

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.105.02,
созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет»
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации по
диссертации на соискание ученой степени доктора наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 04.07.2022 г. № 12

О присуждении **Ватутину Эдуарду Игоревича**, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Теоретические основы и технические решения программно-аппаратного обеспечения синтеза логических мультиконтроллеров» по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления принята к защите 1 апреля 2022 года (протокол заседания № 8), диссертационным советом Д 212.105.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94), приказ №717/нк от 09 ноября 2012 года.

Соискатель **Ватутин Эдуард Игоревич**, 28 сентября 1983 года рождения. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Параллельно-последовательный акселератор для быстрого субоптимального разбиения параллельных алгоритмов логического управления» по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления защитил в 2009 году в диссертационном совете Д 212.105.02, созданном на базе Курского государственного технического университета. Работает доцентом на кафедре «Вычислительная техника» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре вычислительной техники в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Юго-Западный государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ **Титов Виталий Семенович**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет», кафедра вычислительной техники, профессор кафедры.

Официальные оппоненты:

Андрианов Дмитрий Евгеньевич, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», заместитель директора по учебной работе, заведующий кафедрой информационных систем;

Востокин Сергей Владимирович, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», заведующий кафедрой программных систем;

Ивутин Алексей Николаевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет», заведующий кафедрой вычислительной техники

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина», г. Рязань в своем положительном отзыве, подписанным Костровым Борисом Васильевичем, доктором технических наук, профессором, заведующем кафедрой электронных вычислительных машин, утвержденным Гусевым Сергеем Игоревичем, доктором технических наук, доцентом, проректором по научной работе и инновациям указала, что

– результаты работы могут найти практическое применение при проектировании систем логического управления в базе логических мультиконтроллеров (ЛМК), ориентированных на управление цифровыми устройствами широкого спектра; результаты диссертационного исследования используются в учебном процессе Юго-Западного государственного университета в рамках ряда дисциплин по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», а также внедрены в ряде предприятий, что подтверждается соответствующими актами;

– научная ценность результатов диссертационного исследования состоит в разработке теоретических основ, включающих в своем составе математическую модель, методы и алгоритмы решения задач проектирования ЛМК, способы их практической программной и аппаратной реализации, позволяющие осуществить отыскание более близких к оптимуму решений задач дискретной оптимизации, в результате чего обеспечивается снижение аппаратной сложности ЛМК;

– диссертационная работа Ватутина Эдуарда Игоревича «Теоретические основы и технические решения программно-аппаратного обеспечения синтеза логических мультиконтроллеров» соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, а ее автор – Ватутин Эдуард Игоревич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук.

Соискатель имеет 248 опубликованных научных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 75 научных работ (102,68 печатных листа, авторский вклад 47%), из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 29 (15,25 печатных листа, авторский вклад 57,4%), 4 работы опубликованы в изданиях, индексируемых в международных базах Scopus и Web of Science (2,31 печатных листа, авторский вклад 70%), 3 монографии (61 печатный лист, авторский вклад 58,3%), 20 работ в тезисах докладов и материалах Международных и Всероссийских конференций (16,62 печатных листа, авторский вклад 44,1%), 4 патента РФ на изобретения и полезные модели, 7 свидетельств об официальной государственной регистрации программы для ЭВМ. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Ватутин Э.И., Титов В.С. К вопросу о выборе структуры логического мультиконтроллера // Телекоммуникации. 2017. № 3. С. 2–12.

2. Ватутин Э.И., Панищев В.С., Гвоздева С.Н., Титов В.С. Метод взвешенного случайного перебора для построения разбиений граф-схем параллельных алгоритмов при проектировании логических мультиконтроллеров // Известия Юго-Западного государственного университета. 2017. Т. 21. № 6 (75). С. 6–21. DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-6-6-21.

3. Ватутин Э.И., Титов В.С. Сравнение методов синтеза разбиений граф-схем параллельных алгоритмов с использованием двумерных диаграмм // Известия Юго-Западного государственного университета. № 3 (42). 2012. С. 66–74.

