

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.199.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ИНСТИТУТА
ИНФОРМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 19.12.2019 г. № 1

О присуждении Охтилеву Павлу Алексеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Алгоритмы и онтологические модели информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения космических средств» по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы), принята к защите 17 октября 2019 г., протокол заседания № 2 диссертационным советом Д 002.199.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 199178, Россия, Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., дом 39, утвержден приказом Рособнадзора номер 2472-618 от 8 октября 2010 года (с изменениями согласно приказам Минобрнауки России №105/нк от 11 апреля 2012 г. №574/нк от 15 октября 2014 г., № 386/нк от 27 апреля 2017 г., №748/нк от 12 июля 2017 г., №301/нк от 23 ноября 2018 г.).

Соискатель Охтилев Павел Алексеевич, 1993 года рождения, в 2015 г. окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» по специальности 23010565 – «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем»

(диплом № 107819 0011397, регистрационный номер – 78359), в 2019 г. окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН), диплом об окончании аспирантуры № 107824 3757184 (регистрационный номер – 011) по направлению подготовки 09.06.01 – «Информатика и вычислительная техника». В настоящее время Охтилев Павел Алексеевич работает в качестве инженера-программиста в отделе информационных технологий в акционерном обществе «СКБ «Орион» (самостоятельная организация).

Диссертация выполнена в лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании Федерального государственного бюджетного учреждения науки Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Заслуженный деятель науки РФ, Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, доктор технических наук, профессор СОКОЛОВ Борис Владимирович, место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН), главный научный сотрудник, руководитель лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании.

Официальные оппоненты:

ЕФИМОВ Владимир Васильевич – доктор технических наук, профессор, заместитель Генерального директора – директор по научной работе открытого акционерного общества «Авангард»;

МОСИН Дмитрий Александрович – кандидат технических наук, доцент, докторант очной докторантуры Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации, – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – акционерное общество «Конструкторское бюро «Арсенал» имени М.В. Фрунзе», г. Санкт-Петербург в своем положительном отзыве, подписанном Атамасовым Владимиром Дмитриевичем, доктором технических наук, профессором, консультантом отдела организации и сопровождения научной деятельности, Борщиным Александром Леонтьевичем, кандидатом военных наук, начальником отдела организации и сопровождения научной деятельности и утвержденном Шевкуновым Александром Ивановичем, первым заместителем Генерального директора АО «Конструкторского бюро «Арсенал» имени М.В. Фрунзе», указала, что диссертационная работа П.А. Охтилева является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему и отличающейся научной новизной и практической значимостью полученных результатов. Разработанные модели, алгоритмы и программный комплекс могут быть использованы на предприятиях АО «Ракетно-космический центр «Прогресс» (г. Самара), АО «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева» (г. Москва), ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва» (г. Королев), в АО «Российские космические системы», АО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнёва» (г. Железногорск), ФГУП «Научно-производственное объединение имени Семёна Алексеевича Лавочкина» (г. Химки), а также в ряде головных организаций ракетно-космической отрасли.

Автором сформулирована и решена актуальная научно-техническая задача разработки модельно-алгоритмического комплекса автоматизированной информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения космических средств. В рамках исследования разработана совокупность теоретических, технических и методических решений, определяющих существенный вклад соискателя в научное направление, связанное с автоматизацией и повышением функциональной эффективности информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения космических средств.

Соискателем предложена оригинальная онтологическая система информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических средств, в значительной степени отличающаяся от других моделей формализации и использования экспертных знаний конструктивным подходом к идентификации, специфицированию и агрегированию информационных, функциональных и

поведенческих требований к облику территориально распределенных информационно-аналитических систем, а также к порядку их формирования и функционирования с учетом интероперабельности их составных элементов, взаимосвязанных в рамках жизненного цикла космических средств при решении совокупности задач оценивания их технического состояния. Текст автореферата полностью соответствует содержанию диссертации. Диссертационное исследование «Алгоритмы и онтологические модели информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения космических средств» является научно-квалификационной работой и соответствует критериям, изложенным в пп. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а его автор Охтилев Павел Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы)».

