

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор АО Научный центр
«Малотоннажная химия»,
кандидат химических наук

В.Е. Трохин

_____ июля _____ 2024 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация на тему: «Разработка автоматизированных CALS-систем научных исследований противогололедных реагентов и пропиточных композиций для автотранспортной инфраструктуры» по научной специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки) выполнена в акционерном обществе Научный центр «Малотоннажная химия».

В процессе подготовки диссертации Приоров Георгий Германович, «17» мая 1994 года рождения, являлся научным сотрудником отдела системного анализа и информационных технологий АО Научный центр «Малотоннажная химия». В настоящее время работает в должности начальника отдела технического обеспечения ЦОД в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева».

С 01 сентября 2015 года по 13 ноября 2017 года Приоров Г.Г. обучался в аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» на кафедре ЮНЕСКО «Зелёная химия для устойчивого развития».

Справки о сдаче кандидатских экзаменов выданы в РХТУ им. Д.И. Менделеева в 2024 году.

Научный руководитель – доктор технических наук по специальности 05.13.16 – Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях, профессор, заместитель директора по науке, заведующий отделом системного анализа и информационных технологий АО Научный центр «Малотоннажная химия» Бессарабов Аркадий Маркович.

По результатам рассмотрения диссертации на тему: «Разработка автоматизированных CALS-систем научных исследований противогололедных реагентов и пропиточных композиций для автотранспортной инфраструктуры» принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертационной работы Приорова Георгия Германовича обусловлена тем, что одним из наиболее гибких и массовых видов транспорта России является автомобильный. Основные проблемы, мешающие его развитию, связаны с недостаточно высоким качеством автодорог и улично-дорожной инфраструктуры, что сказывается на безопасности дорожного движения, скорости перевозок и негативном воздействии на окружающую среду. Для решения этих проблем применяются следующие материалы дорожной химии: противогололедные реагенты (ПГР), дорожные (ДП) и гидрофобизирующие пропитки (ГФП). В этом направлении целесообразна разработка автоматизированных систем научных исследований, позволяющих более эффективно проводить работы в области создания и применения материалов дорожной химии. В качестве наиболее перспективной системы компьютерной поддержки выбрана CALS-технология (Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукта).

Основные разделы диссертации выполнялись при поддержке Государственного контракта и Соглашения с Минобрнауки России, а также Гранта РФФИ № 18-29-24185мк «Научные основы разработки и управления эксплуатацией информационной интеллектуальной системы мониторинга и прогнозирования оценки воздействия на окружающую среду отходов круглогодичного содержания автодорог» (2018-2022).

Научная новизна заключается в следующем:

1. В структуре целей и задач развития России выделен уровень транспортной инфраструктуры, в которую входит и автодорожная. Определены ключевые факторы, влияющие на качество автодорожной инфраструктуры. С помощью диаграммы IDEF0 показаны закономерности их взаимодействия на различных уровнях иерархии. Показаны место и роль материалов дорожной химии в иерархической системе. Обоснована актуальность аналитического мониторинга этих материалов с помощью автоматизированных КМК-систем.

2. В модернизированной КМК-системе ПГР были реализованы функционалы группировки характеристик и управления процессами аналитического мониторинга. С помощью этих функционалов была усовершенствована архитектура (информационная модель) подсистемы по форматным ПГР, а также элемент системы для определения показателя качества «Плавающая способность».

3. При модернизации CALS-системы экологического мониторинга ПГР в архитектуру системы введены новые базовые показатели, указанные в действующем СанПиН-2021. Для показателя радиационной активности разработана архитектура подсистемы экологического мониторинга содержания радионуклидов в объектах окружающей среды с соответствующими методами

анализа и приборами. Разработана архитектура автоматизированной CALS-системы геоэкологического мониторинга ПГМ.

4. Разработана архитектура автоматизированной КМК-системы ГФП. В архитектуру заложено два типа покрытия: тротуарная гранитная плитка и дорожная бетонная плита. Для каждого типа в архитектуру введены 6 показателей качества с основными методами анализа и специализированным аналитическим оборудованием.

