

УДК 330.15: 504.06

Оценивание ресурсной эффективности и экологического воздействия технологических процессов на предприятии автомобильной отрасли

Канд. техн. наук **Сергиенко О.И.** oisergienko@yandex.ru

Кащенко Ю.С. juliakaschenkos@gmail.com

Университет ИТМО

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

В статье приводится обзор современных способов и технологий окраски автомобилей и применяемых показателей, характеризующих экологическое воздействие технологий. Предложена система показателей и индикаторов, оценивающих результативность и эффективность внедрения наилучших доступных технологий (НДТ) на предприятии автомобильной отрасли. Приведен пример применения предложенной системы для оценивания ресурсной эффективности технологий цеха окраски автомобильного предприятия. В качестве показателей ресурсной эффективности предложено использовать потребление абиотических и биотических ресурсов, воды и воздуха.

Ключевые слова: наилучшая доступная технология, автомобильная отрасль, ресурсная эффективность, показатель, индикатор, цех окраски, оценка жизненного цикла

Evaluation of resource efficiency and environmental impact of technological processes in the automotive industry

Ph.D. Sergienko O.I. oisergienko@yandex.ru

Kashchenko Y.S. juliakaschenkos@gmail.com

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

The article provides an overview of modern methods and technologies for automotive paint and applied indicators that characterize the environmental impact of technologies. The proposed system of indicators allows to assess the effectiveness and efficiency of implementation of best available techniques (BAT) for the automotive industry. As an example of the application of the proposed system it is considered the resource efficiency evaluating of technologies at the paint shop of automotive company. The indicator of resource efficiency consists of consumption of abiotic and biotic resources, water and air.

Keywords: the best available technique, the automotive industry, resource efficiency, indicator, painting shop, life cycle assessment

Переход российской промышленности на новую систему технологического нормирования на основе наилучших доступных технологий (НДТ) предусмотрен Федеральным законом от 21.07.2014 № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации». Наилучшая доступная технология производства продукции (товаров), выполнения работ и оказания услуг определяется на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания установленных критериев для достижения целей охраны окружающей среды при условии технической

возможности их применения [1]. В связи с этим в настоящее время становятся актуальными исследования с целью выявления и описания НДТ в ряде отраслей экономики, а также создания информационно-справочных документов, содержащих объективные экологические показатели и индикаторы, соответствующие современному уровню и перспективам инновационного развития технологий.

Актуальность и практическая значимость создания информационно-справочных документов по НДТ заключается в том, что они будут служить основой для получения комплексных экологических разрешений для опасных с экологической точки зрения

производств [2,3]. Предполагается, что предприятия смогут оценить, насколько их экологическое воздействие соответствует технологическим параметрам НДТ, и, при положительной оценке, получить сертификат соответствия, свидетельствующий об экологической безопасности производства, что позволит предприятиям получить конкурентные преимущества на рынке [4,5].

Актуальность темы для автомобильной отрасли определяется, в первую очередь, необходимостью управления отходами, так как автомобильная индустрия быстро развивается и, соответственно, растет и количество отходов, которые требуют грамотной переработки. Однако не только проблема образования отходов, но и другие виды экологического воздействия на окружающую среду должны быть в центре внимания руководителей предприятий. Поскольку любое экологическое воздействие связано с потреблением ресурсов, то практическая ценность повышения ресурсной эффективности, определяющая экономические результаты, не вызывает сомнений. На существующих предприятиях система экологического менеджмента (СЭМ), в основном, в качестве целевых и плановых показателей определяет снижение количества выбросов в атмосферный воздух, в том числе ЛОС и диоксида углерода, количество образующихся отходов, сточных вод, то есть рассматривается воздействие после факта совершения загрязнения.

В статье приводится обзор существующих способов и технологий окраски автомобиля и применяемые удельные экологические показатели. Предложена новая система показателей и индикаторов,

оценивающих результативность и эффективность внедрения НДТ на предприятии автомобильной отрасли. Для оценивания ресурсной эффективности предложено использовать показатели потребления абиотических и биотических ресурсов, воды и воздуха (MIPS). Данная система показателей рассмотрена на примере цеха окраски автомобильного предприятия.

Эколого-экономические аспекты технологий окраски на предприятии автомобильной отрасли

Рассматривая технологии окраски автомобилей, необходимо учитывать как экономические затраты, так и экологические эффекты, поскольку только такое целостное рассмотрение экологических и экономических аспектов может обеспечить баланс интересов предпринимательства и окружающей среды, и способствовать снижению негативного влияния на окружающую среду.

Наиболее значимые экологические аспекты цеха окраски показаны на рис.1.

На сегодняшний день для оценки уровня воздействия на окружающую среду производимой продукции, а также сравнения данных величин с наилучшими достижимыми уровнями воздействий, связанными с применением НДТ, компании рассчитывают удельные экологические показатели.

В экологическом жизненном цикле, как продукции и услуг в целом, так и отдельных технологий на стадии производства, можно оценивать универсальные экологические показатели в зависимости от глобальной категории воздействия в соответствии с рекомендациями ГОСТ Р ИСО 14040 [6].



Рис. 1 Экологические аспекты в технологическом процессе окраски

Оценка жизненного цикла (ОЖЦ) является подходящим инструментом для оценивания экологического воздействия различных технологий окраски. Однако в настоящее время оценивание эффективности использования ресурсов становится все более востребованным и универсальным подходом в системе производства, и компании определяют свои

стратегические цели развития, включая показатели ресурсного потребления. Нами предлагается в качестве индикатора ресурсной эффективности технологий окраски использовать материальную интенсивность (Material input per a unit service – MIPS) по категории воздействия «Истощение природных ресурсов» (табл. 1) [7].

