



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-1-96-105>
УДК 541.183

Поступила 05.09.2021
Received 05.09.2021

ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ В ОКРАСОЧНЫХ СИСТЕМАХ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ОБРАБОТКЕ КУЗОВОВ АВТОМОБИЛЕЙ В ПЕРИОД С 1998 ПО 2020 Г.

А. С. ПАНАСЮГИН, И. Л. КУЛИНИЧ, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: nilogaz@tut.by
Н. П. МАШЕРОВА, А. Р. ЦЫГАНОВ, И. И. КУРИЛО, Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь, ул. Свердлова, 13а
Н. Д. ПАВЛОВСКИЙ, Гродненский государственный медицинский университет, г. Гродно, Беларусь, ул. Горького, 80. E-mail: pavlovskiy-nic@mail.ru

В данной работе представлен анализ применения органических растворителей в окрасочных системах, используемых при высококачественной обработке кузовов автомобилей в период с 1998 по 2020 г. В настоящее время решить задачу высокоэффективной защиты от воздействия коррозии, а также придания защитному слою декоративных и водоотталкивающих свойств возможно с помощью окрасочных систем. Окрасочные системы включают грунты, шпатлевки, лаки, краски, полироли и др., как правило, одного производителя.

Ключевые слова. Окрасочные системы, автомобильные кузова.

Для цитирования. Панасюгин, А. С. Применение органических растворителей в окрасочных системах, используемых при высококачественной обработке кузовов автомобилей в период с 1998 по 2020 г. / А. С. Панасюгин, И. Л. Кулинич, Н. П. Машерова, А. Р. Цыганов, Н. Д. Павловский // *Литье и металлургия*. 2022. № 1. С. 96–105. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-1-96-105>.

THE USAGE OF ORGANIC SOLVENTS IN PAINT SYSTEMS USED IN HIGH-QUALITY PROCESSING OF CAR BODIES IN THE PERIOD FROM 1998 TO 2020

A. S. PANASYUGIN, I. L. KULINICH, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti Ave. E-mail: nilogaz@tut.by
N. P. MASHEROVA, A. R. TSYGANOV, I. I. KURILO, Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus, 13a, Swerdlova str.
N. D. PAVLOVSKIY, Grodno State Medical University, Grodno, Belarus, 80, Gorkogo str.
E-mail: pavlovskiy-nic@mail.ru

This paper presents an analysis of the use of organic solvents in paint systems used in high quality treatment of car bodies in the period from 1998 to 2020. Nowadays it is possible to solve the problem of high efficiency corrosion protection and decorative and water-repellent properties of the protective layer with the help of painting systems. Paint systems include primers, putties, varnishes, paints, polishes, etc., usually from a single manufacturer.

Keywords. Painting systems, car bodies.

For citation. Panasyugin A. S., Kulinich I. L., Masherova N. P., Tsyganov A. R., Kurilo I. I., Pavlovskiy N. D. The usage of organic solvents in paint systems used in high-quality processing of car bodies in the period from 1998 to 2020. *Foundry production and metallurgy*, 2022, no. 1, pp. 96–105. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-1-96-105>.

Для легкового автотранспорта наряду с качеством двигателя, подвески, комплектацией салона важной задачей является также защита кузова от коррозии. В настоящее время решить задачу высокоэффективной защиты от воздействия коррозии и придания защитному слою декоративных и водоотталкивающих свойств возможно с помощью окрасочных систем.

Под термином «окрасочные системы» следует понимать совокупность материалов, обеспечивающих защиту от коррозии, а также декоративные и водоотталкивающие свойства защитного слоя. Окрасочные системы включают грунты, шпатлевки, лаки, краски, полироли и др., как правило, одного производителя.

Весь спектр данных материалов предполагает использование различных органических растворителей, которые обеспечивают технологические аспекты (скорость сушки, прочность адгезии к обрабатываемой поверхности, стабильность при хранении и т.д.), но при этом возникает необходимость оценки вреда, наносимого окружающей среде, в первую очередь воздушному бассейну.

Сотрудниками лаборатории НИИЛОГАЗ Белорусского национального технического университета были проведены натурные испытания, собраны и обобщены данные с целью выявления количественного и качественного состава газовых выбросов, образующихся при использовании соответствующих окрасочных систем. Было изучено более 1200 образцов различных материалов (грунты и шпатлевки, лаки, краски, растворители, отвердители, полироли), относящихся к одной окрасочной системе.

Целью данной работы было обобщение накопленных данных об использовании органических растворителей в окрасочных системах, предназначенных для защиты кузовов автомобилей, работающих в условиях повышенной коррозионной активности окружающей среды (постоянная повышенная влажность, прибрежная зона морей, кислотные дожди и ряд других факторов). В качестве критерия для оценки тенденций применения органических растворителей нами была взята частота использования тех или иных веществ в составе различных материалов. Все растворители разделили на шесть групп: спирты, кетоны, эфиры уксусной кислоты, ароматические углеводороды, предельные углеводороды и прочие вещества, которые встречаются эпизодически. Соотношение между группами органических веществ в целом по окрасочной системе представлено на рис. 1.

Основную массу органических веществ, входящих в состав окрасочных систем, составляют ароматические углеводороды и эфиры уксусной кислоты. На рис. 2 показано процентное соотношение между растворителями, входящими в состав шпатлевок и грунтов.

Из представленных данных видно, что помимо ароматических углеводородов и эфиров уксусной кислоты в их составе в значительной мере присутствуют одноатомные спирты и прочие вещества.

