



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-2-158-166>
УДК 543.39: 665.081

Поступила 22.04.2024
Received 22.04.2024

СТЕПЕНЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЛАКОКРАСОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

А. С. ПАНАСЮГИН, С. В. МАРЦЕВА, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: nilogaz@tut.by
Н. П. МАШЕРОВА, Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь, ул.Свердлова, 13а. E-mail: Masherova.Nat@mail.ru

Проведен анализ образования паров органических растворителей, которые представлены уайт-спиритом, кетонами, спиртами, производными бензола, 1,4-диоксаном, этилцеллозольвом и окрасочным аэрозолем. Вещества относятся к 3-му и 4-му классам опасности. В процессе производства использовали базовую краску Uno HD, краску Diamont R-M BASF P+E, покровный лак Standoflex 2k autolak и однокомпонентную шпатлевку-порозаполнитель Standox fine 1k-body. Расход материалов составлял соответственно 6,3; 2,7; 1,8 и 3,7 т/год. При расчете выбросов окрасочного аэрозоля эффективность очистных сооружений принималась равной 52%. Размер экологического налога составил 2619,93 руб.

Ключевые слова. Экологический налог, базовая краска Uno HD, краска Diamont R-M BASF P+E, покровный лак Standoflex 2k autolak, однокомпонентная шпатлевка-порозаполнитель Standox fine 1k-body.

Для цитирования. Панасюгин, А. С. Степень воздействия выбросов в атмосферу, образующихся при применении лакокрасочной продукции в машиностроительном производстве / А. С. Панасюгин, С. В. Марцева, Н. П. Машерова // *Литье и металлургия*. 2024. № 2. С. 158–166. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-2-158-166>.

DETERMINING THE DEGREE OF ATMOSPHERIC EMISSIONS IMPACT GENERATED DURING THE PAINT AND VARNISH PRODUCTS USE IN MACHINE-BUILDING PRODUCTION

A. S. PANASYUGIN, S. V. MARTSEVA, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave. E-mail: nilogaz@tut.by
N. P. MASHEROVA, Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus, 13a, Sverdlova str. E-mail: Masherova.Nat@mail.ru

An analysis of the formation of organic solvent vapors, represented by white spirit, ketones, alcohols, benzene derivatives, 1,4-dioxane, ethyl cellosolve, and paint aerosol, was conducted. The substances belong to the 3rd and 4th hazard classes. In the production process, the base paint Uno HD, Diamont R-M BASF P+E paint, Standoflex 2k autolak topcoat, and Standox fine 1k-body single-component putty-pore filler were used. The consumption of materials was 6.3, 2.7, 1.8, and 3.7 tons/year, respectively. In calculating the paint aerosol emissions, the efficiency of the treatment facilities was assumed to be 52%. The environmental tax amounted to 2,619.93 rubles.

Keywords. Environmental tax, Uno HD base paint, Diamont R-M BASF P+E paint, Standoflex 2k autolak topcoat, Standox fine 1k-body single-component putty-pore filler.

For citation. Panasyugin A. S., Martseva S. V., Masherova N. P. Determining the degree of atmospheric emissions impact generated during the paint and varnish products use in machine-building production. *Foundry production and metallurgy*, 2024, no. 2, pp. 158–166. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-2-158-166>.

Введение

На сегодняшний день ни одна отрасль народного хозяйства не может обойтись без применения лакокрасочных материалов различного назначения, содержащих в своем составе органические растворители. Последние, как правило, являются высоколетучими органическими соединениями (например, предельные углеводороды ряда C₅–C₉, *n*-, *m*-, *o*-ксилолы, бензол, 1,4-диоксан, ацетон, толуол, стирол, изопропанол, 1-бутанол, этилацетат, *n*-бутилацетат, этилцеллозольв, метилэтилкетон и многие др.), которые значительно загрязняют атмосферный воздух [1]. Один из основных источников загрязнения атмосферного

воздуха – окрасочные производства предприятий машиностроительного профиля. Это обусловлено использованием материалов различного назначения: растворители, обезжириватели, разбавители, отвердители, грунтовки, шпатлевки, средства защиты от коррозии и др.

В последнее время на территорию Беларуси в больших объемах начали поступать импортные клеи и краски разного ассортимента и назначения. Кроме того, отечественными предприятиями освоен выпуск новых видов изделий на основе импортных технологий и частичном использовании ввозимых компонентов. Валовый объем потребления данной продукции исчисляется тысячами тонн. Вместе с тем в предоставляемых сертификатах качества на перечисленную продукцию отсутствуют сведения не только о химическом составе, но и в большинстве случаев о содержании и качественном составе летучих веществ. Чаще всего указана биологическая летальная доза, характеризуется интенсивность кожно-резорбтивного действия и тип краски или клея (масляная, нитро- и т.д.) [2]. Существующее законодательство позволяет фирмам-поставщикам не предоставлять эти сведения, ссылаясь на право сохранения коммерческой тайны.