Таблица 1

Категории воздействия на окружающую среду

Категория воздействия	Показатель категории
Истощение природных ресурсов	Показатель истощения природных ресурсов MIPS, кг/кг
Глобальное потепление климата	Потенциал глобального потепления (ПГП), г-экв.СО ₂ /кг
Разрушение озонового слоя	Потенциал разрушения озонового слоя (ПРОС), г-экв.Ф-11/кг
Закисление (ЗВ в атмосфере и поверхностных водоемах)	Потенциал закисления г/моль Н ⁺ экв.
Эвтрофикация	Потенциал эвтрофикации г-экв РО ₄ ³⁻
Образование фотохимического смога	Потенциал фотохимического образования озона, г/этен-экв.
Образование нетоксичных отходов	Показатель образования нетоксичных отходов, кг/кг ФЕ
Образование токсичных отходов	Показатель образования токсичных отходов, кг/кг ФЕ

Технологические операции окраски в компаниях по сборке автомобилей за последние 30 лет претерпели значительные изменения в плане регулирования экологического воздействия. Экологические дискуссии первоначально концентрировались на выбросах летучих органических соединений (ЛОС) и качестве атмосферного воздуха. Директивы для контроля выбросов ЛОС были приняты во многих регионах мира, в то время как вопросы, касающиеся изменения технологий, которые приведут к установленным показателям, оставались открытыми [8].

На современном этапе развития технологий окраски автомобилей применяются процессы и оборудование, представленные на рис. 2 [9].

Выделяют два традиционных процесса окраски с нанесением покрытия в три слоя и с использованием двух печей. Данные процессы применимы как для красок на органическом растворителе, так и для красок на водной основе (процессы 1,2 на рис.2).

Следующие системы относятся к группе компактных с нанесением трех или двух слоев краски и использованием одной печи: система моно покрытия (процесс 3), двухслойное моно покрытие с высоким содержанием твердых частиц (процесс 4), которое применяется на заводах Форда. Компания «Форд» применяет процесс трехслойного последовательного нанесения краски с высоким содержанием твердых частиц (процесс 5).

Трехслойное последовательное нанесение краски со средним содержанием твердых частиц применяется как на заводах компании «Форд», так и на заводах «Мазда», «Сузуки», «Тата» и «Киа» (процесс 6) [10, 11, 12].

Компании «Дженерал Моторс», «Ниссан» уже используют трехслойное последовательное нанесение краски на водной основе, в то время как «Форд» только

внедряет эту технологию на своих предприятиях (процесс 7) [13, 14].

Система WACS - водопоглощающая система нанесения покрытия применяется только на предприятии «Ниссан» в Японии (процесс 8) [14]. Система без применения грунта (процесс 9) уже внедрена на заводах «Ауди», «БМВ», «Мазда» и «Фиат» [9, 10, 15].

Результаты ОЖЦ технологий окраски автомобиля, полученные компаниями «Форд», «BASF» (крупнейший в мире химический концерн и производитель автомобильных красок) [16] и «Дюпр» [17] подтверждают, что технологии красок на основе растворителя с высоким содержанием твердых частиц отвечают современным нормативам по ЛОС, и, по сравнению с красками на водной основе, обеспечивают снижение энергопотребления и выбросов парниковых газов. В попытке дальнейшего подтверждения результатов предыдущих исследований, компания «Eastman», которая занимается производством и маркетингом химикатов, волокон и пластмасс, а также производит и поставляет основные виды покрытий и клеев с особыми свойствами, спонсировала независимые исследования ОЖЦ, сравнивая экологические показатели цеха окраски пяти компаний – производителей [18].

Выполненный литературный обзор подтверждает, что современные компактные технологии нанесения краски с высоким содержанием твердых частиц могут обеспечить наименьший показатель глобального потепления (ПГП), одновременно удовлетворяя норматив выбросов ЛОС. Компактный процесс нанесения красок на органической основе с высоким содержанием твердых частиц, с точки зрения ПГП, может оказать меньшее воздействие в жизненном цикле, чем компактный процесс с использованием красок на водной основе.

Причина этого заключается в более низком потреблении энергии в камере окраски и уменьшении зон предварительного нагрева поверхностей. Воздействие ППП, связанное с потреблением

электроэнергии в цехе окраски при нанесении автомобильных покрытий, является значительным. В то время как ППП непосредственно производства лакокрасочных материалов является менее значимым.