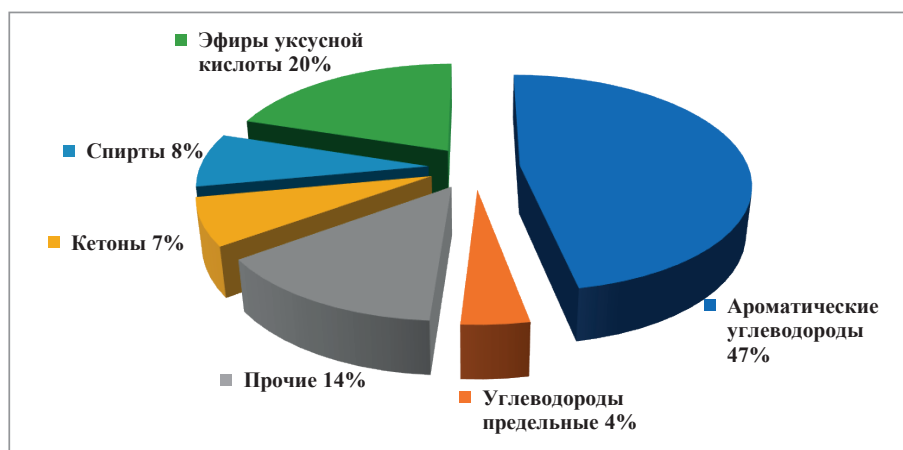


Рис. 1. Соотношение между группами летучих органических веществ в окрасочных системах

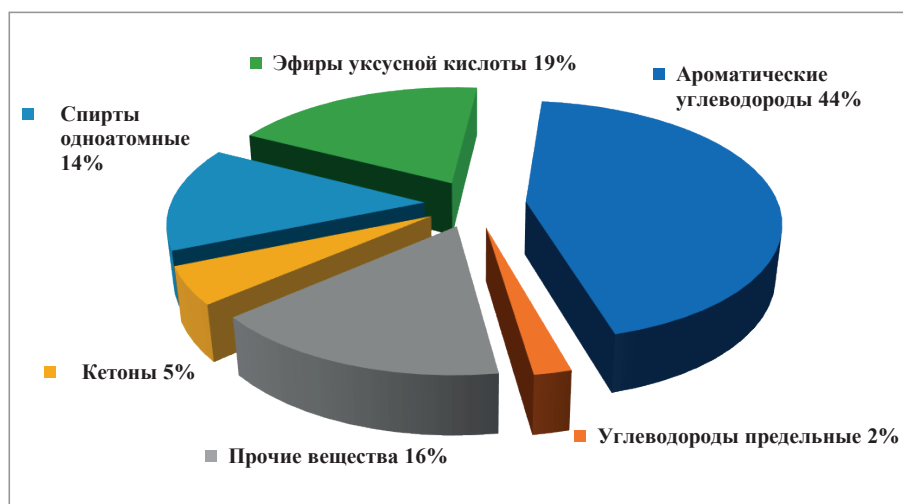


Рис. 2. Соотношение между классами летучих органических веществ в грунтах и шпатлевках

Представляет определенный интерес качественный состав каждой группы органических веществ и соотношение между отдельными представителями каждого класса веществ.

На рис. 3–5 показаны качественный состав и соотношение между летучими органическими веществами в группах ароматических углеводородов, эфиров уксусной кислоты и спиртов, используемых в грунтах и шпатлевках. Ароматические углеводороды представлены в основном соединениями C_9 (1, 2, 4-триметилбензол, 1, 3, 5-триметилбензол (мезитилен) и н-пропилбензол) и C_8 (ксилолы: 1, 2-диметилбензол, 1, 3-диметилбензол, 1, 4-диметилбензол и этилбензол). Эфиры уксусной кислоты включают метоксипропилацетат, бутилацетат и бутилгликоляцетат. Спирты – изо-бутанол и метоксипропанол.

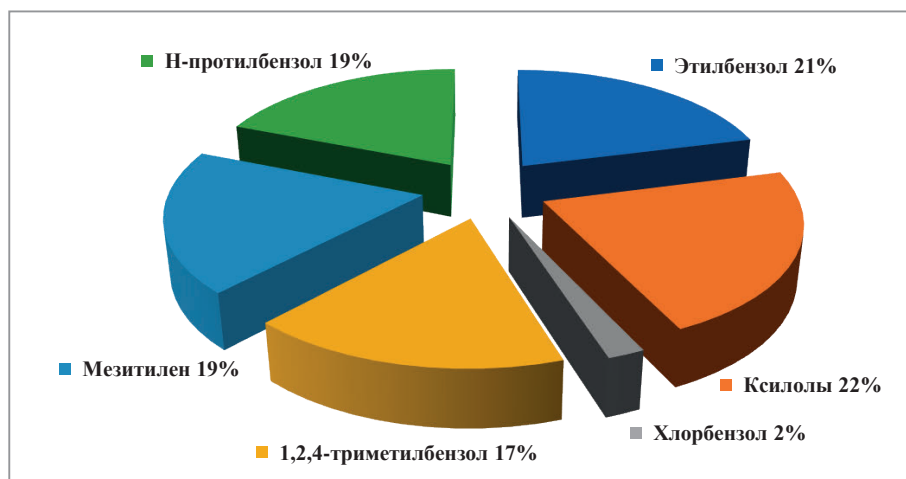


Рис. 3. Качественный и количественный состав группы ароматических углеводородов в грунтах и шпатлевках

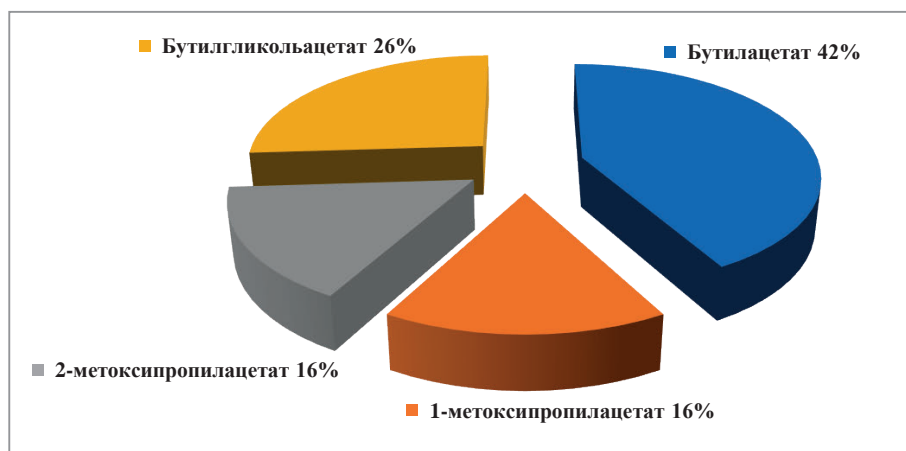


Рис. 4. Качественный и количественный состав группы эфиров уксусной кислоты в грунтах и шпатлевках