Необходимость проведения токсикологической оценки воздействия на здоровье человека готового изделия, полученного с использованием лакокрасочных материалов различного назначения, не вызывает сомнений. При этом весьма актуальной является оценка вреда, наносимого окружающей среде. Весь спектр данных материалов предполагает присутствие различных высоколетучих органических соединений, применение которых, помимо сугубо технологических аспектов (скорость сушки, прочность адгезии к обрабатываемой поверхности, стабильность при хранении и т.д.), влечет за собой необходимость оценки вреда, наносимого окружающей среде, в первую очередь воздушному бассейну [1, 2].

В результате санитарно-токсикологической экспертизы окрашенных поверхностей обнаружены лишь незначительные количества летучих соединений (не более 0,01 %). Следовательно, большая часть летучих веществ остается неучтенной. Следующий неясный момент – это временной интервал, выбранный для определения количества выделяющихся летучих веществ. Как показывает опыт, время выделения растворителей с окрашенных поверхностей при высыхании покрытия может составлять от нескольких часов до нескольких суток. Важным показателем являются данные, полученные в ходе исследования кинетики выделения растворителей в атмосферу при использовании изделий различного назначения.

Целью настоящей работы было исследование кинетики выделения растворителей в атмосферу, получение информации о количественном и качественном составе летучих веществ, проведение расчета экологического налога на выбросы в атмосферу, которые образуются при работе окрасочного цеха кабин большегрузных автомобилей.

Методы исследований

Для количественной и качественной оценки выбрасываемых в атмосферу растворителей использовали метод газовой хроматографии на хроматографе «Цвет 100» с пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой с Carbowax 20 длиной 60 м.

Показатели значений летучей и твердой фазы, кинетические показатели интенсивности выделения летучей фазы из образцов, взятых для исследований, определяли гравиметрическим методом с помощью электронных весов Ohaus pro.

Методики расчетов

В качестве исходных данных для расчета выбросов загрязняющих веществ принимали фактический или плановый расход лакокрасочного материала, долю содержания в нем летучей части, долю содержания индивидуальных компонентов в летучей части, степень очистки при наличии оборудования по улавливанию или обезвреживанию (газоочистки) летучих веществ.

Расчеты выбросов веществ, выделяющихся в атмосферу, проводили по следующим формулам.

Выброс в атмосферу индивидуального летучего вещества ($M_o, т$), содержащегося в лакокрасочном материале, при нанесении покрытия (при отсутствии газоочистки):

$$M_o = M_k \cdot f_p \cdot f_{po} \cdot f_k \cdot 10^{-6},$$

где M_k – годовой расход лакокрасочного материала, т; f_p – доля летучей части от общей массы лакокрасочного материала, %; f_{po} – доля летучих растворителей от общего их содержания в лакокрасочном материале, выделяющихся при различных способах нанесения покрытия, % (при окраске пневматическим методом – 25 %); f_k – доля конкретного летучего вещества от общей массы летучей части, %.

Выброс в атмосферу индивидуального летучего вещества (M_c , т), содержащегося в лакокрасочном материале, при сушке покрытия (при отсутствии газоочистки):

$$M_c = M_k \cdot f_p \cdot f_{pc} \cdot f_k \cdot 10^{-6},$$

где M_k – годовой расход лакокрасочного материала, т; f_p – доля летучей части от общей массы лакокрасочного материала, %; f_{pc} – доля летучих растворителей от общего их содержания в лакокрасочном материале, выделяющихся при сушке в зависимости от способа нанесения покрытия, % (при сушке покрытия, нанесенного пневматическим методом – 75 %); f_k – доля конкретного летучего вещества от общей массы летучей части, %.

Выброс окрасочного аэрозоля (M_a , т) с учетом очистки:

$$M_a = M_k \cdot f_{pa} \cdot f_t \cdot (1 - n) \cdot 10^{-4},$$

где M_k – годовой расход лакокрасочного материала, т; f_{pa} – доля лакокрасочного аэрозоля, выделяющегося при нанесении покрытия, от массы твердой составляющей материала, % (при нанесении покрытия пневматическим методом – 30 %); f_t – доля твердой составляющей в лакокрасочном материале, %; n – степень очистки, в долях от единицы (в нашем случае 0,52).

Экологический налог (ЭНи) на вещество i -го класса опасности:

$$\text{ЭНи} = \sum M_{(o+c)} \cdot \text{СНи},$$

где $\sum M_{(o+c)}$ – суммарный выброс веществ i -го класса опасности, т; СНи – ставка экологического налога для веществ i -го класса опасности, руб/т.

Экологический налог на все производство составляет:

$$\text{ЭНП} = \sum \text{ЭНи},$$

где $\sum \text{ЭНи}$ – сумма экологических налогов на все используемые лакокрасочные материалы, руб.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1–4 представлены кинетические кривые выделения летучей фазы при сушке при разных температурах лакокрасочных материалов фирмы Dinitrol. Температуры, при которых проводили исследования, соответствуют реальным рабочим температурным режимам, применяемым для сушки данных материалов (25, 60 и 80 °С).