5. Проведена модернизация архитектуры, разработанной ранее КМК-системы ДП (защитных и восстанавливающих) в современной версии программного комплекса PDM STEP Suite 5.7. Показано, что ключевым отличием модернизированной КМК-системы является использование обновленного функционала для группировки показателей качества, что позволяет организовать информацию в логические категории, которые легко сравнивать и анализировать.

6. Разработана архитектура CALS-системы автоматизированного проектирования модульного производства дорожных пропиток, в которую заложены все этапы разработки технологического регламента, в том числе «контроля и управления».

Теоретическая значимость:

1. Применение CALS-технологий при разработке систем научных исследований в области дорожной химии открывает новые возможности для интеграции и оптимизации информационных потоков на всех этапах жизненного цикла продукции.

2. Разработанные автоматизированные КМК-системы для аналитического мониторинга ПГР и ДП вносят вклад в развитие методологии компьютерного менеджмента качества в химической промышленности. Предложенные решения могут быть адаптированы для создания аналогичных систем в смежных отраслях, а также расширить теоретическую базу для автоматизации управления качеством продукции.

3. Методологические и теоретические положения, сформулированные в ходе исследования, позволяют систематизировать подходы к оценке экологической безопасности ПГР. Разработанная методология комплексного анализа воздействия ПГР на объекты окружающей среды создает теоретическую основу для совершенствования природоохранных мероприятий в сфере содержания дорожной инфраструктуры

4. Результаты работы способствуют развитию теоретических основ разработки автоматизированных систем научных исследований для материалов дорожной химии. Предложенные подходы могут быть использованы при разработке учебных курсов по автоматизации химико-технологических процессов и информационному обеспечению систем менеджмента качества.

Практическая значимость заключается в следующем:

Результатом проведенного исследования является создание пяти автоматизированных программных комплексов компьютерного менеджмента качества для материалов дорожной химии. Данные комплексы, разработанные на основе CALS-технологий, обеспечивают реализацию следующих функций: аналитический мониторинг ПГР, ГФП, ДП; оценка экологического воздействия ПГР на окружающую среду (включая геоэкологические аспекты). КМК-системы внедрены в Центре коллективного пользования НИЦ «Курчатовский институт» - ИРЕА. Создан CALS-проект для автоматизированной разработки модульной опытно-промышленной установки производства ДП, включающий систему контроля и управления. Практическая значимость проведенных исследований подтверждена патентом.

Разработанные программные модули CALS-систем научных исследований вошли в Государственный контракт Минобрнауки России ГК 16.552.11.7010 «Развитие центром коллективного пользования научным оборудованием комплексных исследований в области разработки новых методов контроля качества...», Соглашение с Минобрнауки России № 14.579.21.0025 «Создание технологии производства пропиточных композиций, защищающих дорожные асфальтобетонные покрытия от негативных воздействий природного и техногенного характера для снижения ресурсоёмкости их эксплуатации» и в Грант РФФИ № 18-29-24185мк по созданию интеллектуальной системы оценки воздействия на окружающую среду отходов содержания автодорог.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в 72 научных трудах, включающих: патент на изобретение; 6 зарубежных публикаций в изданиях, индексируемых в международных базах (Scopus, Web of Science); 7 статей в российских журналах, рекомендуемых ВАК.

Результаты диссертационной работы были представлены на международных и всероссийских конференциях, в том числе на 21, 22, 23, 24 th Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction, PRES (Prague, Czech Republic, 2018; Crete, Greece, 2019; Brno, Czech Republic, 2021; Сплит, Хорватия, 2022); 23rd International Congress of Chemical and Process Engineering, CHISA (Prague, Czech Republic, 2018); XXI, XXII Mendeleev congress on general and applied chemistry (Saint Peterburg, Russia, 2019; Federal Territory “Sirius”, Russia, 2024); 1st Asia Pacific Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 1st SDEWES AP (Gold Coast, Australia, 2020); 13, 14, 16-th United Congress of Chemical Technology of Youth (Москва, 2017, 2018, 2020); 19, 20, 21, 22, 23, 24 Всероссийский симпозиум «Стратегическое планирование и развитие предприятий» (Москва, 2018-2023); XXX-XXXVI Международная научная