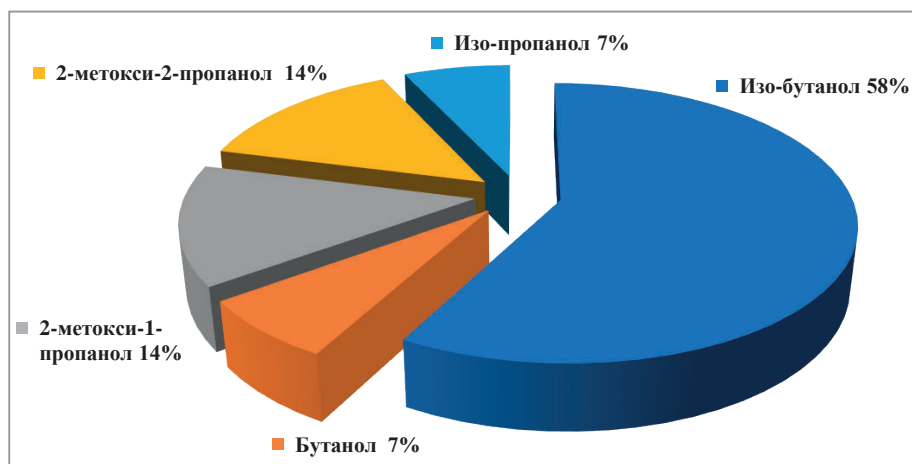


Рис. 5. Качественный и количественный состав группы одноатомных спиртов в грунтах и шпатлевках

На рис. 6 показано процентное соотношение между группами органических веществ, входящих в состав лаков. Из рисунка видно, что наряду с ароматическими углеводородами и эфирами уксусной кислоты в их составе в значительной мере присутствуют прочие вещества.

На рис. 7, 8 представлен состав групп летучих органических веществ, используемых в лаках. Ароматические углеводороды представлены в основном соединениями C_9 (1, 2, 4-триметилбензол, 1, 3, 5-триметилбензол (мезитилен) и *n*-пропилбензол) и C_8 (ксилолы: 1, 2-диметилбензол, 1, 3-диметилбензол, 1, 4-диметилбензол и этилбензол), а также бензолом. Эфиры уксусной кислоты – метоксипропилацетат, бутилацетат и бутилгликоляцетат.

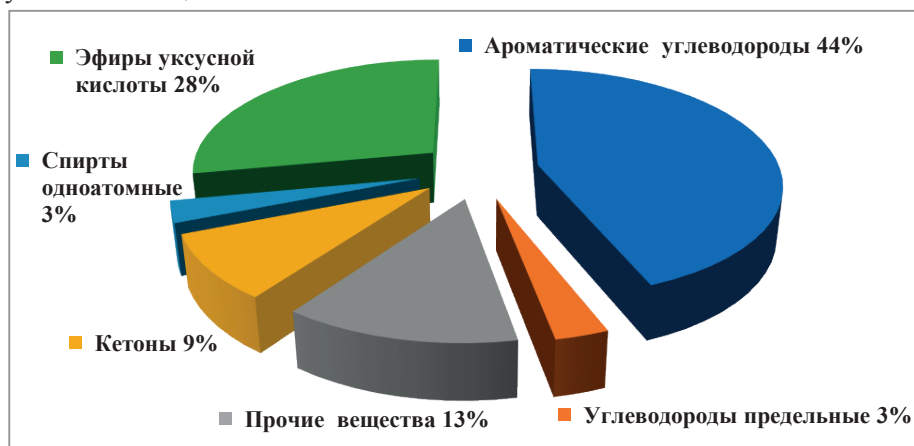


Рис. 6. Соотношение между классами летучих органических веществ в лаках

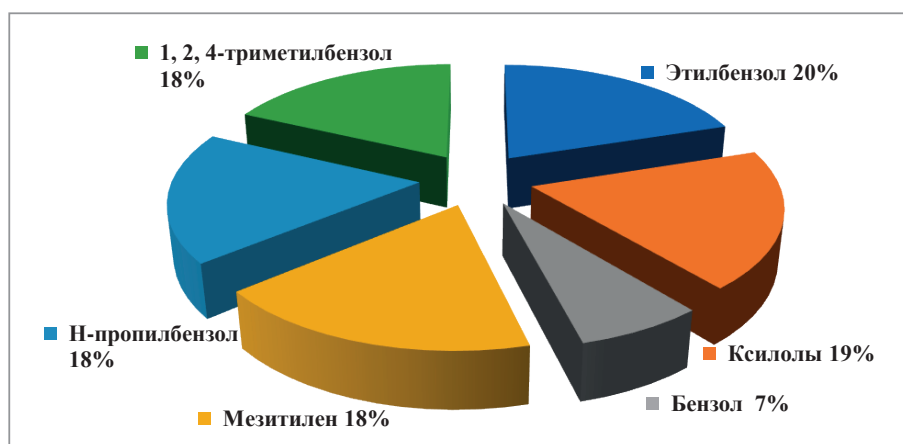


Рис. 7. Качественный и количественный состав группы ароматических углеводородов в лаках

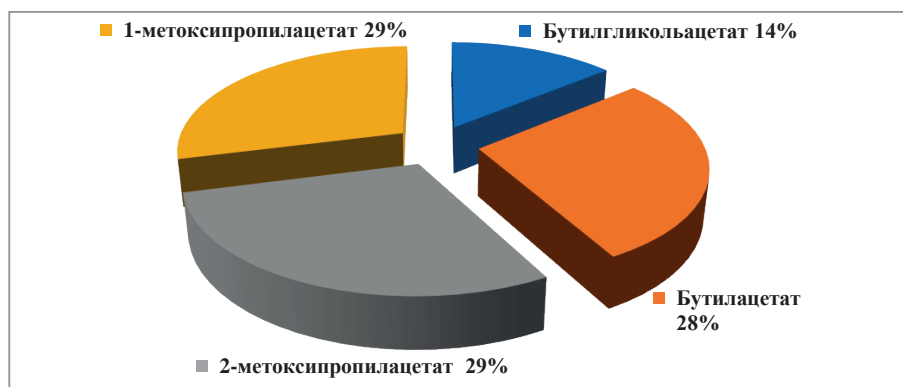


Рис. 8. Качественный и количественный состав группы эфиров уксусной кислоты в лаках

На рис. 9 показано процентное соотношение между растворителями, входящими в состав реактивных добавок и катализаторов. Из рисунка видно, что помимо ароматических углеводородов и эфиров уксусной кислоты в их составе в значительной мере присутствуют прочие вещества.