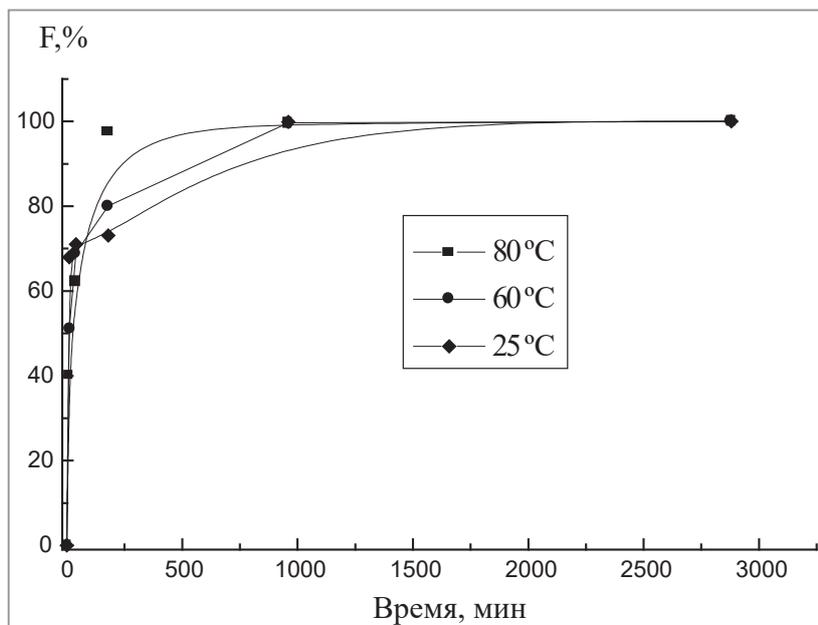


Рис. 1. Кинетические кривые удаления при сушке летучей фазы из базовой краски Dinitrol metallic

На основании кинетических кривых, представленных на рис. 1–4, было рассчитано время выделения в атмосферу 50%, 75, 90 и 100% летучей фазы (табл. 1).

Как видно из таблицы и рисунков, даже через 3–5 ч при использовании некоторых материалов до 25% растворителей остаются в составе покрытия.

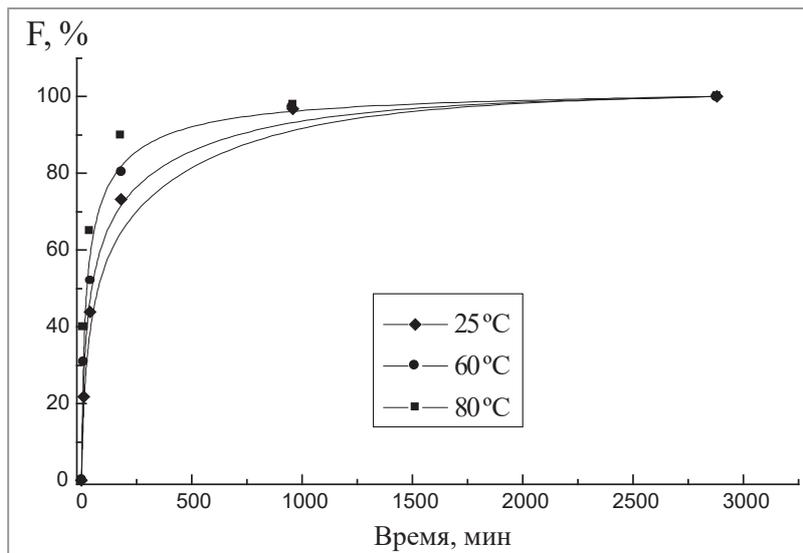


Рис. 2. Кинетические кривые удаления при сушке летучей фазы из состава для обработки днища Dinitrol bod

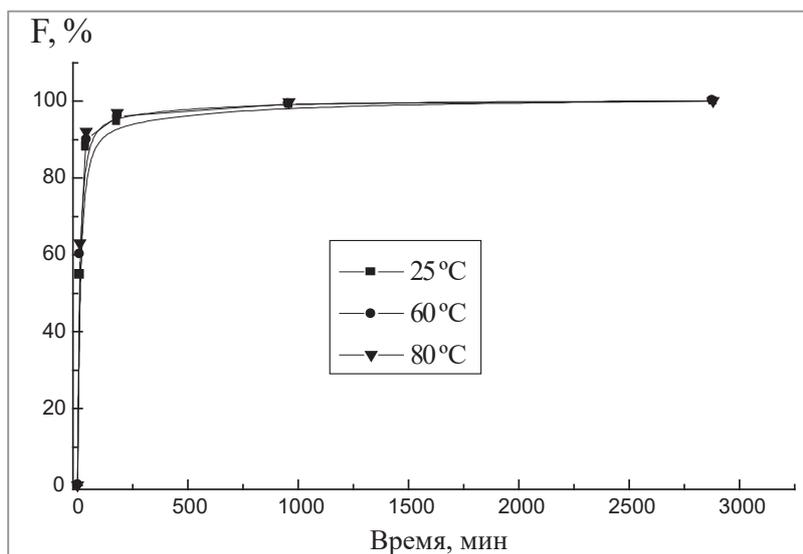


Рис. 3. Кинетические кривые удаления при сушке летучей фазы из состава для обработки порохов Dinitrol ML