Соискатель имеет 33 опубликованные работы, все по теме диссертационного исследования, из числа которых 29 работ опубликовано в рецензируемых научных изданиях, из них опубликованных в изданиях, рекомендуемых ВАК при Минобрнауки России – 4, в изданиях, индексируемых в системе цитирования Scopus – 5.

Основные научные результаты опубликованы в 33 научных трудах общим объемом 11,1 п.л., из которых 25 статей объемом 7,9 п.л. выполнены в соавторстве, а 4 статьи объемом 3,2 п.л. – лично, имеется 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Наиболее значимые работы по теме диссертации:

- опубликованные в изданиях, рекомендуемых ВАК при Минобрнауки России:
1. **Охтилев П. А.** Интеллектуальный комплекс автоматизированного проектирования систем информационно-аналитической поддержки жизненного цикла сложных объектов // Изв. вузов. Приборостроение. 2018. Т. 61, № 11. С. 963-971.
 2. **Охтилев П.А.**, Бахмут А.Д., Крылов А.В., Охтилев М.Ю. Соколов Б.В. Подход к оцениванию структурных состояний сложных организационно-технических объектов на основе обобщенных вычислительных моделей // Научные труды

технологии в космических исследованиях Земли. 2017. Т. 9. № 5. С. 73-82. *Личный вклад соискателя – 32%*.

3. **Охтилев П.А.**, Автамонов П.Н., Бахмут А.Д., Крылов А.В., Охтилев М.Ю., Соколов Б.В. Применение технологии поддержки принятия решений на различных этапах жизненного цикла космических средств в составе системы информации о техническом состоянии и надёжности // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2017. Т. 16, № 3. С. 173-184. *Личный вклад соискателя – 22%*.
 4. **Охтилев. П.А.**, Бахмут А.Д., Крылов А.В. Полиmodelное описание интеллектуальной системы мониторинга технического состояния ракеты-носителя «Союз-2» // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. Вып. 664. – СПб: ФГБВОУ ВО ВКА им. А.Ф. Можайского МО РФ, 2018. С. 10-19. *Личный вклад соискателя – 58%*.
- опубликованные в изданиях, индексируемых в системе цитирования Scopus:
5. **Pavel A. Okhtilev**, Aleksey D. Bakhmut, Aleksey V. Krylov, Michael Yu. Okhtilev, Boris V. Sokolov. Application of decision-making support technology for management of space vehicle life cycle // 2017 IEEE II International Conference on Control in Technical Systems (CTS). IEEE Publ, 2017, P.41-44. *Личный вклад соискателя – 40%*.
 6. Aleksey D. Bakhmut, Alexander A. Kljucharjov, Aleksey V. Krylov, Michael Yu. Okhtilev, **Pavel A. Okhtilev**, Anton V. Ustinov, and Alexander E. Zyanchurin. Models, Algorithms and Monitoring System of the Technical Condition of the Launch Vehicle “Soyuz-2” at All Stages of Its Life Cycle // Springer International Publishing AG, part of Springer Nature 2019 R. Silhavy (Ed.): CSOC 2018, AISC 764, 2019. pp. 288 –297. *Личный вклад соискателя – 33%*.
 7. Aleksey D. Bakhmut, Vladislav N. Koromyslichenko, Aleksey V. Krylov, **Pavel A. Okhtilev**, etc. (2019). Methods of Conceptual Modeling of Intelligent Decision Support Systems for Managing Complex Objects at All Stages of Its Life Cycle / Aleksey D. Bakhmut, Vladislav N. Koromyslichenko, Aleksey V. Krylov, Michael Yu. Okhtilev, Pavel A. Okhtilev, Boris V. Sokolov, Anton V. Ustinov, and Alexander E. Zyanchurin // In: Abraham A., Kovalev S., Tarassov V., Snasel V., Sukhanov A. (eds) Proceedings of the Third International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (ITI'18). ITI'18 2018. Advances in

Intelligent Systems and Computing, vol. 875. Springer, Cham. pp. 171-180. *Личный вклад соискателя – 50%*.