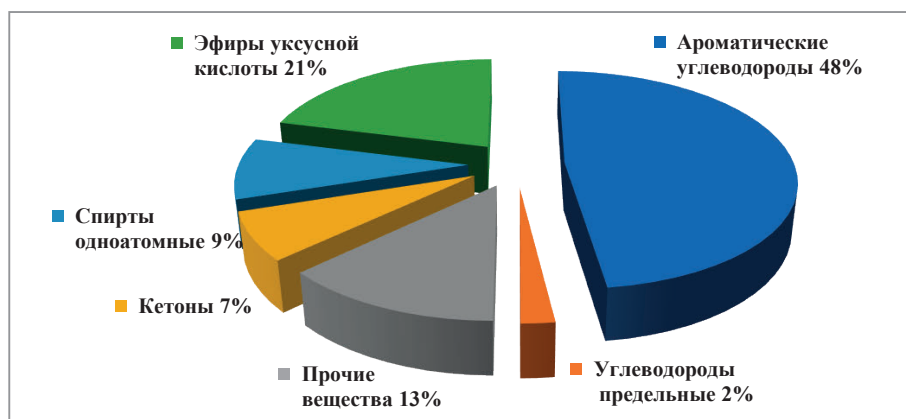


Рис. 9. Соотношение между классами летучих органических веществ в реактивных добавках и катализаторах

На рис. 10–12 представлены качественный состав и количественное соотношение между летучими органическими веществами, используемыми в реактивных добавках и катализаторах. Ароматические углеводороды представлены в основном соединениями C_9 (1, 2, 4-триметилбензол, 1,3,5-триметилбензол (мезитилен) и n -пропилбензол) и C_8 (ксилолы: 1, 2-диметилбензол, 1, 3-диметилбензол, 1, 4-диметилбензол и этилбензол), а также присутствуют бензол и толуол. Эфиры уксусной кислоты – метоксипропилацетат, бутилацетат и бутилгликоляцетат. Спирты – изо-бутанол, изо-пропанол и метоксипропанол.

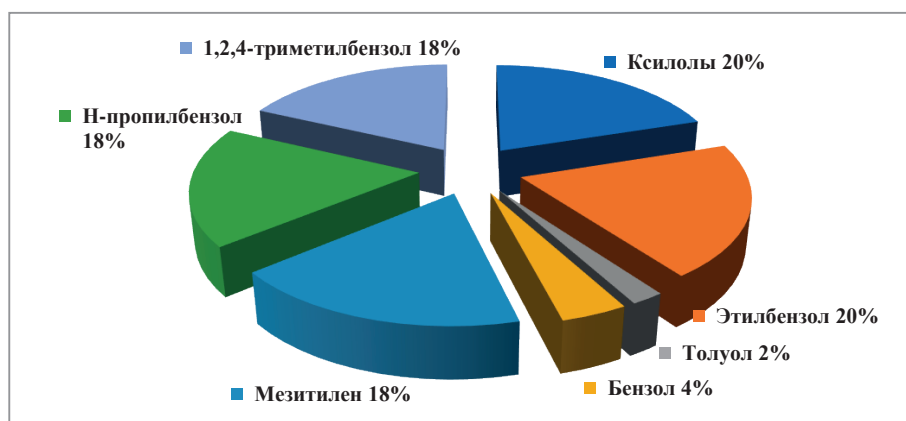


Рис. 10. Качественный и количественный состав группы ароматических соединений в реактивных добавках и катализаторах

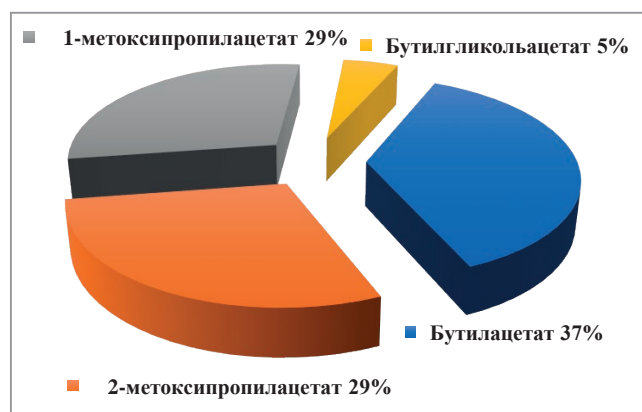


Рис. 11. Качественный и количественный состав группы эфиров уксусной кислоты в реактивных добавках и катализаторах

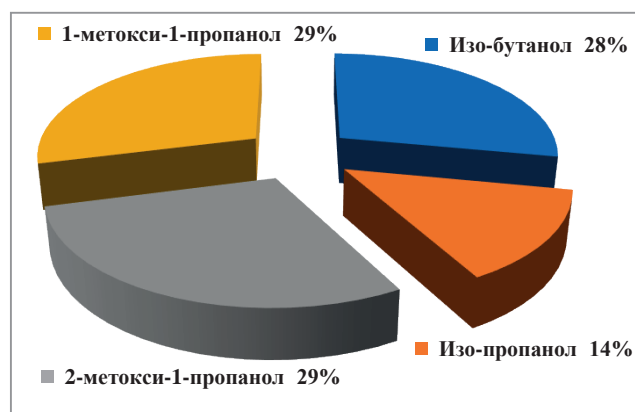


Рис. 12. Качественный и количественный состав группы спиртов в реактивных добавках и катализаторах

На рис. 13 показано процентное соотношение между группами органических веществ, входящими в состав отвердителей.