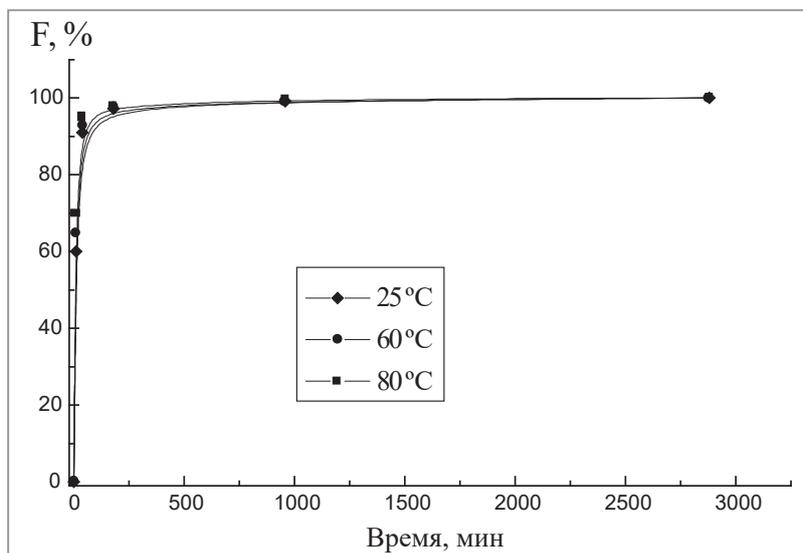


Рис. 4. Кинетические кривые удаления при сушке летучей фазы из состава для обработки арок Dinitrol 494

Таблица 1. Время выделения летучей фазы из образцов материалов фирмы Dinitrol

| Образец материала Dinitrol | Интенсивность выделения летучей фазы, ч | | | |
|------------------------------|---|-----------|------------|-------|
| | 50% | 75% | 90% | 100% |
| Состав для обработки арок | 0,25 | 0,50 | 0,85–1,00 | 33,00 |
| Базовая краска (металлик) | 0,08 | 1,30–3,00 | 3,50–13,50 | 35,00 |
| Состав для обработки днища | 0,50–1,00 | 1,75–6,00 | 6,80–15,50 | 42,00 |
| Состав для обработки порогов | 0,20 | 0,50 | 0,85–1,75 | 46,00 |

В табл. 2 приведены данные по назначению лакокрасочных материалов и их составам, которые были получены с помощью хроматографических исследований. Показан также класс опасности каждого вещества.

Таблица 2. Назначение лакокрасочных материалов и их состав

| Класс опасности вещества | Состав материала, вещество, % | Назначение материала | | | |
|--------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------|---|
| | | краска Uno HD | краска Diamont R-M BASF P+E | автолак Standoflex 2k autolak | однокомпонентная шпатлевка Standox fine 1k-body |
| 4 | Уайт-спирит | 8,72 | 72,71 | 15,66 | 9,86 |
| 4 | Ацетон | 39,97 | 12,17 | | |
| 4 | Этилацетат | 10,52 | 5,69 | | |
| 4 | n-Бутилацетат | | 2,14 | 39,99 | 7,17 |
| 3 | Метилэтилкетон | 8,82 | | | |
| 3 | Пропанол | | | | 24,5 |
| 3 | 1,4-Диоксан | 4,72 | | | 1,18 |
| 3 | Толуол | 21,41 | 6,47 | | 1,03 |
| 3 | Ксилол | | | 31,54 | 42,49 |
| 3 | Этилбензол | | | 12,81 | 11,94 |
| 3 | Стирол | | | | 1,83 |
| 3 | Этилцеллозольв | 5,84 | 0,82 | | |
| 3 | Окрасочный аэрозоль | | | | |
| | Летучая часть | 51 | 41 | 50,6 | 39,7 |
| | Твердая часть | 49 | 59 | 49,4 | 60,3 |

В табл. 3 приведены технические параметры выделения загрязняющих летучих веществ при нанесении лакокрасочных покрытий пневматическим методом, а в табл. 4 – данные по ставкам экологического налога на 2024 г., необходимые для дальнейших расчетов.