конференция «Математические Методы в Технике и Технологиях – ММТТ» (Минск, Беларусь, 2017-2023); VIII Международная конференция РХО имени Д.И. Менделеева «Ресурсо- и энергосберегающие технологии в химической и нефтехимической промышленности» (Москва, 2017); 16, 17 конференция «Высокоочищенные вещества и материалы. Получение, анализ, применение» (Н.Новгород, 2018, 2022); XIII Международная научно-техническая конференция «Энерго- и ресурсосберегающие процессы и оборудование», (Иваново, 2018); I, II научно-техническая конференция «Материалы с заданными свойствами на переходе к новому технологическому укладу: химические технологии» (Москва, 2018, 2020); Международная научная конференция «Горизонты и перспективы нефтехимии и органического синтеза» (Уфа, 2018); Международная научно-практическая конференция «Ядерно-физические исследования и технологии в сельском хозяйстве» (Обнинск, 2020); Российско-Китайская конференция «Россия - Китай: Стратегическое партнерство» (Цзаочжуан, Китай, 2022).

Публикации в рецензируемых изданиях (Scopus, WoS):

1. Glushko A., Bessarabov A., Priorov G. CALS-system of ecological monitoring of chemical anti-icing materials on the major environmental components // Chemical Engineering Transactions. 2018. V. 70. P. 451-456. DOI: 10.3303/CET1870088
2. Priorov G., Bessarabov A., Glushko A. Development of industrial production of impregnating compositions for road coatings based on the concept of CALS // Chemical Engineering Transactions. 2019. V. 76. P. 457-462. DOI: 10.3303/CET1976077
3. Priorov G., Glushko A., Bessarabov A. Ecological Monitoring of Road Chemistry Materials on Highways // Chemical Engineering Transactions. 2021. Vol. 88. P. 1273-1278. DOI: 10.3303/CET2188212
4. Bessarabov A., Priorov G., Glushko A. The life cycle of the development of road impregnations for motor transport infrastructure // Energy Reports. 2021. V. 7. P. 8633-8638. DOI: 10.1016/j.egy.2021.03.045
5. Priorov G., Makarova A., Chelnokov V., Glushko A., Matasov A. Analytic hierarchy process of geoeological monitoring of the impact of road infrastructure on environmental objects // 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 19. 2019. V. 19. № 2.1. P. 745-752. DOI: 10.5593/sgem2019/2.1/S08.097
6. Vasenev, I.I., Chelnokov, V.V., Vershinin, V.V., Kovaleva, T.N., Glushko, A.N., Makarova, A.S., Priorov, G.G., Retivov, V.M., Vasiliev, Y.E., Matasov, A.V. Development of a methodology for monitoring the environmental impact of waste of the year-round maintenance of highways // IOP Conference Series:

Earth and Environmental Science. 2021. 663 (1), № 012053. DOI: 10.1088/1755-1315/663/1/012053

Статьи, опубликованные в рецензируемых изданиях (Перечень ВАК):

7. Разинов А.Л., Глушко А.Н., Бессарабов А.М., Чигорина Е.А., Приоров Г.Г., Стоянов О.В. Разработка информационной CALS-технологии модульного производства дорожных пропиток // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 14. С. 94-99.

8. Глушко А.Н., Бессарабов А.М., Приоров Г.Г., Разинов А.Л., Чигорина Е.А., Стоянов О.В. Разработка на основе концепции CALS защитных пропиточных композиций для дорожных асфальтобетонных покрытий // Ремонт, восстановление, модернизация. 2018. № 11. С. 31-37.

9. Приоров Г.Г., Глушко А.Н., Бессарабов А.М. Автоматизированная CALS-технология высокоэффективных процессов получения дорожных пропиточных композиций // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2018. № 4 (56). С. 74-83.

10. Бессарабов А.М., Приоров Г.Г., Нартов А.С., Глушко А.Н., Стоянов О.В. CALS-системы компьютерного менеджмента качества противогололедных реагентов для экологического мониторинга содержания радионуклидов // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23, № 7. С. 85-90.

11. Бессарабов А.М., Глушко А.Н., Приоров Г.Г. Автоматизированная CALS-система геоэкологического мониторинга противогололедных реагентов // Экологические системы и приборы. 2021. № 9. С. 19-26. (ВАК)

12. Приоров Г.Г., Бессарабов А.М. CALS-проект автоматизированной системы управления производством дорожных пропиток // Промышленные АСУ и контроллеры. 2022. № 12. С. 3-11.