На рис. 14–16 представлены качественный состав и соотношение между летучими органическими веществами, используемыми в отвердителях. Ароматические углеводороды представлены в основном

соединениями C_9 (1, 2, 4-триметилбензол, 1, 3, 5-триметилбензол (мезитилен) и н-пропилбензол) и C_8 (ксилолы: 1, 2-диметилбензол, 1, 3-диметилбензол, 1, 4-диметилбензол и этилбензол), а также присутствует бензол. Эфиры уксусной кислоты и спирты включают по два вещества – бутилацетат и бутилглицоляцетат, изо-бутанол и этоксипропанол.

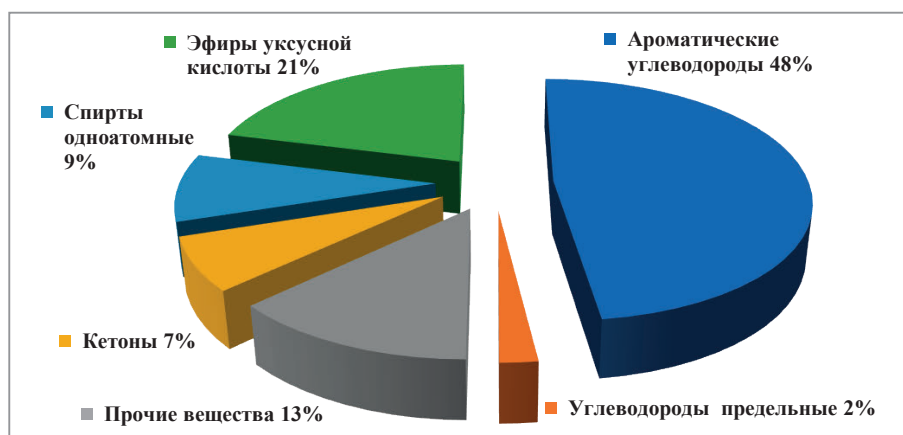


Рис. 13. Соотношение между классами летучих органических веществ в отвердителях

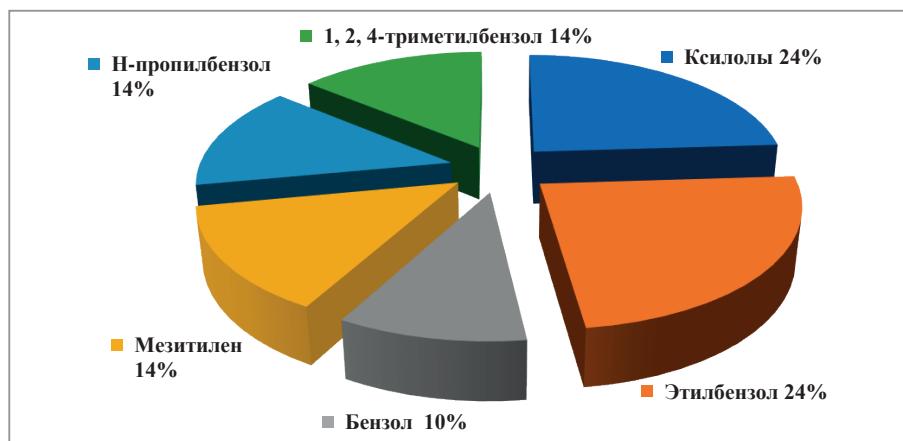


Рис. 14. Качественный и количественный состав группы ароматических углеводородов в отвердителях

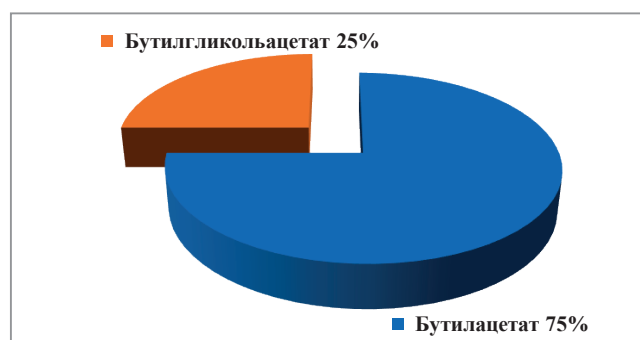


Рис. 15. Качественный и количественный состав группы эфиров уксусной кислоты в отвердителях

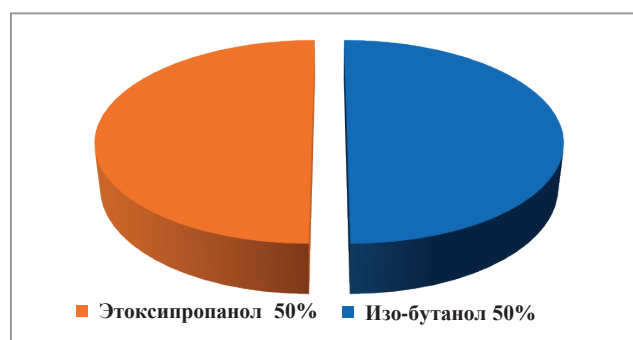


Рис. 16. Качественный и количественный состав группы спиртов в отвердителях

Из рис. 17 видно, что в состав растворителей и разбавителей в порядке убывания входят ароматические углеводороды, эфиры уксусной кислоты, прочие вещества, кетоны, спирты одноатомные, предельные углеводороды.

На рис. 18–20 представлены качественный состав и соотношение летучих органических веществ, используемых в растворителях и разбавителях. Ароматические углеводороды представлены в основном соединениями C_9 (1, 2, 4-триметилбензол, 1, 3, 5-триметилбензол (мезитилен) и н-пропилбензол) и C_8 (ксилолы: 1, 2-диметилбензол, 1, 3-диметилбензол, 1, 4-диметилбензол и этилбензол), а также присутствуют бензол и толуол.