Таблица 3. Технические параметры выделения загрязняющих веществ при нанесении лакокрасочных покрытий пневматическим методом

| Показатель | Материал | | | |
|--|---------------|-----------------------------|-------------------------------|---|
| | краска Uno HD | краска Diamont R-M BASF P+E | автолак Standoflex 2k autolak | Однокомпонентная шпатлевка Standox fine 1k-body |
| Годовой расход краски, т | 6,3 | 2,7 | 1,8 | 3,7 |
| Доля аэрозоля при окраске, % | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Пары растворителя, выделяющиеся при окраске, % от общего содержания растворителя | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Пары растворителя, выделяющиеся при сушке, % от общего содержания растворителя | 75 | 75 | 75 | 75 |

Таблица 4. Ставки экологического налога в 2024 г.

| Класс опасности вещества | Ставка налога, руб./т |
|--------------------------|-----------------------|
| 2 | 1327,27 |
| 3 | 438,77 |
| 4 | 218,02 |
| б/к | 218,02 |

Для определения характеристик выбросов и расчетов экологического налога при использовании автолака Standoflex 2k autolak были использованы данные, содержащиеся в табл. 2–4.

Результаты расчетов выбросов и экологического налога при использовании покровного автолака Standoflex 2k autolak приведены в табл. 5–7.

Таблица 5. Выброс в атмосферу летучих веществ при нанесении покрытия автолак Standoflex 2k autolak

| Вещество | $M_o = M_k \cdot f_p \cdot f_{po} \cdot f_k \cdot 10^{-6}$ | | | | |
|---------------|--|-----------|--------------|-----------|-----------|
| | M_k , т | f_p , % | f_{po} , % | f_k , % | M_o , т |
| н-Бутилацетат | 1,8 | 50,6 | 25,0 | 39,99 | 0,091 |
| Ксилол | 1,8 | 50,6 | 25,0 | 31,54 | 0,072 |
| Уайт-спирит | 1,8 | 50,6 | 25,0 | 15,66 | 0,036 |
| Этилбензол | 1,8 | 50,6 | 25,0 | 12,81 | 0,029 |

Таблица 6. Выброс в атмосферу летучих веществ при сушке покрытия автолак Standoflex 2k autolak

| Вещество | $M_c = M_k \cdot f_p \cdot f_{pc} \cdot f_k \cdot 10^{-6}$ | | | | |
|---------------|--|-----------|--------------|-----------|-----------|
| | M_k , % | f_p , % | f_{pc} , % | f_k , % | M_c , т |
| н-Бутилацетат | 1,8 | 50,6 | 75,0 | 39,99 | 0,273 |
| Ксилол | 1,8 | 50,6 | 75,0 | 31,54 | 0,215 |
| Уайт-спирит | 1,8 | 50,6 | 75,0 | 15,66 | 0,107 |
| Этилбензол | 1,8 | 50,6 | 75,0 | 12,81 | 0,088 |

Таблица 7. Суммарный выброс в атмосферу летучих веществ при нанесении и сушке покрытия автолак Standoflex 2k autolak

| Вещество | Нанесение M_o , т | Сушка M_c , т | $M_o + M_c$, т |
|---------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| н-Бутилацетат | 0,091 | 0,273 | 0,364 |
| Ксилол | 0,072 | 0,215 | 0,287 |
| Уайт-спирит | 0,036 | 0,107 | 0,143 |
| Этилбензол | 0,029 | 0,088 | 0,117 |

Выброс окрасочного аэрозоля с учетом очистки на фильтрах 52% составляет:

$$M_a = M_k \cdot f_{pa} \cdot f_t \cdot (1 - n) \cdot 10^{-4} = 1,8 \cdot 30,0 \cdot 49,4 \cdot (1 - 0,52) \cdot 10^{-4} = 0,128 \text{ т.}$$

Экологический налог с учетом класса опасности загрязняющих веществ составит:

$$\text{ЭН}_{3 \text{ кл.}} = (M_{\text{ксилол}} + M_{\text{этилбензол}} + M_{\text{аэрозоль}}) \cdot 438,77 = (0,287 + 0,117 + 0,128) \cdot 438,77 = 233,43 \text{ руб.,}$$

$$\text{ЭН}_{4 \text{ кл.}} = (M_{\text{н-бутилацетат}} + M_{\text{уайт-спирит}}) \cdot 218,02 = (0,364 + 0,143) \cdot 218,02 = 110,54 \text{ руб.}$$

Итого: 343,97 руб.

Характеристики выбросов и расчеты экологического налога при использовании базовой краски Uno HD приведены в табл. 8–10. При этом были использованы данные табл. 2–4.