13. Бессарабов А.М., Приоров Г.Г., Кириллова И.Ю., Трохин В.Е. CALS-система компьютерного менеджмента качества гидрофобизирующих пропиток для автодорожной инфраструктуры // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2023. № 8. С. 18-28.

Конференции и публикации в других научных изданиях

14. Glushko A., Bessarabov A., Priorov G. CALS-system of ecological monitoring of chemical anti-icing materials on the major environmental components // 21 th Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction (PRES' 2018), 25 to 29 Aug. 2018, Prague, Czech Republic, v. 2, p. 807-808. (Scopus).

15. Priorov G.G. Development of CALS-system of ecological monitoring of chemical anti-icing materials // School for Young Scientists «Assessment of Planetary Boundaries for Chemical Pollution», Moscow, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 1st–5th October, 2017, p.146-147.

16. Priorov G.G., Glushko A.N., Bessarabov A.M., Chigorina E.A., Razinov A.L. CALS-technology of the development of highly efficient road protective

impregnations // Book of abstracts XXI Mendeleev congress on general and applied chemistry, S.Peterburg, Russia, 9-13 Sept. 2019, v. 3, p. 278.

17. Priorov G.G., Glushko A.N., Bessarabov A.M. System analysis of environmental risks from the application of anti-icing materials // Book of abstracts XXI Mendeleev congress on general and applied chemistry, Saint Peterburg, Russia, 9-13 September, 2019, v. 3, p. 279.

18. Glushko A., Bessarabov A., Priorov G. CALS-system for geo-ecological monitoring of the environmental impact of anti-icing reagents // 22 th Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction (PRES' 2019), Crete, Greece, 20-23 October 2019, p. 34.

19. Priorov G., Glushko A., Bessarabov A. The Life Cycle of the Development of Road Impregnations for Motor Transport Infrastructure // Book of abstracts 1st Asia Pacific Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (1st SDEWES AP), Gold Coast, Australia, in 6-9 April 2020, p. 28.

20. Priorov G., Glushko A., Bessarabov A. Computer Quality Management of the Impact of Anti-Icing Reagents on the Environment of the Metropolis // Book of abstracts 1st SDEWES AP, Gold Coast, Australia, in 6-9 April 2020, p. 53.

21. Bessarabov A.M., Priorov G.G. CALS-technology of scientific research for the development of anti-icing reagents and road impregnating compositions // Book of abstracts XXII Mendeleev congress on general and applied chemistry, Federal Territory "Sirius", Russia, October 7-12, 2024, v. 6, p. 91.

22. Приоров Г.Г., Глушко А.Н., Воронин А.В., Бессарабов А.М. Экологический мониторинг химических противогололедных материалов по основным компонентам окружающей среды // Успехи в химии и химической технологии. 2017. Т. 31, № 8 (189). С. 7-9.

23. Глушко А.Н., Приоров Г.Г., Воронин А.В., Бессарабов А.М. Системные исследования при аналитическом и экологическом мониторинге продуктов дорожной химии // Математические методы в технике и технологиях. 2017 Т. 6. С. 121-123.

24. Приоров Г.Г., Глушко А.Н., Бессарабов А.М. Автоматизированные CALS-системы компьютерного менеджмента качества материалов дорожной химии // Успехи в химии и химической технологии. 2018. Т. 32, № 11 (207). С. 18-20.

25. Глушко А.Н., Приоров Г.Г., Бессарабов А.М. Разработка информационной CALS-технологии производства дорожных пропиточных композиций // Математические методы в технике и технологиях. 2018. Т. 4. С. 137-139.

26. Приоров Г.Г., Глушко А.Н., Бессарабов А.М. Системный анализ качества автодорожной инфраструктуры на основе диаграмм IDEF0 // Математические методы в технике и технологиях». 2019. Т. 6. С. 76-78.

27. Приоров Г.Г., Глушко А.Н., Бессарабов А.М. Системный анализ качества автодорожной инфраструктуры // Успехи в химии и химической технологии. 2020. Т. 34, № 6 (229). С. 166-167.