4. Ватутин Э.И., Титов В.С. Анализ областей качественного превосходства последовательных эвристических методов синтеза разбиений при проектировании логических мультиконтроллеров // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2015. Т. 58. № 2. С. 115–122. DOI: 10.17586/0021-3454-2015-58-2-115-122.

5. Vatutin E.I. Comparison of Decisions Quality of Heuristic Methods with Sequential Formation of the Decision in the Graph Shortest Path Problem // CEUR Workshop Proceedings. Proceedings of the Third International Conference BOINC-based High Performance Computing: Fundamental Research and Development (BOINC:FAST 2017). Vol. 1973. Technical University of Aachen, Germany, 2017. pp. 67–76.

На диссертацию и автореферат поступили 10 отзывов, все отзывы положительные. Отзывы поступили из: **ФГБОУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»**, подписан Леншиным Андреем Валентиновичем, д.т.н., профессором, профессором кафедры авиационных радиоэлектронных комплексов. Замечания: 1. Классическая общеизвестная версия алгоритма муравьиной колонии базируется на пометке феромоном найденного муравьем субоптимального пути. В предложенной в диссертации модификации данного метода с использованием двудольного графа (стр. 15 автореферата) феромоном помечаются дуги, связывающие доли двудольного графа, однако остается открытым вопрос о том, о каких путях между долями в данном случае идет речь. 2. Текст автореферата в недостаточной мере раскрывает, как произведена комбинация последовательных и параллельно-последовательных методов в составе предложенного обобщенного метода (п. 4.3 научной новизны). **ФГБОУ ВО «Южный федеральный университет»**, подписан Капустяном Сергеем Григорьевичем, д.т.н., профессором, заведующим лабораторией НИИ многопроцессорных вычислительных систем. Замечания: 1. Приведенное в автореферате описание метода роя частиц в рассматриваемом классе задач является достаточно обобщенным и не позволяет понять, какая из трех стратегий является наиболее предпочтительной для практического использования. 2. Из приведенного в автореферате описания результатов вычислительных экспериментов не ясно, каким образом получены двумерные зависимости, приведенные на рис. 2а и 7. Данному вопросу следовало бы уделить больше внимание, т.к. выбор наиболее подходящего эвристического метода для решения поставленной задачи оптимизации играет ключевую роль как при оценке качества полученного решения, так и при оценке затрат вычислительного времени на его получение. **Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН (ФИЦ ИУ РАН)**, подписан Синициным Владимиром Игоревичем, д.ф.-м.н., главным научным сотрудником, руководителем отделения «Стохастические и интеллектуальные методы и средства моделирования и построения систем с интенсивным использованием данных». Замечания: 1. Из текста автореферата не ясно, как добавление комбинаторных возвратов в состав некоторых эвристических методов (п. 2.1 научной новизны, стр. 6) влияет на увеличение затрат вычислительного времени. 2. В некоторых разделах автореферата упоминаются бинарные отношения между вершинами граф-схем алгоритмов управления, однако полного описания их состава, их свойств и необходимости в их применении не приведено, информация о них представлена фрагментарно. **Институт прикладных математических исследований – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»**, подписан Печниковым Андреем Анатольевичем, доктором технических наук, главным научный сотрудником.