Таблица 8. Выброс в атмосферу летучих веществ при нанесении покрытия с помощью краски Uno HD пневматическим способом

| Вещество | $M_o = M_k \cdot f_p \cdot f_{po} \cdot f_k \cdot 10^{-6}$, т | | | | |
|----------------|--|-----------|--------------|-----------|-----------|
| | M_k , т | f_p , % | f_{po} , % | f_k , % | M_o , т |
| Уайт-спирит | 6,3 | 51 | 25,0 | 8,72 | 0,070 |
| Ацетон | 6,3 | 51 | 25,0 | 39,97 | 0,321 |
| Этилацетат | 6,3 | 51 | 25,0 | 10,52 | 0,085 |
| Метилэтилкетон | 6,3 | 51 | 25,0 | 8,82 | 0,071 |
| 1,4-Диоксан | 6,3 | 51 | 25,0 | 4,72 | 0,038 |
| Толуол | 6,3 | 51 | 25,0 | 21,41 | 0,172 |
| Этилцеллозоль | 6,3 | 51 | 25,0 | 5,84 | 0,047 |

Таблица 9. Выброс в атмосферу летучих веществ при сушке покрытия Uno HD, нанесенного пневматическим способом

| Вещество | $M_c = M_k \cdot f_p \cdot f_{pc} \cdot f_k \cdot 10^{-6}$, т | | | | |
|----------------|--|-----------|--------------|-----------|-----------|
| | M_k , т | f_p , % | f_{pc} , % | f_k , % | M_c , т |
| Уайт-спирит | 6,3 | 51 | 75,0 | 8,72 | 0,210 |
| Ацетон | 6,3 | 51 | 75,0 | 39,97 | 0,963 |
| Этилацетат | 6,3 | 51 | 75,0 | 10,52 | 0,254 |
| Метилэтилкетон | 6,3 | 51 | 75,0 | 8,82 | 0,213 |
| 1,4-Диоксан | 6,3 | 51 | 75,0 | 4,72 | 0,114 |
| Толуол | 6,3 | 51 | 75,0 | 21,41 | 0,516 |
| Этилцеллозоль | 6,3 | 51 | 75,0 | 5,84 | 0,141 |

Таблица 10. Суммарный выброс в атмосферу летучих веществ при нанесении и сушке покрытия Uno HD

| Вещество | Нанесение M_o , т | Сушка M_c , т | $M_o + M_c$, т |
|----------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| Уайт-спирит | 0,070 | 0,210 | 0,280 |
| Ацетон | 0,321 | 0,963 | 1,284 |
| Этилацетат | 0,085 | 0,254 | 0,339 |
| Метилэтилкетон | 0,071 | 0,213 | 0,284 |
| 1,4-Диоксан | 0,038 | 0,114 | 0,152 |
| Толуол | 0,172 | 0,516 | 0,688 |
| Этилцеллозоль | 0,047 | 0,141 | 0,188 |

Выброс окрасочного аэрозоля с учетом очистки на фильтрах 52% составляет:

$$M_a = M_k \cdot f_{pa} \cdot f_i \cdot (1 - n) \cdot 10^{-4} = 6,3 \cdot 30,0 \cdot 49 \cdot (1 - 0,52) \cdot 10^{-4} = 0,445 \text{ т.}$$

Экологический налог с учетом класса опасности загрязняющих веществ составит:

$$\begin{aligned} \text{ЭН}_{3 \text{ кл.}} &= (M_{\text{метилэтилкетон}} + M_{1,4\text{-диоксан}} + M_{\text{толуол}} + M_{\text{этилцеллозоль}} + M_{\text{аэрозоль}}) \cdot 438,77 = \\ &= 0,284 + 0,152 + 0,688 + 0,188 + 0,445) \cdot 438,77 = 770,92 \text{ руб.}, \end{aligned}$$

$$\text{ЭН}_{4 \text{ кл.}} = (M_{\text{уайт-спирит}} + M_{\text{ацетон}} + M_{\text{этилацетат}}) \cdot 218,02 = (0,280 + 1,284 + 0,339) \cdot 218,02 = 414,89 \text{ руб.}$$

Итого: 1185,81 руб.

Характеристики выбросов и расчеты экологического налога при использовании краски Diamont R-M BASF P+E приведены в табл. 11–13. При этом были использованы данные табл. 2–4.

Таблица 11. Выброс в атмосферу летучих веществ при нанесении покрытия с помощью краски Diamont R-M BASF P+E пневматическим способом

| Вещество | $M_o = M_k \cdot f_p \cdot f_{po} \cdot f_k \cdot 10^{-6}$, т | | | | |
|---------------|--|-----------|--------------|-----------|-----------|
| | M_k , т | f_p , % | f_{po} , % | f_k , % | M_o , т |
| Уайт-спирит | 2,7 | 41 | 25,0 | 72,71 | 0,201 |
| Ацетон | 2,7 | 41 | 25,0 | 12,17 | 0,034 |
| Этилацетат | 2,7 | 41 | 25,0 | 5,69 | 0,016 |
| n-Бутилацетат | 2,7 | 41 | 25,0 | 2,14 | 0,006 |
| Толуол | 2,7 | 41 | 25,0 | 6,47 | 0,018 |
| Этилцеллозоль | 2,7 | 41 | 25,0 | 0,82 | 0,002 |