28. Приоров Г.Г., Глушко А.Н., Бессарабов А.М. CALS-система научных исследований плавающей способности противогололедных реагентов // Математические методы в технике и технологиях. 2020. Т. 12-1. С. 55-58.

29. Приоров Г.Г., Глушко А.Н., Бессарабов А.М. Автоматизированные CALS-системы материалов дорожной химии // Успехи в химии и химической технологии. 2021. Т. 35, № 10 (245). С. 132-134.

30. Приоров Г.Г., Глушко А.Н., Бессарабов А.М. CALS-система компьютерного менеджмента качества гидрофобизирующих защитных пропиток // Математические методы в технике и технологиях. 2021. № 8. С. 93-96.

31. Приоров Г.Г., Степанова Т.И., Бессарабов А.М. Объектные и понятийные справочники CALS-проекта опытного производства дорожных пропиток // Математические методы в технике и технологиях. 2022. №7. С. 76-79.

32. Приоров Г.Г., Бессарабов А.М. Информационный CALS-проект системы автоматизации для установки получения дорожных пропиточных композиций // Математические методы в технике и технологиях. 2023. № 2. С. 79-82.

33. Приоров Г.Г., Бессарабов А.М. Модернизации CALS-системы противогололедных реагентов на основе PDM STEP Suite 5.7 // Успехи в химии и химической технологии. 2023. Т. 37. № 11. 132-134.

34. Приоров Г.Г., Бессарабов А.М., Глушко А.Н. Экологический мониторинг воздействия примесных компонентов противогололедных реагентов на объекты окружающей среды // Сборник научных трудов «Альтернативные источники сырья и топлива» 2024. Минск, Беларусь. Издательство «Белорусская наука». С. 52-56.

Патенты, свидетельства:

35. Глушко А.Н., Мешалкин В.П., Матасов А.В., Челноков В.В., Приоров Г.Г. Способ проведения экологического компьютерного мониторинга состояния объектов окружающей среды // Патент на изобретение RU 2711492 С1, 17.01.2020. Заявка № 2019125659 от 14.08.2019.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами в части:

п. 2. Автоматизация контроля и испытаний;

п. 3. Методология, научные основы, средства и технологии построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т. д.;

п. 11. Методы создания, эффективной организации и ведения специализированного информационного и программного обеспечения АСУТП, АСУП, АСТПП и др., включая базы данных и методы их оптимизации, промышленный интернет вещей, облачные сервисы, удаленную диагностику и мониторинг технологического оборудования, информационное сопровождение жизненного цикла изделия;

п. 13. Методы планирования, оптимизации, отладки, сопровождения, модификации и эксплуатации функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП, АСУП, АСТПП и др., включающие задачи управления качеством, финансами и персоналом.

п. 18. Разработка автоматизированных систем научных исследований.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Приорова Георгия Германовича является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Приорову Г.Г.; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: «Разработка автоматизированных CALS-систем научных исследований противогололедных реагентов и пропиточных композиций для автотранспортной инфраструктуры» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Диссертация рассмотрена на Ученом Совете АО Научный центр «Малотоннажная химия», состоявшемся «01» июля 2024 года, протокол № 6 .

В обсуждении приняли участие: заведующий отделом прикладных технологий, д.х.н., проф. Попов К.И.; заместитель директора по науке, д.т.н., проф. Бессарабов А.М.; заместитель руководителя химического комплекса НИЦ «Курчатовский институт», д.т.н., доц. Макаренков Д.А.; директор АО Научный центр «Малотоннажная химия», к.х.н. Трохин В.Е.; заведующий лабораторией жидкофазных особо чистых веществ, к.т.н. Левин Ю.И.; научный сотрудник лаборатории процессов и аппаратов, к.т.н. Казаков А.А.; заведующий лабораторией инновационных технологий Трухина М.В.

Принимало участие в голосовании 13 человек. Результаты голосования:
«За» – 13 человек, «Против» – 0 человек, воздержались – 0 человек,
протокол № 6 от «01» июля 2024 г.

Заместитель председателя Ученого Совета,
заведующий отделом прикладных технологий,
д.х.н., профессор

К. И. Попов

Ученый секретарь Ученого Совета,
научный сотрудник лаборатории
процессов и аппаратов, к.т.н.

А. А. Казаков