Замечания: 1. Не ясно, какие алгоритмы применялись при выполнении умножения матриц и как данная задача связана с задачей проектирования систем логического управления. 2. Некоторые аббревиатуры, по-видимому, очевидные узким специалистам, не расшифрованы в тексте автореферата (RSR, WRSR). **ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»**, подписан Газизовым Тальгатом Рашитовичем, доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой телевидения и управления, Курячим Михаилом Ивановичем, кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником, доцентом кафедры телевидения и управления. Замечания: 1. Из текста автореферата не ясно, что понимается под скоростью сходимости и в каких единицах она измеряется. 2. Из текста автореферата не понятно, в чем отличие в организации одно- и двухкоординатно адресуемых запоминающих устройств и какие ключевые преимущества достигаются при их практическом использовании. **ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет»**, подписан Михайловым Дмитрием Владимировичем, д.ф.-м.н., доцентом, профессором кафедры Информационных технологий и систем. Замечания: 1. Практически не раскрывается экономический аспект предлагаемых решений по применению результатов для решения задач синтеза систем логического управления. 2. В автореферате следовало бы привести пример синтеза системы логического управления в базисе логических мультиконтроллеров с указанием количественных характеристик снижения аппаратной сложности. 3. Для структурных схем на рисунках 11 и 13 не введены обозначения «МУ» и «МУУ». 4. Для аббревиатур «LBF» и «LDFS» в автореферате следовало бы дать их расшифровку (соответственно, Limited Brute Force и Limited Depth First Search). Это же замечание относится и к обозначениям для модификации жадного алгоритма с поддержкой комбинаторных возвратов (GR), метода случайного перебора с возвратами (RSR), метода взвешенного случайного перебора с выходами из тупиков (WRSR) и метода муравьиной колонии с возвратом из тупика (ACR). 5. Ни в автореферате, ни в самой диссертации не представлена расшифровка аббревиатуры «WARP». **ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова»**, подписан Якуниным Алексеем Григорьевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Информатика, вычислительная техника и информационная безопасность». Замечания: 1. Описанию тестовых задач (за исключением задачи поиска кратчайшего пути) уделено слишком мало внимания. 2. В первой части п. 4 научной новизны и последующем тексте автореферата (стр. 21) приведено описание метода выявления циклических участков в граф-схемах алгоритмов управления, из которого не ясно, что чего выполняется данная процедура. Следовало бы привести более полное описание использованного метода. 3. Отсутствует информация о практическом внедрении результатов работы в какие-либо предприятия и организации, а информация о разработанном программно-аппаратном обеспечении представлена в слишком общем виде. В этой части автор решил ограничиться ссылкой на проект Gerasim@Home, реализованный на платформе открытой инфраструктуры для распределенных вычислений BOINC университета Berkeley (<https://boinc.berkeley.edu>). По-видимому, это обусловлено тем, что работа носит больше теоретический, чем прикладной характер. 4. Не совсем понятно назначение аппаратных средств на стадии проектирования ЛМК и их взаимодействие с программным обеспечением, в частности, в части сопряжения со средствами вычислительной техники. 5. Использованный в работе термин «логический мультиконтроллер (ЛМК)» достаточно специфичен. В области вычислительной техники мультиконтроллером (а не ЛМК) принято называть чип на материнской плате, предназначенный для управления клавиатурой и рядом других устройств, тогда как в системах управления и, в частности, в SCADA системах, обычно используется термин

«программируемый логический контроллер». **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук»**, подписан Афанасьевым Александром Петровичем, д.ф.-м.н., профессором, главным научным сотрудником, руководителем Центра распределенных вычислений. Замечания: 1. В первой главе диссертации упоминаются верхние/нижние оценки на некоторые величины, минимизируемые в ходе решения соответствующей задачи дискретной оптимизации, однако соответствующего раздела диссертации с их подробным перечнем и принципами получения в последующих главах не обнаружено. 2. В тексте автореферата упоминается о возможности использования GPU для решения задач, возникающих при проектировании логических мультиконтроллеров, однако более подробная информация об этом в автореферате отсутствует. **ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет»**, подписан Ершовым Евгением Валентиновичем, д.т.н., профессором, директором института информационных технологий, заведующим кафедрой математического и программного обеспечения ЭВМ. Замечания: 1. При изложении материала автореферата несколько раз упоминается понятие «рекорда», однако не поясняется, какой смысл вкладывается в данный термин. 2. В тексте автореферата не приведены значения коэффициентов R в формуле (5) и описание процедуры их выбора, в то время как они играют ведущую роль в значении интегральной аппаратной сложности проектируемого логического мультиконтроллера. **ЗАО «Московский научно-исследовательский телевизионный институт»**, подписан Сагдуллаевым Юрием Сагдуллаевичем, д.т.н., профессором, главным научным сотрудником. Замечания: 1. Отсутствуют количественные данные в виде итоговой таблицы сравнительной оценки достигаемых параметров по ряду показателей в сравнении с известными решениями (что было и что стало теперь). 2. Некоторые рисунки, представленные в автореферате, например, рисунки 10–13, плохо читаемы. 3. Нет общей схемы разработанного программно-аппаратного комплекса, о котором часто упоминается в автореферате.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью и научными достижениями в рамках тематики исследований, наличием статей в рецензируемых научных изданиях по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, владением методов, алгоритмов и приемов проектирования аппаратно-ориентированных вычислительных средств для решения задач на графах и проектирования систем управления технологическими объектами, способностью дать объективное заключение о результатах исследования, определить научную и практическую значимость диссертационной работы.