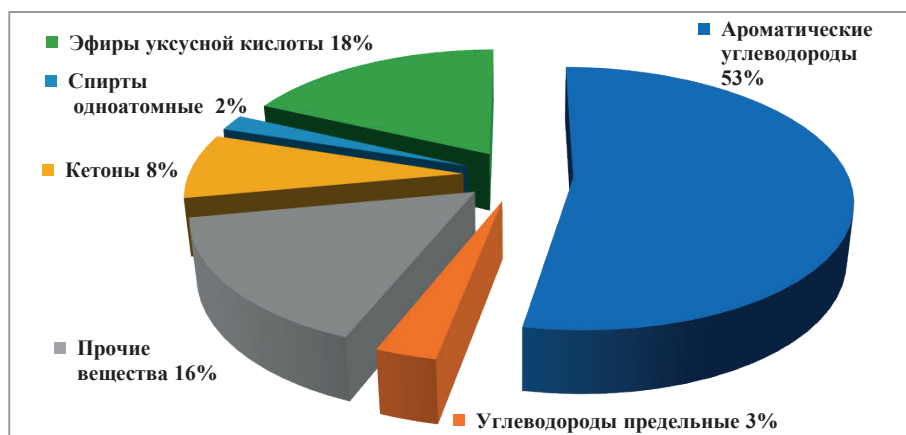


Рис. 17. Соотношение между группами летучих органических веществ в растворителях и разбавителях

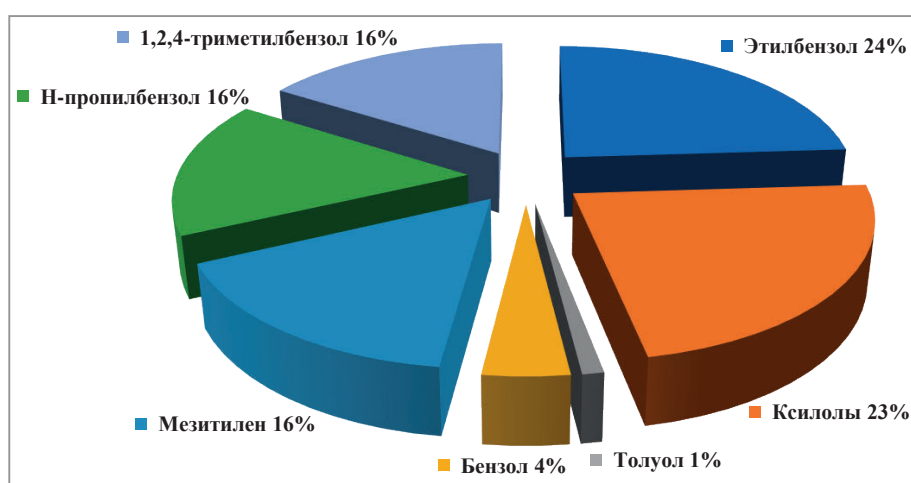


Рис. 18. Качественный и количественный состав группы ароматических углеводородов в растворителях и разбавителях

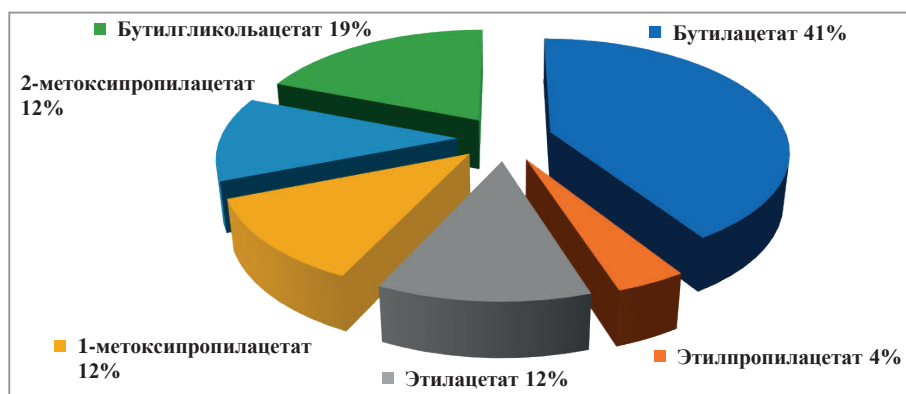


Рис. 19. Качественный и количественный состав группы эфиров уксусной кислоты в растворителях и разбавителях

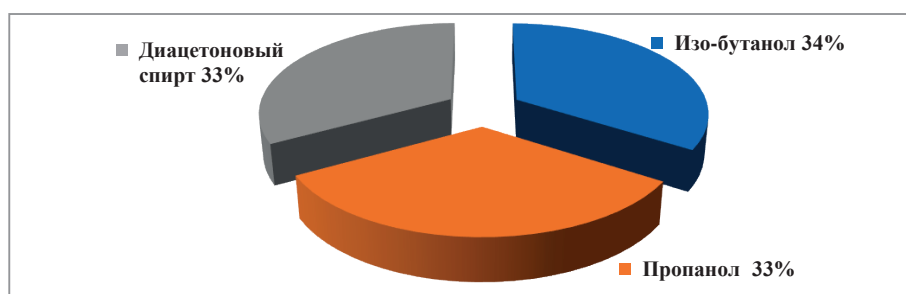


Рис. 20. Качественный и количественный состав группы спиртов в растворителях и разбавителях

Группа эфиров уксусной кислоты разнообразна, в нее входят бутилацетат, метоксипропилацетат, бутилгликолат, этилацетат, этилпропилацетат. Группа спиртов включает три вещества: изо-бутанол, диацитоновый спирт и пропанол.

На рис. 21 показано процентное соотношение между группами органических веществ, входящих в состав красок. Из рисунка видно, что помимо ароматических углеводородов и эфиров уксусной кислоты в их составе в значительной мере присутствуют одноатомные спирты и прочие вещества.