Таблица 12. Выброс в атмосферу летучих веществ при сушке покрытия Diamont R-M BASF P+E, нанесенного пневматическим способом

| Вещество | $M_c = M_k \cdot f_p \cdot f_{pc} \cdot f_k \cdot 10^{-6}$, т | | | | |
|---------------|--|-----------|--------------|-----------|-----------|
| | M_k , т | f_p , % | f_{pc} , % | f_k , % | M_c , т |
| Уайт-спирит | 2,7 | 41 | 75,0 | 72,71 | 0,604 |
| Ацетон | 2,7 | 41 | 75,0 | 12,17 | 0,101 |
| Этилацетат | 2,7 | 41 | 75,0 | 5,69 | 0,047 |
| n-Бутилацетат | 2,7 | 41 | 75,0 | 2,14 | 0,018 |
| Толуол | 2,7 | 41 | 75,0 | 6,47 | 0,054 |
| Этилцеллозоль | 2,7 | 41 | 75,0 | 0,82 | 0,007 |

Таблица 13. Суммарный выброс в атмосферу летучих веществ при нанесении и сушке покрытия Diamont R-M BASF P+E

| Вещество | Нанесение M_o , т | Сушка M_c , т | $M_o + M_c$, т |
|-----------------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| Уайт-спирит | 0,201 | 0,604 | 0,805 |
| Ацетон | 0,034 | 0,101 | 0,135 |
| Этилацетат | 0,016 | 0,047 | 0,063 |
| <i>n</i> -Бутилацетат | 0,006 | 0,018 | 0,024 |
| Толуол | 0,018 | 0,054 | 0,072 |
| Этилцеллозоль | 0,002 | 0,007 | 0,009 |

Выброс окрасочного аэрозоля с учетом очистки на фильтрах 52% составляет:

$$M_a = M_k \cdot f_{pa} \cdot f_t \cdot (1 - n) \cdot 10^{-4} = 2,7 \cdot 30,0 \cdot 59 \cdot (1 - 0,52) \cdot 10^{-4} = 0,229 \text{ т.}$$

Экологический налог с учетом класса опасности загрязняющих веществ составит:

$$\begin{aligned} \text{ЭН}_{3 \text{ кл.}} &= (M_{\text{толуол}} + M_{\text{этилцеллозоль}} + M_{\text{аэрозоль}}) \cdot 438,77 = \\ &= (0,072 + 0,009 + 0,229) \cdot 438,77 = 136,02 \text{ руб.}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ЭН}_{4 \text{ кл.}} &= (M_{\text{уайт-спирит}} + M_{\text{ацетон}} + M_{\text{этилацетат}} + M_{\text{n-бутилацетат}}) \cdot 218,02 = \\ &= (0,805 + 0,135 + 0,063 + 0,024) \cdot 218,02 = 223,91 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Итого: 359,93 руб.

Характеристики выбросов и расчеты экологического налога при использовании однокомпонентной шпатлевки Stadox fine 1k-body приведены в табл. 14–16. При этом были использованы данные табл. 2–4.

Таблица 14. Выброс в атмосферу летучих веществ при нанесении однокомпонентной шпатлевки Stadox fine 1k-body

| Вещество | $M_o = M_k \cdot f_p \cdot f_{po} \cdot f_k \cdot 10^{-6}$, т | | | | |
|-----------------------|--|-----------|--------------|-----------|-----------|
| | M_k , т | f_p , % | f_{po} , % | f_k , % | M_o , т |
| Уайт-спирит | 3,7 | 39,7 | 25,0 | 9,86 | 0,036 |
| <i>n</i> -Бутилацетат | 3,7 | 39,7 | 25,0 | 7,17 | 0,026 |
| Пропанол | 3,7 | 39,7 | 25,0 | 24,5 | 0,090 |
| 1,4-Диоксан | 3,7 | 39,7 | 25,0 | 1,18 | 0,004 |
| Толуол | 3,7 | 39,7 | 25,0 | 1,03 | 0,004 |
| Ксилол | 3,7 | 39,7 | 25,0 | 42,49 | 0,156 |
| Этилбензол | 3,7 | 39,7 | 25,0 | 11,94 | 0,044 |
| Стирол | 3,7 | 39,7 | 25,0 | 1,83 | 0,007 |

Таблица 15. Выброс в атмосферу летучих веществ при сушке покрытия Stadox fine 1k-body

| Вещество | $M_c = M_k \cdot f_p \cdot f_{pc} \cdot f_k \cdot 10^{-6}$, т | | | | |
|-----------------------|--|-----------|--------------|-----------|-----------|
| | M_k , т | f_p , % | f_{pc} , % | f_k , % | M_c , т |
| Уайт-спирит | 3,7 | 39,7 | 75,0 | 9,86 | 0,109 |
| <i>n</i> -Бутилацетат | 3,7 | 39,7 | 75,0 | 7,17 | 0,079 |
| Пропанол | 3,7 | 39,7 | 75,0 | 24,5 | 0,270 |
| 1,4-Диоксан | 3,7 | 39,7 | 75,0 | 1,18 | 0,013 |
| Толуол | 3,7 | 39,7 | 75,0 | 1,03 | 0,011 |
| Ксилол | 3,7 | 39,7 | 75,0 | 42,49 | 0,468 |
| Этилбензол | 3,7 | 39,7 | 75,0 | 11,94 | 0,132 |
| Стирол | 3,7 | 39,7 | 75,0 | 1,83 | 0,020 |