Ведущая организация является известной научной общественности Российской Федерации организацией, специализирующейся на исследовании и проектировании специализированных цифровых устройств вычислительной техники, систем планирования, контроля и управления. Выбор этой организации обоснован высокой квалификацией ее сотрудников в сфере, связанной с разработкой аппаратно-алгоритмического и программного обеспечения для решения различных задач, в том числе связанных с решением задач на графах и проектированием систем управления. Официальные оппоненты не имеют совместных проектов и совместных публикаций с соискателем. Ведущая организация не имеет договорных отношений с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны

– математическая модель построения разбиений, основанная на формализованном описании граф-схем параллельных алгоритмов логического

управления, отличающаяся минимизацией межконтроллерного трафика передачи управления, позволяющая минимизировать группу частных показателей путем решения задачи многокритериальной дискретной комбинаторной оптимизации и производить оценку аппаратной сложности синтезируемого ЛМК;

– теоретические основы создания новых универсальных эвристических методов решения задачи поиска разбиений граф-схем параллельных алгоритмов, применяемых при синтезе ЛМК, включающие в своем составе методы обхода дерева комбинаторного перебора с ограниченным числом комбинаторных возвратов, модифицированную версию алгоритма муравьиной колонии на базе двудольного графа, метод выбора направления движения в дереве комбинаторного перебора на базе взвешивающей эвристики, позволяющий разработку слабо связанных параллельных программных реализаций, принцип вариации порядка рассмотрения решения на базе формального критерия минимума возможностей;

– программно-аппаратный комплекс для решения задач комбинаторики, возникающих при синтезе ЛМК, программная часть которого интегрирована с проектом добровольных распределенных вычислений Gerasim@Home на платформе BOINC, аппаратная часть включает в своем составе аппаратные реализации устройств для выполнения наиболее трудоемких операций, что позволяет сократить время выполнения метаоптимизации эвристических методов;

предложен обобщенный метод построения разбиений граф-схем параллельных алгоритмов при синтезе ЛМК, включающий в своем составе методы выделения циклов в граф-схемах параллельных алгоритмов логического управления, последовательные и итерационные методы синтеза разбиений граф-схем параллельных алгоритмов логического управления, работающие в комбинации друг с другом, алгоритм оценки степени параллелизма граф-схемы;

доказана перспективность использования комбинации последовательных и итерационных методов, что позволяет получить более близкие к оптимуму значения целевой функции оценки аппаратной сложности ЛМК и добиться снижения аппаратной сложности по сравнению с известными аналогами;

введена эвристика, соответствующая стратегии взвешенного случайного перебора, позволяющая определять перспективное направление при движении в рамках дерева комбинаторного перебора при построении разбиений путем решения соответствующей слабосвязной задачи, что позволяет повысить скорость сходимости соответствующего метода и добиться снижения аппаратной сложности синтезируемых ЛМК.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