На рис. 22–24 представлены качественный состав групп и соотношение между летучими органическими веществами, используемыми в красках. Ароматические углеводороды представлены в основном соединениями C_9 (1, 2, 4-триметилбензол, 1, 3, 5-триметиндензол (мезитилен) и н-пропилбензол) и C_8 (ксилолы: 1, 2-диметилбензол, 1, 3-диметилбензол, 1,4-диметилбензол и этилбензол), присутствуют также бензолэфиры уксусной кислоты – метоксипропилацетат и бутилацетат. Спирты – изо-бутанол, бутанол, метоксипропанол, этанол и пропанол.

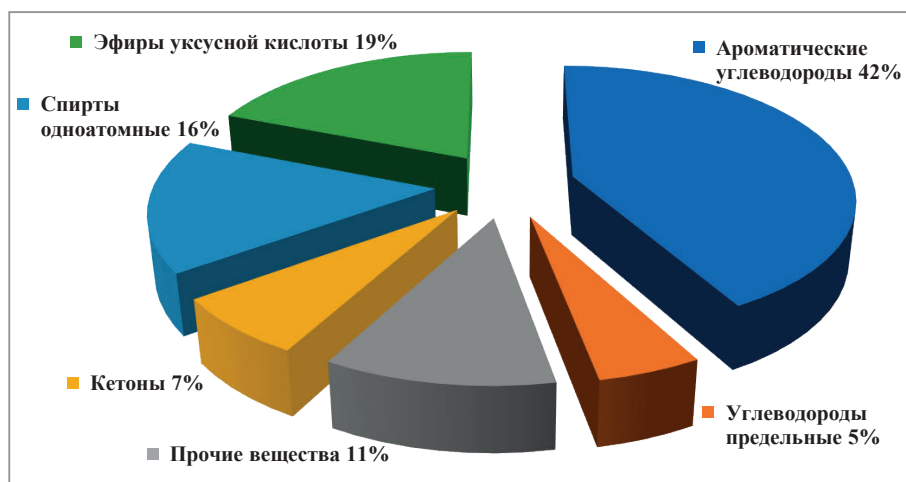


Рис. 21. Соотношение между группами летучих органических веществ в красках

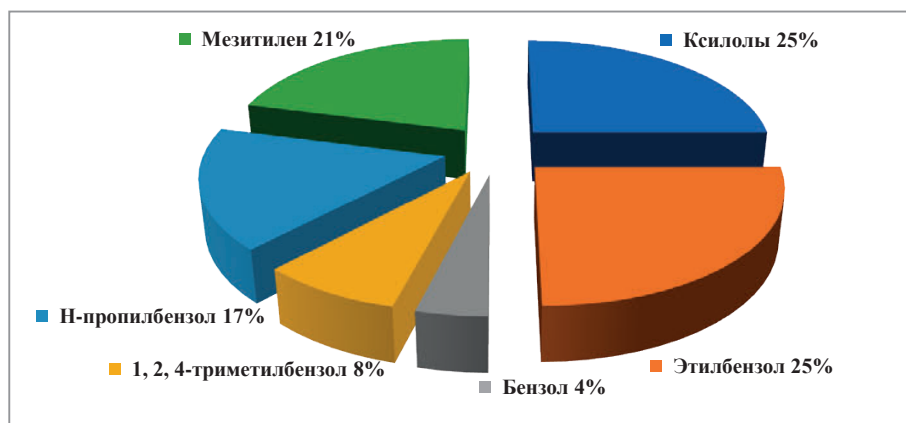


Рис. 22. Качественный и количественный состав группы ароматических углеводородов в красках

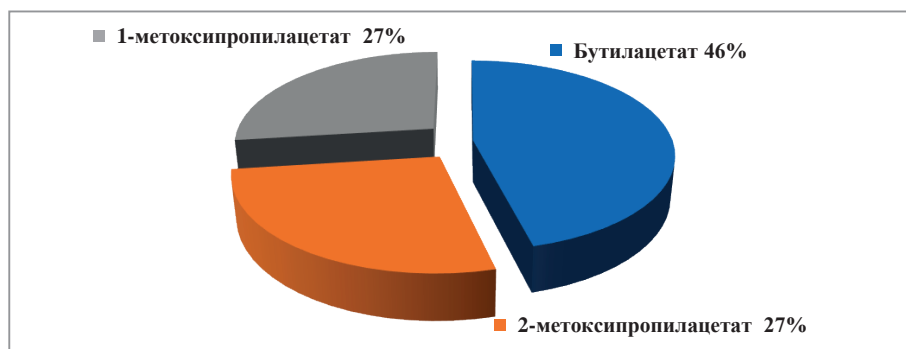


Рис. 23. Качественный и количественный состав группы эфиров уксусной кислоты в красках

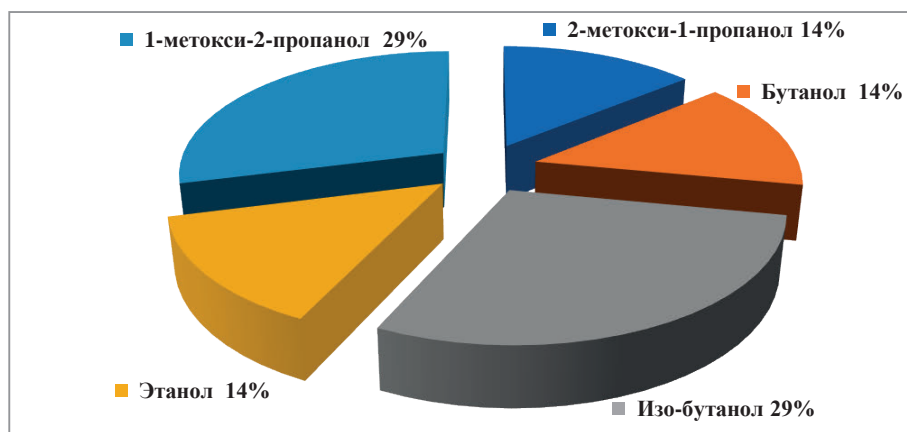


Рис. 24. Качественный и количественный состав группы спиртов в красках

На рис. 25 показано процентное соотношение между группами веществ, входящих в состав полиролей. Полироли по составу отличаются от остальных рассмотренных материалов.