Оригинальность содержания диссертации составляет не менее 86% от общего объёма текста; цитирование оформлено корректно; заимствованного материала, использованного в диссертации без ссылки на автора либо источник заимствования, не обнаружено; научных работ, выполненных соискателем учёной степени в соавторстве без ссылок на соавторов не выявлено. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах в диссертации отсутствуют.

На автореферат диссертации поступило 9 отзывов, все отзывы положительные:

1) Акционерное общество «Российские космические системы». Отзыв составили начальник тематического подразделения отдела 7705 создания перспективных ЦУП и НКУ КА гражданского назначения Жидкова С.К, ведущий научный сотрудник отдела 7705, к.т.н. Янченко А.А. Замечания: в автореферате приводится информация о разработанном и используемом алгоритме проверки согласованности спецификаций требований с содержательным пояснением рассчитываемых частных показателей, однако из текста не вполне ясны практические аспекты его применения; в автореферате делается предположение о циркуляции сверхбольших потоков информации в системах создания и применения космических средств, однако не дана количественная оценка величины этих потоков, а также не конкретизирован вид проектируемых космических средств; из автореферата не вполне ясно, как обеспечивается семантическая интероперабельность программ информационно-аналитической поддержки при решении задач оценивания технического состояния космических средств.

2) Акционерное общество «Ракетно-космический центр «Прогресс». Отзыв составили заместитель Генерального конструктора по испытаниям и эксплуатации РН типа «Союз», д.т.н., профессор Капитонов В.А., заместитель генерального конструктора по научной работе, к.т.н. Борисов М.В. Замечания: несмотря на комплексность предложенного соискателем решения по автоматизации информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических

средств, в автореферате не приведена информация о таком аспекте решаемой задачи, как возможность масштабирования информационно-аналитической системы; в постановке задачи диссертационного исследования, представленной в автореферате, присутствует упоминание объектов и явлений предметной области, однако не вполне ясно, на каком этапе моделирования они задаются, при том, что в тексте автореферата делается существенный акцент на процессную составляющую; представленный модельно-алгоритмический комплекс информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических средств, в целом, имеет ориентацию на формирование совокупности программ на основе задаваемых спецификаций, однако в тексте автореферата отсутствует демонстрация элементов полученной программной реализации.

3) Федеральное государственное учреждение науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН). Отзыв составил главный научный сотрудник, д.т.н., профессор Кульба В.В. Замечания: в автореферате на рисунке 5 проиллюстрирована мультиагентная архитектура разработанного модельно-алгоритмического комплекса, однако из текста автореферата не ясно, в чем именно проявляется мультиагентность и интеллектуальность агентов; для представленного в тексте автореферата показателя онтологической выразительности не приведено содержательное пояснение его частных показателей: дефицита, неразличимости, эквивалентности, избыточности и неоднозначности спецификаций требований; из автореферата не вполне ясно, какой содержательный смысл несет в себе термин «электронный паспорт» изделия, поскольку приведенное описание в некоторой степени отличается от общепринятого; в автореферате упоминается модель электронного паспорта изделия, однако не продемонстрированы конкретные аспекты моделирования технического состояния космических средств.

4) Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (ФГАОУ ВО «СПбПУ»). Отзыв составил Директор Высшей школы киберфизических систем и управления, д.т.н., профессор Шкодырев В.П. Замечания: при решении задачи оценивания технического состояния космических

средств соискателем предложено использовать аппарат так называемых G-моделей в связи с конструктивностью его применения в этой части, однако остается неясным, в чем именно заключается преимущество применения таких моделей; в автореферате присутствует аргумент в пользу использования графических нотаций в рамках процедуры представления экспертных знаний, однако не обоснован их конкретный выбор для разработанных онтологических моделей представления знаний; соискателем предложена структура частных показателей функциональной эффективности информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических средств, но при этом в тексте не приведено обоснование адекватности их применения.

5) Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук (ФИЦ ИУ РАН). Отзыв составили главный научный сотрудник, д.т.н., доцент Босов А.В., старший научный сотрудник Ионенков Ю.С. Замечания: в автореферате приводится обоснование необходимости интеграции разнородных данных, характеризующих техническое состояние космических средств, однако из текста не вполне ясно, как именно используются онтологические схемы источников данных в рамках концепции семантических медиаторов при решении этой задачи; в тексте автореферата отмечено, что при задании спецификаций согласованных вычислительных задач используется принцип ETL, однако не приведено формальное описание модели, подтверждающее этот факт; в описании раздела 4 в автореферате указано, что в качестве входных данных используются различного вида документы и их метаданные – из данного описания не ясно, что под ними понимается, и каким именно образом используется такая информация.

6) Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации. Отзыв составили профессор кафедры Автоматизированных систем управления космических комплексов, д.т.н., профессор Гончаревский В.С., начальник кафедры Автоматизированных систем управления космических комплексов, к.т.н., доцент Зиновьев С.В. Замечания: в тексте автореферата указано, что решение задачи

интеграции данных предполагает необходимость использования различных семантических медиаторов, как одного из способов унифицированного доступа к разнородным источникам данных, но из текста не ясно, как именно осуществляется их применение в рамках разработанного соискателем алгоритма автоматического выбора источника данных; в автореферате приводится информация о результатах расчета значений показателя функциональной эффективности разработанной системы информационно-аналитической поддержки жизненного цикла ракеты-носителя «Союз-2», однако не вполне ясно, что понимается под «информационными единицами», подлежащими обработке и анализу; из содержания автореферата не вполне ясен порядок формирования моделей при применении предложенного принципа декомпозиции процесса моделирования решения задач оценивания технического состояния космических средств; в тексте автореферата присутствуют недостаточно точные формулировки и опечатки.

7) Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (Самарский университет). Отзыв составили Директор НИИ космического машиностроения Самарского университета, Заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор Салмин В.В., доцент кафедры космического машиностроения, к.т.н. Волоцуев В.В. Замечания: в автореферате сформулировано требование к информационно-аналитической системе, заключающееся в совместном учете принципов интеграции данных и приложений, при этом не конкретизировано, как реализуется интеграция; для приведенной в автореферате формулы расчета показателя реализуемости единого информационного пространства дано недостаточно подробное пояснение обоснованности выбора его частных показателей.

8) Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)». Отзыв составил профессор кафедры Вычислительной техники, д.т.н., профессор Водяхо А.И. Замечания: в автореферате приведен теоретический аппарат решения аналитических вычислительных задач, однако не ясно, каков принцип применения

метода структурно-потокково-многоуровневого распознавания образов при решении задачи оценивания технического состояния космических средств; в тексте автореферата присутствует содержательное описание практического применения результатов теоретического исследования, однако не приводятся конкретные примеры результатов формализации экспертных знаний о рассматриваемой соискателем предметной области; в тексте присутствуют стилистические ошибки и опечатки.

9) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I». Отзыв составил Заведующий кафедрой «Информационные и вычислительные системы», д.т.н., профессор Хомоненко А.Д. Замечания: в автореферате не приводится информации о преимуществах использования онтологических отображений по сравнению с известными технологиями консолидации, федерализации данных, создания витрин данных; в изложении раздела 3 много ссылок не текст диссертационной работы, возможно, что и обоснование выбора показателей эффективности поддержки жизненного цикла также приведено в полном тексте, но в автореферате смысл рассчитываемых показателей не раскрыт; на рисунке 6 автореферата приведена иллюстрация результатов расчетов показателя функциональной эффективности информационно-аналитической поддержки, но отсутствуют примеры их выполнения в аналитическом виде.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что

доктор технических наук, профессор Ефимов В.В. является известным ученым в области создания и использования интеллектуальных информационных технологий и систем в различных предметных областях (промышленное производство, авиационно-космические и транспортно-логистические системы);

кандидат технических наук, доцент Мосин Д.А. – известный специалист в области исследований по созданию и применению информационных технологий, математических моделей и методов при разработке, испытаниях и эксплуатации космической техники в ракетно-космической отрасли;