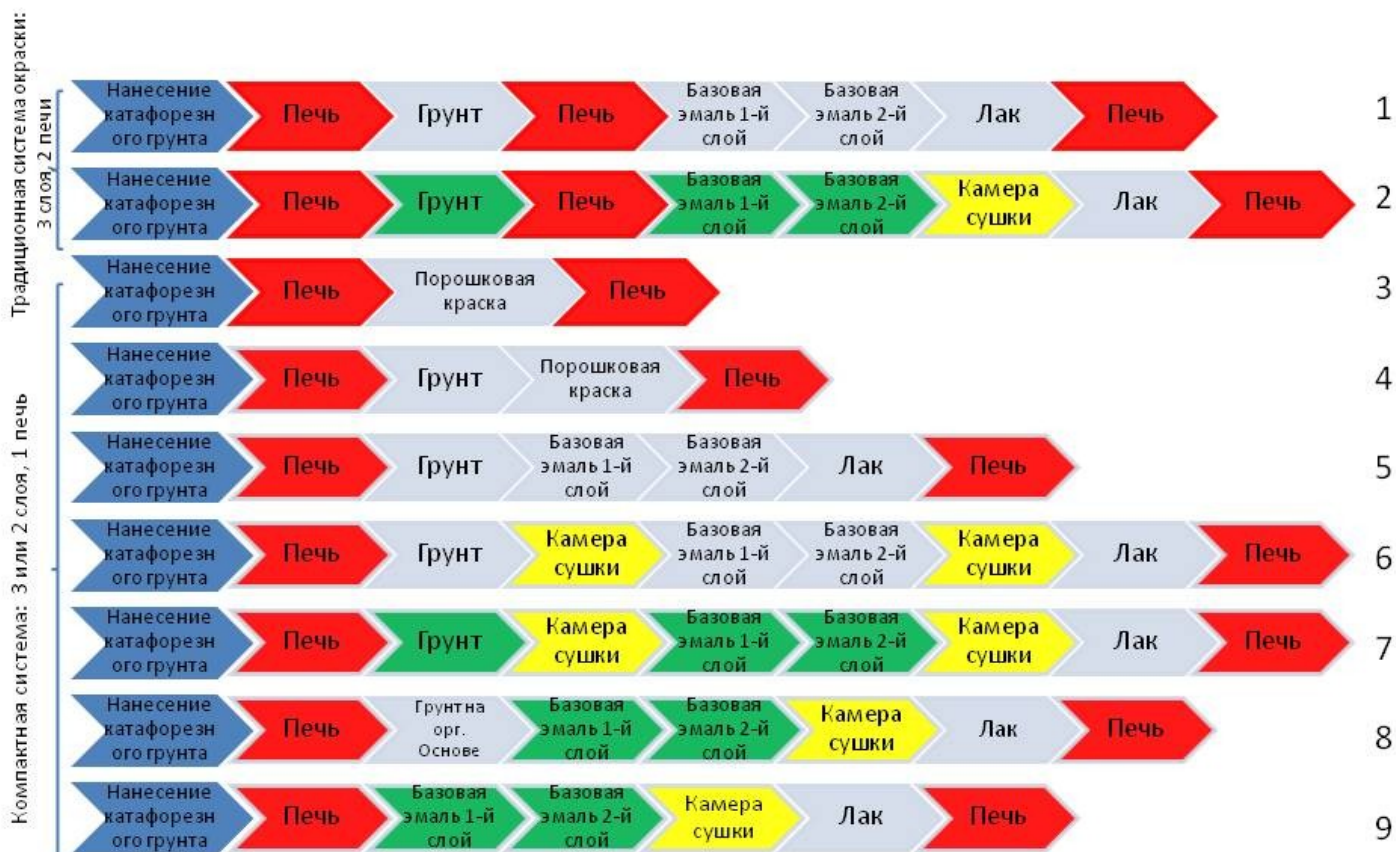


Рис. 2 Технологии окраски автомобилей [9]

Все исследуемые технологии способны удовлетворить требования текущего европейского норматива в 35 г/м² с применением установки дожига отработанного воздуха. Если предприятие не использует в своей технологии установку очистки воздуха, то для достижения норматива выбросов по ЛОС необходимо применять краски на водной основе. Низкий уровень потребления энергии при применении технологии окрашивания красками на органической основе с высоким содержанием твердых частиц имеет преимущество с точки зрения как уменьшения ППП, так и уменьшения расхода электроэнергии.

Наилучшими доступными технологиями являются те, которые снизят выбросы растворителя, потребление энергии и ресурсов с помощью оптимального выбора краски и системы сушки [19].

В справочнике НДТ «Обработка поверхности органическими растворителями» представлены следующие наиболее эффективные технологии

окраски [19, 20]: нанесение краски роботами; окунание вместо распыления; электростатическое нанесение; пистолеты с большим расходом краски низкого давления; оптимизация заполнения камер окраски.

Рассматриваемый окрасочный цех предназначен для защитно-декоративной окраски кузовов и бамперов автомобилей и подготовки окрашенных деталей к сборке. Продукцией цеха окраски является окрашенная поверхность кузовов и бамперов [21].

Технологический процесс окраски кузова автомобиля в цехе окраски предприятия включает 4 линии [22]:

1. линия подготовки поверхности кузовов методом фосфатирования;
2. линия нанесения катодного грунта методом электроосаждения;
3. линия нанесения герметиков методом пневматического распыления;
4. линия окраски кузовов и бамперов методом электростатического распыления.

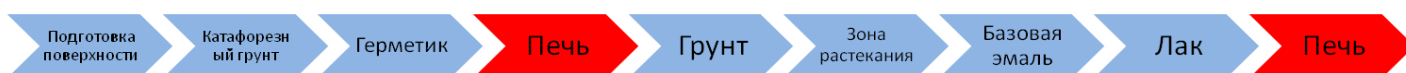
До модернизации цеха для окраски кузовов и бамперов предусматривались материалы на основе органических растворителей (праймер-грунт, базовая эмаль, прозрачный лак). При расширении производства окрашивания с 10 кузовов в час до 20 кузовов в час, для окраски кузовов предусматриваются материалы на водной основе (праймер-грунт и базовая эмаль). Содержание ЛВЖ в данных материалах не превышает 15 % по массе. Прозрачный лак для кузовов и все лакокрасочные материалы для бамперов остаются на основе органических растворителей. Кузовы поочередно поступают на линии 1 и 2 для подготовки поверхности, которые оснащены одинаковым оборудованием и включают одинаковые технологические процессы.