В их состав в больших количествах входят спирты и ароматические углеводороды. Группа спиртов представлена бутанолом, метоксипропанолом и этанолом (рис. 26).

Кетоны представлены в основном ацетоном (табл. 1). В табл. 1, 2 приведено распределение кетонов и прочих веществ в различных материалах.

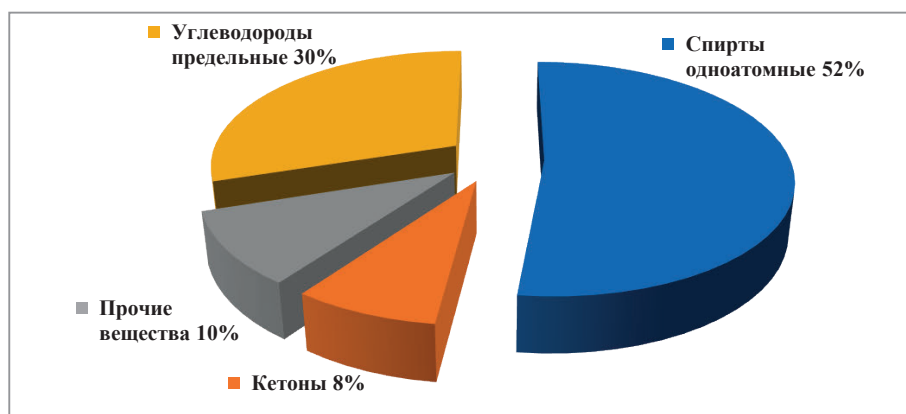


Рис. 25. Соотношение между группами летучих органических веществ в полиролях

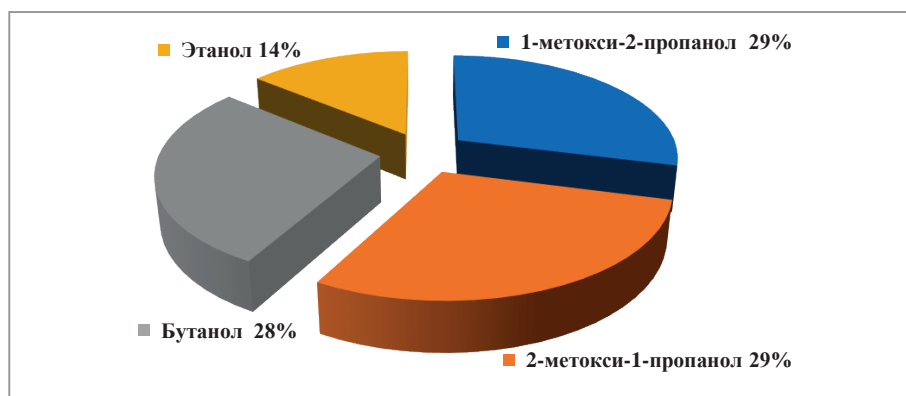


Рис. 26. Качественный и количественный состав группы спиртов в полиролях

Таблица 1. Качественный и количественный состав кетонов, входящих в состав различных материалов

Кетон	Грунты и шпатлевки, %	Лаки, %	Реактивные добавки и катализаторы, %	Отвердители, %	Растворители и разбавители, %	Краски, %	Полироли, %
Ди-изо-бутилкетон	80	—	—	—	—	—	—
Метилизобутилкетон	20	100	100	100	58	75	—
Ацетон	—	—	—	—	42	25	100

Таблица 2. Качественный и количественный состав группы прочих веществ, входящих в состав различных материалов

Вещество	Грунты и шпатлевки, %	Лаки, %	Реактивные добавки и катализаторы, %	Отвердители, %	Растворители и разбавители, %	Краски, %
Формальдегид	7	–	–	–	–	–
Нефтяной сольвент	53	61	69	50	52	80
Этил-3-этоксипропионат	26	23	15	38	43	–
Бутилгликоль	7	8	–	–	–	20
2-метил-2, 4-пентадиол	7	8	–	–	–	–
Дипентен	–	16	–	–	–	–
Триэтилентетрамин	–	–	–	12	–	–
Н-метилпирролидон	–	–	–	–	5	–

Предельные углеводороды во всех рассмотренных материалах представляют собой соединения ряда C_1-C_{10} .

Данные, накопленные сотрудниками лаборатории НИИЛОГАЗ Белорусского национального технического университета в течение 10–15 последних лет, позволяют выявить некоторые тенденции в изменении составов индивидуальных лакокрасочных материалов и окрасочных систем.

В табл. 3 приведены соотношения между группами летучих органических веществ в период с 1998 по 2020 г. и настоящего исследования, проведенного в 2020 г. Прослеживаются изменения в составе групп.

Таблица 3. Соотношение между группами летучих органических веществ в индивидуальных лакокрасочных материалах и окрасочных системах в разные периоды

Группа органических веществ	1997–2000 гг.	2001–2015 гг.	20209 г.
Ароматические углеводороды, %	35	51	47
Эфиры уксусной кислоты, %	23	16	20
Спирты, %	14	9	8
Кетоны, %	10	7	7
Углеводороды, %	–	–	4
Прочие вещества, %	9	8	14
Технические смеси, %	9	9	–

Например, для спиртов и кетонов характерна замена более легколетучих представителей класса на менее летучие. Заметны изменения, произошедшие при использовании ароматических углеводородов. Использование толуола, широко применяемого ранее вещества, практически минимизировано, применение ксилолов снизилось, в несколько раз возросло применение таких веществ, как этилбензол, кумолы, мезолитилен. Вероятно, данное обстоятельство связано в первую очередь с технологическими аспектами, так как ПДК указанных веществ имеют более низкие значения, чем у толуола и ксилола. В группе эфиров уксусной кислоты несколько уменьшилось использование бутилацетата, увеличилось использование метоксипропилацетата, бутилгликоляцетата. Перечни веществ в группах прочих веществ окрасочной системы и индивидуальных лакокрасочных материалов значительно отличаются.