в результате выполненных вычислительных экспериментов *доказано*, что использование предложенных методов, алгоритмов и их аппаратно-программных реализаций позволяет повысить вероятности получения разбиений с меньшим числом лишних блоков разбиения, меньшими степенями дублирования двоичных сигналов, меньшим количеством микрокоманд и меньшим межмодульным трафиком передачи управления в условиях наличия сильных ограничений со стороны базиса ЛМК с 0,5–0,6 до 0,8–0,95 и достигнуть снижения аппаратной сложности ЛМК от 8% до 57%;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы методы математической логики, теории множеств и графов, комбинаторной теории, теории вероятностей и математической статистики, методы оптимизации и линейного программирования, теории параллельных процессов, теории проектирования цифровых автоматов, дискретных систем и устройств ЭВМ;

изложены идеи, аргументы и преимущества разработки специализированных методов, ориентированных на построение разбиений граф-схем параллельных алгоритмов логического управления, адаптированных к особенностям решаемой задачи, по сравнению с широко известными универсальными последовательными программными реализациями;

раскрыта проблемная ситуация между высокой вычислительной сложностью алгоритмов решения задачи построения разбиений граф-схем параллельных алгоритмов и ограниченными возможностями существующих программных и аппаратных средств ее решения, приводящими к высокой аппаратной сложности ЛМК, и значительной стоимостью дальнейшего повышения производительности указанных средств;

изучены существующие методы, алгоритмы, программные и аппаратные реализации решения задач дискретной комбинаторной оптимизации, в том числе задачи построения разбиений граф-схем параллельных алгоритмов логического управления, решение которой позволяет производить структурно-параметрическую оптимизацию синтезируемых ЛМК;

проведена модернизация математической модели синтеза разбиений граф-схем параллельных алгоритмов логического управления, отличающаяся возможностью минимизации межконтроллерного трафика передачи управления, позволяющая минимизировать группу частных показателей путем решения задачи многокритериальной дискретной комбинаторной оптимизации и производить оценку аппаратной сложности синтезируемого ЛМК.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены программно-аппаратные реализации эвристических итерационных методов решения задач дискретной комбинаторной оптимизации, работающие в составе разработанного программного комплекса, применяемые в ООО «КМС-Промэлектромонтаж» и позволяющие улучшить контроль опасных зон в рамках производственного процесса; теоретические основы и программные реализации методов решения задач дискретной комбинаторной оптимизации, функционирующие в составе разработанного программного комплекса, которые были использованы при разработке автоматизированных систем управления технологическими процессами в АО «Северсталь-Инфоком», что позволило увеличить скорость соответствующих расчетов при одновременном улучшении значений целевых функций; методы решения задач дискретной комбинаторной оптимизации, которые планируются к использованию для решения задач информационного обеспечения интеллектуальных электрических сетей, выполненных на основе технологии smart grid в ООО «Смарт грид», что позволяет значительно сократить вычислительные затраты при поиске кратчайших путей для передачи данных от интеллектуальных приборов учета электроэнергии; методы и аппаратные реализации умножения разряженных булевых матриц, используемые в АО «МЦСТ» при обработке оптических и радиолокационных сигналов; используются в учебном процессе Юго-Западного государственного университета в рамках следующих дисциплин по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»: «Основы комбинаторной оптимизации», «Параллельное программирование», «Теоретические основы организации многопроцессорных комплексов и систем», что подтверждается соответствующими актами внедрения;

определены перспективы практического использования разработанного программно-аппаратного обеспечения синтеза ЛМК, включающего в своем составе реализации методов и алгоритмов решения задач комбинаторики и дискретной комбинаторной оптимизации;

созданы теоретические основы, математическая модель, методы, алгоритмы, программно-аппаратное обеспечение для синтеза ЛМК, позволяющие добиться снижения их аппаратной сложности;

представлены методические рекомендации для практического применения как в составе аппаратно-программных комплексов по разработке систем логического управления в базе ЛМК, позволяющие снизить время, затрачиваемое на их синтез, не менее чем в 1,7 раза и их аппаратную сложность не менее чем на 8%, так и для решения различных задач дискретной комбинаторной оптимизации.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ обоснована эффективность использованной математической модели и алгоритмов синтеза разбиений граф-схем параллельных алгоритмов, ориентированных на программно-аппаратную реализацию, теоретические выкладки подтверждаются вычислительным экспериментом с применением зарегистрированных в установленном порядке программных и аппаратных средств;