Таблица 16. Суммарный выброс в атмосферу летучих веществ при нанесении и сушке однокомпонентной шпатлевки Stadox fine 1k-body

| Вещество | Нанесение M_o , т | Сушка M_c , т | $M_o + M_c$, т |
|-----------------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| Уайт-спирит | 0,036 | 0,109 | 0,145 |
| <i>n</i> -Бутилацетат | 0,026 | 0,079 | 0,105 |
| Пропанол | 0,090 | 0,270 | 0,360 |

| Вещество | Нанесение M_o , т | Сушка M_c , т | $M_o + M_c$, т |
|-------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| 1,4-Диоксан | 0,004 | 0,013 | 0,017 |
| Толуол | 0,004 | 0,011 | 0,015 |
| Ксилол | 0,156 | 0,468 | 0,624 |
| Этилбензол | 0,044 | 0,132 | 0,176 |
| Стирол | 0,007 | 0,020 | 0,027 |

Выброс окрасочного аэрозоля с учетом очистки на фильтрах 52 % составляет:

$$M_a = M_k \cdot f_{pa} \cdot f_t \cdot (1 - n) \cdot 10^{-4} = 3,7 \cdot 30,0 \cdot 60,3 \cdot (1 - 0,52) \cdot 10^{-4} = 0,321 \text{ т.}$$

Экологический налог с учетом класса опасности загрязняющих веществ составит:

$$\begin{aligned} \text{ЭН}_{3 \text{ кл.}} &= (M_{\text{пропанол}} + M_{1,4\text{-диоксан}} + M_{\text{толуол}} + M_{\text{ксилол}} + M_{\text{этилбензол}} + M_{\text{стирол}} + M_{\text{аэрозоль}}) \cdot 438,77 = \\ &= (0,360 + 0,017 + 0,015 + 0,624 + 0,176 + 0,027 + 0,321) \cdot 438,77 = 675,71 \text{ руб.}, \end{aligned}$$

$$\text{ЭН}_{4 \text{ кл.}} = (M_{\text{уайт-спирит}} + M_{\text{н-бутилацетат}}) \cdot 218,02 = (0,145 + 0,105) \cdot 218,02 = 54,51 \text{ руб.}$$

Итого: 730,22 руб.

Сумма годового экологического налога при работе окрасочного цеха кабин большегрузных автомобилей составляет:

$$\text{ЭНП} = 343,97 + 1185,81 + 359,93 + 730,22 = 2619,93 \text{ руб.}$$

Выводы

В процессе изучения технологических параметров нанесения лакокрасочных покрытий на поверхность кабин большегрузных автомобилей необходимо учитывать, что даже через 5 ч при использовании некоторых материалов до 25 % растворителей остаются в составе покрытия. Окончательное удаление летучей части в зависимости от температуры сушки (25, 60 и 80 °С) происходит в течение 14–18 ч.

При окраске пневматическим методом следует учитывать такие параметры, как годовой расход краски, долю аэрозоля, выделяющегося при окраске, долю паров растворителей от общего их содержания в лакокрасочном материале, выбрасываемых при нанесении покрытия и при сушке, долю конкретного вещества от общей массы летучей части.

В ходе проведенных исследований установлено, что при работе окрасочного цеха кабин большегрузных автомобилей с использованием базовой краски Uno HD, краски Diamont R-M BASF P+E, покровного лака Standoflex 2k autolak и однокомпонентной шпатлевки-порозаполнителя Stadox fine 1k-body сумма годового экологического налога составила 2619,93 руб.

Таким образом, на основании существующих методов и подходов невозможно провести качественную и количественную оценку выбросов в воздушную атмосферу, в полной мере отвечающую налоговому законодательству Республики Беларусь, Закону «Об охране окружающей среды», Закону «Об охране атмосферного воздуха». Возникающие разночтения при оценке количества поступающих в окружающую среду загрязняющих веществ приводят к сокращению налоговых поступлений в бюджет республики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при использовании лакокрасочных материалов. Методика 0212.6–2000: утв. и введена в действие постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды № 15 от 31.10.2000 г.
2. Справочник биохимика / Р. Досон [и др.]. – М.: Мир, 1991. – 544 с.

REFERENCES

1. Calculation of emissions of pollutants into the atmospheric air when using paints and varnishes. Methodology 0212.6–2000: development lab. NILOGAZ BGPA: approved and put into effect by Resolution No. 15 of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection dated 31.10.2000.
2. *Handbook of biochemistry* / R. Dawson [et al.]. Moscow, Mir Publ., 1991. 544 p.