Увеличение производительности цеха по окраске с 10 кузовов до 20 кузовов в час приводит к увеличению потребления энергоресурсов.

До модернизации бамперы окрашивались в камере окраски кузовов. При расширении цеха окраски предусматривается адаптация старой линии окрашивания кузовов полностью под окраску бамперов.

Процесс окраски кузовов показан на рис. 3. Процесс окраски кузовов до модернизации показан на рис. 3, а. Новый процесс окраски кузовов, 3-Wet процесс, предусматривает использование грунта и базовой эмали на водной основе (рис. 3, б). Технология процесса окраски бамперов осталась неизменной (рис. 3, в).

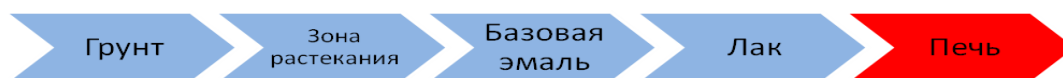
Кузовы и бамперы окрашивают последовательно: праймер грунт, основная базовая эмаль, прозрачный лак. Внутренние поверхности кузова окрашивают ручным способом, окраска наружных поверхностей автоматизирована и производится с использованием роботов.



а) Блок-схема процесса окраски до модернизации



б) Блок-схема процесса окраски кузовов после модернизации



в) Блок-схема окраски бамперов

Рис. 3. Блок-схемы процессов окраски до и после модернизации

Для нанесения применяют метод воздушно-электростатического распыления пистолетами. Этот метод занимает промежуточное место между менее эффективным воздушным распылением и высокоэффективным электростатическим распылением, и в сравнении с последним обеспечивает лучшую однородность и гладкость пленки.

Результатом технологического процесса окраски кузовов и бамперов является получение покрытия с высокими декоративными и защитными характеристиками.

Методика и результаты расчетов индикатора ресурсной эффективности технологий окраски

Расчет индикатора MIPS для каждого участка проводился с целью установления наиболее ресурсоемкого процесса и разработки предложений по повышению ресурсной эффективности.

Границы продукционной системы представлены на рис. 4.

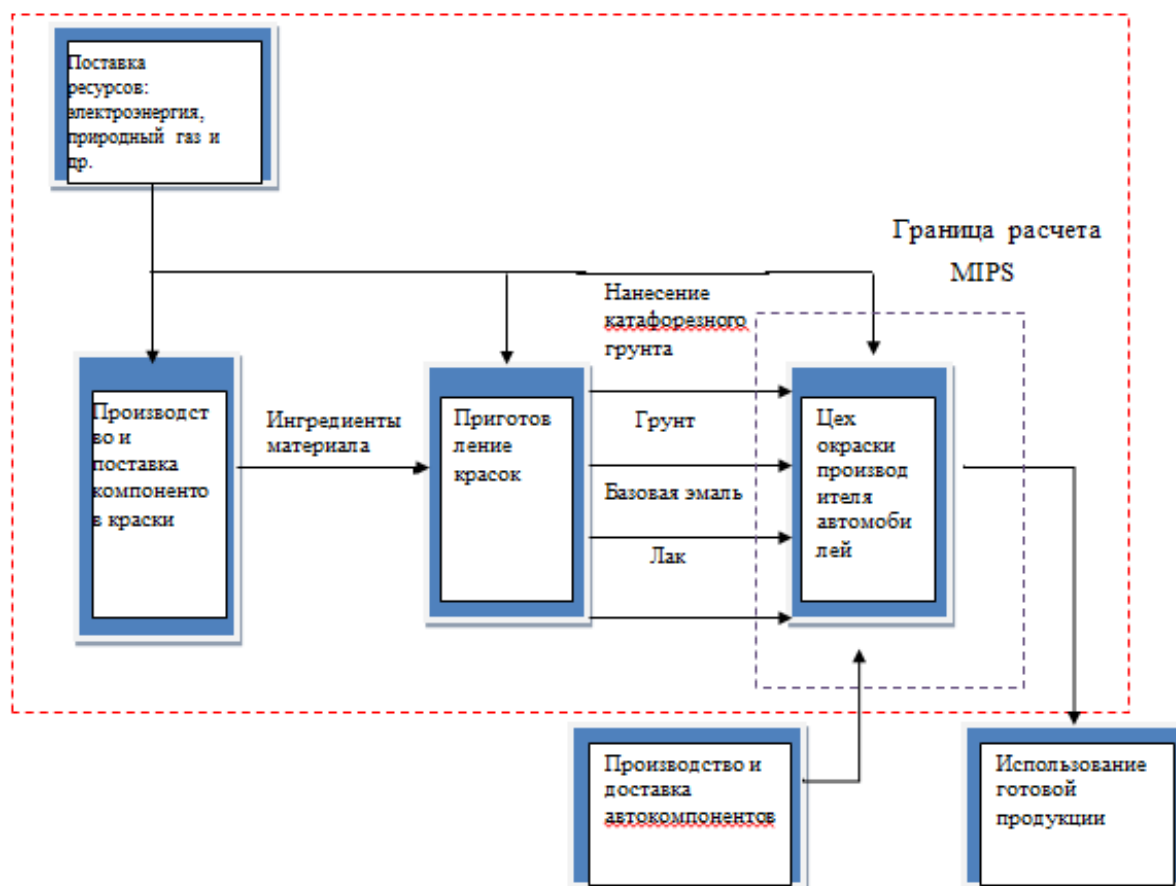


Рис. 4. Границы продукционной системы в расчетах MIPS

В расчетах MIPS оценивалось потребление ресурсов (абиотических, биотических), истощение почвенных и водных ресурсов, а также воздействие на атмосферный воздух, оказываемые при выработке каждого вида входного материала/энергии.