теория построена на известных методах математической логики, теории множеств и графов, комбинаторной теории, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизации и линейного программирования, теории параллельных процессов, теории проектирования цифровых автоматов, дискретных систем и устройств ЭВМ согласуется с опубликованными экспериментальными данными и результатами, подтверждается полученными экспериментальными результатами;

идея базируется на обобщении опыта решения задач разбиения граф-схем параллельных алгоритмов и возникающих при этом частных подзадач, являющихся задачами дискретной комбинаторной оптимизации, возникающими при проектировании параллельных вычислительных структур и систем логического управления в базе логических мультиконтроллеров;

использована сравнительная оценка различных вариантов структурно-функциональной организации систем логического управления в базе ЛМК, на основании которой сформулированы требования к структурно-функциональной организации логических мультиконтроллеров, позволяющие снизить их аппаратную сложность не менее чем на 8% за счет структурно-параметрической оптимизации ЛМК;

установлено, что аппаратную сложность синтезируемых ЛМК можно дополнительно снизить не менее чем на 4% по сравнению с известными аналогами за счет применения итерационных методов синтеза разбиений граф-схем параллельных алгоритмов логического управления.

Личный вклад соискателя сводится к следующему: разработаны теоретические основы синтеза разбиений граф-схем параллельных алгоритмов логического управления; предложены специализированные аппаратные средства для решения наиболее трудоемких подзадач синтеза ЛМК (обработка бинарных матриц, операции с конструктивными подмножествами вершин), приведены оценки их аппаратной сложности и быстродействия; произведена оценка качества получаемых решений задачи разбиения граф-схем параллельных алгоритмов и ее влияние на аппаратную сложность синтезируемых ЛМК; приведена оценка эффективности программно-аппаратных реализаций методов, применяемых при синтезе ЛМК.

Сформулированные в ходе диссертационного исследования выводы и рекомендации в совокупности с разработанными программно-аппаратными реализациями методов могут быть рекомендованы к внедрению на предприятиях, ориентированных на выпуск цифровых электронных схем (АО «Т-Платформы», ФГУП «НИИ «Квант», НИИ МВС ЮФУ, ООО «НИЦ супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров»).

В ходе защиты диссертации было высказано следующие критические замечания:

1) не ясно, какими причинами обеспечивается форма кривых, приведенных на рис. 9 автореферата и почему данные кривые имеют ярко выраженный минимум; 2) не сформулированы рекомендации по значениям настроечных параметров эвристических методов.

Соискатель Ватутин Э.И. исчерпывающе ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и разъяснил, что форма кривых определяется выражением (5) автореферата, левая часть графиков определяется самым большим значением слагаемого $R_H H$ (рост числа контроллеров в составе ЛМК), правая – слагаемыми $R_X X_{\max} + R_W W_{\max}$ (рост числа портов для приема и выдачи сигналов логических условий и микроопераций соответственно), между ними присутствует минимум, соответствующий сбалансированному соотношению значений технологических ограничений и числа контроллеров. Значения настроечных параметров эвристических методов специфичны для решаемой задачи, поэтому универсальные рекомендации могут быть сформулированы только для некоторого небольшого их подмножества, для остальных необходимо выполнение метаоптимизации в каждом конкретном случае.

На заседании 4 июля 2022 года диссертационный совет принял решение присудить Ватутину Э.И. ученую степень доктора технических наук за успешное решение научно-технической проблемы по разработке теоретических основ, программных и аппаратных реализаций, ориентированных на решение задач комбинаторики при синтезе ЛМК с целью снижения их аппаратной сложности.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – 0.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

«4» июля 2022 г.



Сизов Александр Семенович

Титенко Евгений Анатольевич