выбросов, сбросов загрязняющих веществ и образования отходов при проведении окрасочных работ следует использовать как результаты анкетирования отечественных предприятий, так и сведения, приведённые в справочном документе ЕС.

Отнесение технологических процессов при обработке поверхности (подготовка поверхности и окрашивания) промышленной продукции (товаров), оборудования, технических способов, методов к справочнику НДТ следует осуществлять с учётом совокупности критериев, установленных в постановлении Правительства РФ 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»:

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 объём 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 следует провести анализ общих сведений об области применения справочника 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 справочника НДТ, о применяемых на практике технологиях, относящихся к НДТ, разумно использовать европейские справочники НДТ, сведения, полученные в результате анкетирования предприятий, и информацию, полученную в ходе консультаций с экспертами в соответствующей области.

Библиографический список

1. Богомолов Б. Б. Структурное моделирование химико-технологических процессов: учебн. пособ. М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2016. 148 с.
2. Управление проектированием бизнес-моделирования. Сборник научных трудов «Технология лакокрасочных покрытий» / В. В. Меньшиков, Б. Б. Богомолов, Богословский К. Г., Быков Е. Д., Шумова В. С. Науч.-произв. объединение «Лакокраспокртие» М. : «Пейнт-Медиа», 2012. С. 40–113
3. Меньшиков В. В., Аверина Ю. М., Зубарев А. М. Технологический маркетинг, коммерциализация и принципы реализации инноваций. М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2017. 140 с.
4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Информационно-технологическое сопровождение 35-2017. Обработка поверхностей, предметов или продукции органическими растворителями. М. : Бюро НТД, 2017. 165 с.
5. Лакокрасочные покрытия. Технология и оборудование: справ. изд. / А. М. Елисаветский, В. Н. Ратников, В. Г. Дорошенко и др. М. : Химия, 1992. 416 с.
6. ГОСТ 9.402-2004. Межгосударственный стандарт. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей к окрашиванию.

Учебное издание

МЕНЬШИКОВ Владимир Викторович
БОГОМОЛОВ Борис Борисович
БЫКОВ Евгений Давидович
АВЕРИНА Юлия Михайловна
РЫБИНА Евгения Олеговна
КУРБАТОВ Андрей Юрьевич

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОКРАСОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Редактор Н. А. Заходякина

Подписано в печать 14.03.2019 г. Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. л. 7,67. Уч.-изд. л. 8,40. Тираж 100 экз. Заказ
Российский химико-технологический университет
им. Д. И. Менделеева.

Издательский центр

Адрес университета и издательского центра:
125047, Москва, Миусская пл., 9