В качестве функциональной единицы выбрали 1 кг массы автомобиля (соответственно, кузова и бампера).

При определении фактического потребления ресурсов на производство 1 кг продукции, все материальные и энергетические потоки, входящие в производственный цикл, суммировались. Для каждого вида воздействия, по справочным данным определялся MI-фактор, показывающий потребление первичных ресурсов, необходимых для выработки 1 кг (ед. изм.) входного материала/энергии. Производство фактического потребления материала/энергии на единицу продукции и MI-фактора представляет собой количественную оценку экологического воздействия по категории «Истощение природных ресурсов» для каждого из пяти ресурсов при производстве 1 кг автомобиля (кузова или бампера) (абиотические, биотические, почва, вода, воздух).

В связи с отсутствием учета расхода электроэнергии по отдельным участкам цеха окраски, было принято допущение о распределении энергии между участками пропорционально расчетной мощности электрооборудования, находящегося на

каждом участке до и после модернизации. Таким образом, на основании фактических данных об электропотреблении по данным счетчика цеха окраски и установленной мощности электрооборудования было определено потребление электроэнергии на каждом из участков до и после модернизации.

Данные по расходу технической и деминерализованной воды были получены из технологического регламента цеха до и после модернизации.

Потребление газа определялось по результатам фактических измерений на установленных горелках, и затем распределялось по участкам до и после модернизации и расширения производства.

Затраты электроэнергии на обслуживание компрессорной, вырабатывающей сжатый воздух для роботов в камерах окраски, были пропорционально распределены между участками нанесения лака на бамперы (4 робота), нанесения праймер-грунта на кузова (2 робота), базовой эмали (4 робота) и прозрачного лака (3 робота).

В расчетах также учитывались потребление электроэнергии на работу конвейеров, которые участвуют в передвижении кузова от участка к участку, а также потребление электроэнергии и воды на обслуживание оборудования для очистки в коагуляционном блоке сточных вод после окраски.

Результаты расчета MIPS до и после модернизации представлены на рис. 5,6.