ведущая организация – акционерное общество «Конструкторское бюро «Арсенал» имени М.В. Фрунзе» входит в состав Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» и является одним из ведущих разработчиков космической техники и средств её функционального и информационно-аналитического обеспечения, ведет различные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, связанные с разработкой и совершенствованием перспективных космических комплексов и аппаратов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан модельно-алгоритмический комплекс автоматизированной информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения космических средств в целях своевременного обеспечения заинтересованных организаций – участников системы информации о космических комплексах и входящих в их состав изделий актуальной и достоверной информацией о техническом состоянии космических средств на всех этапах их жизненного цикла;

предложены:

– формальная онтологическая система, позволяющая на конструктивной основе специфицировать и совместно учитывать информационные, поведенческие и функциональные требования, предъявляемые к облику систем информационно-аналитической поддержки жизненного цикла сложных организационно-технических объектов (в том числе космических средств) и осуществлять инвариантный переход от описания предметной области к моделям программного обеспечения указанных информационно-аналитических систем;

– оригинальная онтологическая модель представления знаний о бизнес-процессах информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических средств как сложных организационно-технических объектов, отличающаяся от существующих моделей ориентацией на извлечение и совместное представление разноаспектных знаний экспертов предметной области об особенностях реализации этапов жизненного цикла таких объектов в виде поведенческих требований, предъявляемых к комплексу программ системы информационно-аналитической поддержки и их интероперабельности;

- онтологическая модель представления знаний о согласовании вычислительных задач, позволяющая уточнять бизнес-процессы информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических средств как сложных организационно-технических объектов в виде функциональных требований к порядку интеграции данных, их обработки и анализа;
- новый алгоритм структурно-параметрического синтеза вычислительных моделей в виде G-моделей, обеспечивающий в автоматизированном режиме инвариантный переход от специфицирования требований к конструктивизму задания отношений вычислимости, и, как следствие, получению схем программ, по которым могут быть организованы вычисления;
- новый алгоритмический комплекс верификации моделей информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических средств как сложных организационно-технических объектов, позволяющий в рамках созданной методики обоснованно оценивать её функциональную эффективность на основе сформированной структуры её частных показателей;

доказана:

- необходимость привлечения комбинированных моделей и применения теорий искусственного интеллекта, комплексного моделирования и квалиметрии моделей и полимодельных комплексов к решению научно-технической задачи разработки модельно-алгоритмического комплекса автоматизированной информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения космических средств на основе формализации и использования предметно-ориентированных экспертных знаний о технологических и организационных процессах на всех этапах жизненного цикла космических средств;
- перспективность использования разработанного модельно-алгоритмического обеспечения для решения задачи автоматизации информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических средств, базирующегося на оригинальных алгоритмах синтеза и верификации моделей, совокупности взаимосвязанных проблемно-ориентированных онтологических моделей

представления знаний об особенностях реализации этапов жизненного цикла космических средств;

введены:

– система требований к автоматизированной информационно-аналитической поддержке жизненного цикла космических средств, в которой отражена необходимость формализации, совместного учета и комбинирования экспертных знаний при синтезе совокупности взаимосвязанных разнотипных моделей непрерывной информационной поддержки поставок и жизненного цикла изделий (CALS), в основу которых положены принципы и методы семантической интеграции данных, оперативных аналитических вычислений в режиме реального времени, автоматизированного анализа технического состояния космических средств, кооперативного функционирования интеллектуальных агентов в рамках формируемой интегрированной информационной среды (единого информационного пространства);

– новая концепция онтолого-управляемого проектирования территориально распределенных систем информационно-аналитической поддержки жизненного цикла сложных объектов и реализующий её модельно-алгоритмический комплекс последовательного уточнения и согласования спецификаций взаимосвязанных в рамках жизненного цикла космических средств информационно-аналитических процессов, который позволяет на основе совместного учета формализованных информационных, поведенческих и функциональных требований и синтеза вычислительных моделей на их основе осуществить инвариантный переход к отвечающему исходной постановке задачи и обладающему требуемыми качественными характеристиками программному обеспечению соответствующей информационно-аналитической системы;