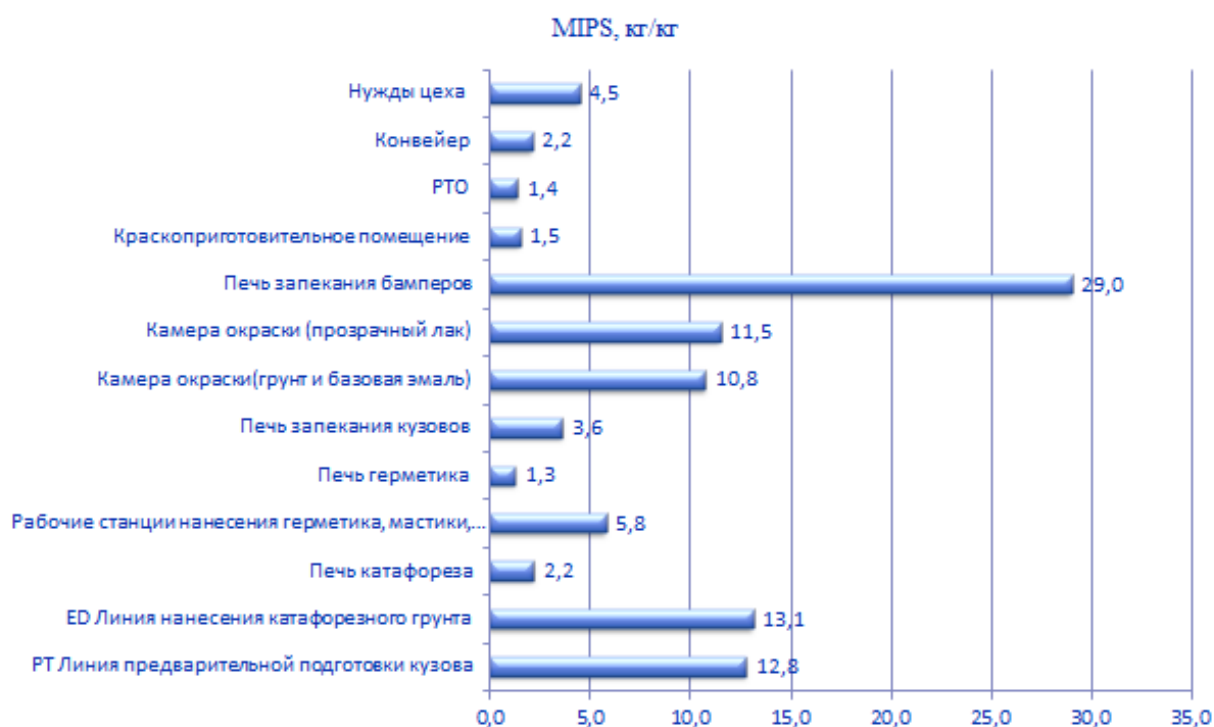


Рис. 5. Суммарное потребление ресурсов на участке окраски до модернизации

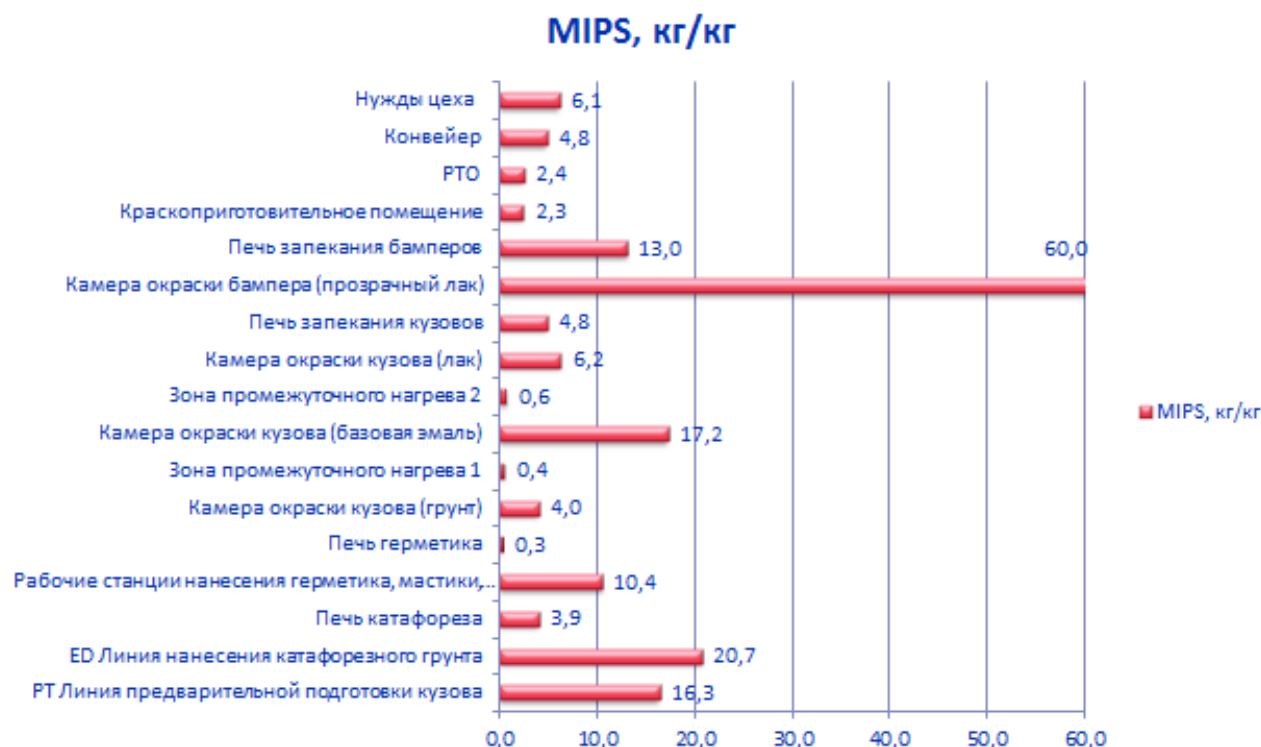


Рис. 6. Суммарное потребление ресурсов на участке окраски после модернизации

Детальный анализ эффективности потребления ресурсов с распределением по категориям абиотические ресурсы, потребление воды, потребление воздуха показан на рисунках 7-9. Биотические ресурсы ввиду незначительного потребления (менее 1 % по массе) были исключены из рассмотрения.

Значительное потребление воздуха отмечено в печи запекания бамперов - 40% и на линии нанесения катафорезного грунта - 16%. После модернизации 53% потребления воздуха приходится на камеру окраски бамперов.

Наибольшее потребление абиотических ресурсов до модернизации происходит в печи запекания

бамперов (46%), что связано с потреблением природного газа и электроэнергии. После изменения технологии окрашивания, наибольшее потребление абиотических ресурсов приходится на камеру окраски бамперов прозрачным лаком (49%).

Как видно, наибольшее потребление воды относится к печи запекания бамперов до модернизации и камере окраски бамперов после модернизации.

По-видимому, значительное ресурсопотребление камеры окраски бамперов после модернизации и расширения производства объясняется нерациональным заполнением камеры окраски бамперов и применением механизированных инструментов для нанесения покрытий, которые морально устарели и имеют низкую эффективность.

MIPS-анализ - Абиотические ресурсы



Рис. 7. Потребление абиотических ресурсов на участке окраски до и после модернизации

MIPS-анализ - Потребление воды



Рис. 8. Потребление воды на участке окраски до и после модернизации

MIPS-анализ - Потребление воздуха



Рис. 9. Потребление воздуха на участке окраски до и после модернизации

Выводы и заключение

На основании рассмотрения входных материальных и энергетических потоков в производственную систему цеха окраски получены значения индикатора ресурсной эффективности MIPS процесса окраски до и после модернизации с учетом расширения производства и увеличения производительности цеха с 10 кузовов до 20 кузовов в час. Определение индикатора MIPS основано на данных фактического потребления природного газа, электроэнергии и воды на технологические процессы окраски.

До модернизации бамперы окрашивались в камере для окраски кузовов. При расширении цеха окраски была установлена новая камера для окраски кузовов и адаптирована старая линия окрашивания кузовов под окраску бамперов.

В результате выполненных расчетов ресурсной эффективности было установлено, что после модернизации, в существующем режиме заполнения камера окраски бамперов при нанесении покрытий всех видов работает неэффективно. По-видимому, это связано с двумя причинами: нерациональным заполнением камеры окраски бампера после модернизации и применением механизированных инструментов для нанесения покрытий, которые морально устарели и имеют низкую эффективность работы.

В качестве рекомендаций для соответствия наилучшей доступной технологии рекомендуется оптимизировать заполнение камеры бамперами и применить роботы-манипуляторы для нанесения покрытий, что позволит повысить ресурсную эффективность за счет единовременной окраски

большого количества бамперов и снижения потерь ЛКМ, а также улучшить условия труда.

Процесс окраски автомобиля является весьма сложным и состоит из множества взаимосвязанных шагов. Решения, принятые для одного участка или процесса, могут повлиять на другие участки или процессы или на весь технологический процесс в целом. Некоторые решения по комбинации методов могут быть несовместимы друг с другом с технической и экономической точек зрения.

При выборе методов и режимов нанесения лакокрасочных покрытий необходимо учитывать следующие факторы: применяемые лакокрасочные материалы; характеристику окрашиваемых изделий; технологические ограничения по температурному режиму, производительности, способу транспортировки изделий; наличие производственных площадей для организации процесса окраски и т.д.

Для определения НДТ целесообразно рассматривать не отдельные участки, а процесс окраски в целом с учетом всех перечисленных факторов.

В дальнейшем предполагается провести сравнительную оценку структуры энерго- и ресурсопотребления других предприятий автомобильной отрасли с применением индикаторов MIPS. В этом случае выбор индикатора и его значения, определенного в данной работе, в качестве бенчмаркинга для выбора НДТ на участке окраски, будет вполне обоснован.

Список литературы

1. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 21 июля 2014 г.) «Об охране окружающей среды»

2. Распоряжение Правительства РФ от 19 марта 2014 г. № 398-р «Об утверждении комплекса мер по стимулированию внедрения современных эффективных технологий в промышленности»

3. Леонидов К.В., Панкина Г.В. и др., Наилучшие доступные технологии: аспекты подготовки и повышения квалификации – 2015. - С. 4-9 [http://www.asms.ru/upload/iblock/6f1/6f1891e4be7c7c733fbf5ab8749db6cb.pdf]

4. Бегак М.В., Боравская Т.В. и др. / Под ред. М.В. Бегака Наилучшие доступные технологии и комплексные экологические разрешения: перспективы применения в России. — М.: ООО «ЮрИнфоР-Пресс», 2010.

5. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Аверочкин Е.А., Бегак М.В. Добровольные инструменты внедрения наилучших доступных технологий и комплексных экологических разрешений// Труды международного экспертного семинара «Управление качеством атмосферного воздуха. Система комплексных природоохранных разрешений». – Тбилиси, 2014. – С.65-76.

6. ГОСТ Р ИСО 14040 – 2010 «Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура»

7. Liedtke C., Biengen K., Wiesen K., Teubler J., Greiff K., Lettenmeier M., Rohn H. Resource Use in the Production and Consumption System – The MIPS Approach// Resources 3, 2014: doi: 10.3390/resources3030544 – С. 544–574.

8. Директива 2004/42/CE Европейского парламента и Европейского Совета от 21 апреля 2004 г. об ограничении выбросов летучих органических соединений, образующихся в результате использования органических растворителей в декоративных красителях и лаках и красках для ремонтных работ автомобилей и вносящая поправки в Директиву 1999/13/EC [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0042:EN:HTML]

9. Ford Motor Company. “Sustainable Painting Processes: Global Alternatives.” National Center for Manufacturing Sciences Sustainable Design and Manufacturing Roundtable, Ann Arbor, MI, June 2012 [http://www.ncms.org/wp-content/NCMS_files/sustainability/2012Sustainability/amPresentations/1130_Weingartz_NCMS_Roundtable_2012.pdf]

10. Официальный сайт компании Мазда [http://www2.mazda.com/en/technology/env/other/paint_tech.html]

11. Официальный сайт компании Форд [http://corporate.ford.com/microsites/sustainability-report-2011-12/environment-data-emissions]

12. Kia Motors Manufacturing Georgia, LLC. “SIP Permit Application No. 17363 - Prevention of Significant Air Quality Deterioration Review of Kia Motors Manufacturing Georgia, LLC Motor Vehicle Assembly Plant Construction Located in West Point, Georgia (Troup

County)”.

[http://www.georgiaair.org/airpermit/downloads/permits/28500084/psd17363/28500084pd.pdf.]

13. Annual environmental reports published by selected OEMs: [http://gmsustainability.com/report.html]

14. Annual environmental reports published by selected OEMs: [http://www.nissan-global.com/EN/DOCUMENT/PDF/ENVIRONMENT/EFB/2012/FB2012_p05-19.pdf]

15. Honda Manufacturing of Indiana, LLC. “Part 70 Permit No.: 031-30127-00026”. Retrieved from http://permits.air.idem.in.gov/30127p.pdf.

16. Официальный сайт компании BASF [https://www.basf.com/en.html]

17. Официальный сайт Дюпп [http://www.durr-application-technology.com/]

18. Joshua P. Seeley and C. Jason Pierce Environmental Life Cycle Assessment of OEM Automotive Paint Shop Technologies, July 2014 [http://www.pcimag.com/articles/99318-environmental-life-cycle-assessment]

19. Reference document on BAT Surface treatment using organic solvent, August 2007

20. Craig Kelly, Automotive paint technology into the 21st century, 2009 [http://issinstitute.org.au/wp-content/media/2011/04/ISS-FEL-REPORT-C-KELLY-low-res.pdf]

21. Руководство по экологическим и социальным вопросам по отраслям Сборка автотранспортных средств, European Bank for reconstruction and development [http://www.ebrd.com/downloads/about/sustainability/Motor_Vehicle_Assembly_RU.pdf]

22. United Nations Environment Programme, Ed.; Paving the Way for Sustainable Consumption and Production. The Marrakech Process Progress Report; UNEP Division of Technology Industry and Economics (DTIE) Sustainable Consumption and Production Branch: Paris, France, 2011 [http://www.unep.fr/scp/Marrakech]

References

1. Federal'nyj zakon ot 10 janvarja 2002 g. № 7-FZ (red. ot 21 ijulja 2014 g.) «Ob ohrane okruzhajushhej sredy»

2. Rasporjazhenie Pravitel'stva RF ot 19 marta 2014 g. № 398-r «Ob utverzhdenii kompleksa mer po stimulirovaniju vnedrenija sovremennyh jeffektivnyh tehnologij v promyshlennosti»

3. Leonidov K.V., Pankina G.V. i dr., Nailuchshie dostupnye tehnologii: aspekty podgotovki i povyshenija kvalifikacii–2015. - С.4-9 [http://www.asms.ru/upload/iblock/6f1/6f1891e4be7c7c733fbf5ab8749db6cb.pdf]

4. Begak M.V., Boravskaja T.V. i dr. / Pod red. M.V. Begaka Nailuchshie dostupnye tehnologii i kompleksnye jekologicheskie razreshenija: perspektivy primenenija v Rossii. — М.: ООО «JurInfoR-Пресс», 2010.

5. Guseva T.V., Molchanova Y.P., Averochkin E. A., Begak M.V. Dobrovolnye instrumenty vnedreniya nailuchshikh dostupnykh tehnologii i kompleksnykh jekologicheskikh razresheniji // Trudy mezhdunarodnogo ekspertnogo seminaru "Ambient Air Quality. The System of complex environmental licenses". – Tbilisi, 2014. – С.65-76.
6. GOST R ISO 14040 – 2010 «Jekologicheskij menedzhment. Ocenka zhiznennogo cikla. Principy i struktura»
7. Liedtke C., Bienge K., Wiesen K., Teubler J., Greiff K., Lettenmeier M., Rohn H. Resource Use in the Production and Consumption System – The MIPS Approach// Resources 3, 20014: doi: 10.3390/resources3030544 – С. 544–574.
8. Direktiva 2004/42/CE Evropejskogo parlamenta i Evropejskogo Soveta ot 21 aprelya 2004 g. ob ogranichenii vybrosov letuchih organicheskikh soedinenij, obrazujushhihsja v rezul'tate ispol'zovanija organicheskikh rastvoritelej v dekorativnyh krasiteljah i lakah i kraskah dlja remontnyh rabot avtomobilej i vnosjashhaja popravki v Direktivu 1999/13/ES [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0042:EN:HTML]
9. Ford Motor Company. "Sustainable Painting Processes: Global Alternatives." National Center for Manufacturing Sciences Sustainable Design and Manufacturing Roundtable, Ann Arbor, MI, June 2012 [http://www.ncms.org/wp-content/NCMS_files/sustainability/2012Sustainability/amPresentations/1130_Weingartz_NCMS_Roundtable_2012.pdf]
10. Oficial'nyj sajt kompanii Mazda [http://www2.mazda.com/en/technology/env/other/paint_tech.html]
11. Oficial'nyj sajt kompanii Ford [http://corporate.ford.com/microsites/sustainability-report-2011-12/environment-data-emissions]
12. Kia Motors Manufacturing Georgia, LLC. "SIP Permit Application No. 17363 - Prevention of Significant Air Quality Deterioration Review of Kia Motors Manufacturing Georgia, LLC Motor Vehicle Assembly Plant Construction Located in West Point, Georgia (Troup County)". [http://www.georgiaair.org/airpermit/downloads/permits/28500084/psd17363/2850084pd.pdf.]
13. Annual environmental reports published by selected OEMs: [http://gmsustainability.com/report.html]
14. Annual environmental reports published by selected OEMs: [http://www.nissan-global.com/EN/DOCUMENT/PDF/ENVIRONMENT/EFB/2012/FB2012_p05-19.pdf]
15. Honda Manufacturing of Indiana, LLC. "Part 70 Permit No.: 031-30127-00026". Retrieved from http://permits.air.idem.in.gov/30127p.pdf.
16. Oficial'nyj sajt kompanii BASF [https://www.basf.com/en.html]
17. Oficial'nyj sajt Djurr [http://www.durr-application-technology.com/]
18. Joshua P. Seeley and C. Jason Pierce Environmental Life Cycle Assessment of OEM Automotive Paint Shop Technologies, July 2014 [http://www.pcimag.com/articles/99318-environmental-life-cycle-assessment]
19. Reference document on BAT Surface treatment using organic solvent, August 2007
20. Craig Kelly, Automotive paint technology into the 21st century, 2009 [http://issinstitute.org.au/wp-content/media/2011/04/ISS-FEL-REPORT-C-KELLY-low-res.pdf]
21. Rukovodstvo po jekologicheskim i social'nym voprosam po otrasljam Sboraka avtotransportnyh sredstv, European Bank for reconstruction and development [http://www.ebrd.com/downloads/about/sustainability/Motor_Vehicle_Assembly_RU.pdf]
22. United Nations Environment Programme, Ed.; Paving the Way for Sustainable Consumption and Production. The Marrakech Process Progress Report; UNEP Division of Technology Industry and Economics (DTIE) Sustainable Consumption and Production Branch: Paris, France, 2011 [http://www.unep.fr/scp/Marrakech]