– структура квалитетических показателей функциональной эффективности информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических средств, с использованием которой в рамках созданной методики обеспечивается комплексный учет основных особенностей и требований к решению поставленной задачи при оценивании качественных характеристик процесса автоматизированной

информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических средств.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны:

- возможность автоматизированного синтеза структурно-параметрического и функционального облика составных элементов территориально распределенной системы информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических средств и определения их семантической интероперабельности с обеспечением гарантированного уровня качественного соответствия программного комплекса исходным требованиям экспертов предметной области;
- возможность конструктивной декомпозиции процессов концептуализации и онтолого-управляемого проектирования информационно-аналитической системы с учетом разноаспектности знаний экспертов различных специализаций, как по признаку их предметной ориентированности на отдельные организационно-технические составляющие этапов жизненного цикла космических средств, так и по проблемной ориентированности их знаний в части оперируемого тезауруса и владения разнородными информационными аспектами предметной области, и их последующего согласования и агрегирования в рамках интегрированных баз знаний;
- возможность применения ЭВМ и компьютерного моделирования при проектировании информационно-аналитических систем, а также автоматизации верификации и оценивания квалиметрических показателей полимодельного комплекса информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических средств уже на этапе предъявления и формализации требований;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)

использованы фундаментальные концепции, принципы, подходы и методы таких научных отраслей как системный анализ, общая теория систем, теория формальных логик (в особенности дескрипционной логики), теория концептуального программирования, программная инженерия, инженерия

требований, теория искусственного интеллекта, теория вычислительных процессов, теория процессов, теория формальных грамматик, теория мультиагентных систем, теория мониторинга состояния и управления структурной динамикой сложных объектов;

изложены системные, методические и модельно-алгоритмические основы автоматизированной информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических средств на основе формализации, агрегирования и согласования экспертных знаний в виде спецификаций требований к соответствующему программному обеспечению и синтеза структурно-функционального облика информационно-аналитической системы с их использованием;

раскрыты:

- проблемные аспекты, связанные со сложностью своевременного информационно-аналитического обеспечения лиц, принимающих решения по оптимизации показателей качества технологических процессов проектирования, производства и эксплуатации космических средств и их эффективному использованию в конкретных условиях обстановки, в масштабах функционирующих организационно-технических комплексов, заинтересованных предприятий и организаций ракетно-космической отрасли;
- особенности разнородной консолидируемой информации о техническом состоянии космических средств, учтенные при разработке моделей и алгоритмов интеграции данных и их совместной обработки и анализа в условиях их неполноты, недоопределенности, семантической и структурной неоднородности информации, продуцируемой различными эксплуатируемыми специализированными автоматизированными системами на всех этапах жизненного цикла космических средств;
- существующие концепции, требования и подходы к формированию единого информационного пространства межведомственных коопераций заинтересованных организаций в соответствии с его целевым применением, развитые и модельно и алгоритмически реализованные в рамках диссертационного исследования в виде мультиагентной интерпретации комплекса семантически интероперабельных

программ информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических средств с учетом его верификации и оценивания реализуемости единого информационного пространства;

– особенности формирования моделей решения аналитических вычислительных задач в виде вычислительных моделей, синтезируемых на основе спецификаций требований к структурно-функциональному облику систем информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических средств, а также особенности формирования их схем программ и организации потоковых асинхронных и параллельных вычислений по ним;

изучены существующие концепции, модели, методы, стандарты и технологии непрерывной информационной поддержки поставок и жизненного цикла изделий (CALS), оперативных аналитических вычислений в режиме реального времени (OLAP), мониторинга технического состояния сложных организационно-технических объектов, многомерного анализа данных с применением подходов Big Data, интеграции данных и приложений; модели, методы и парадигмы концептуального программирования, жизненного цикла программного обеспечения, программной инженерии и инженерии требований; существующие методы и интеллектуальные технологии извлечения, формализации, представления и использования экспертных знаний и их компьютеризации;

проведена модернизация:

– существующих подходов в инженерии требований (идентификации и специфицирования требований) на основе разработки моделей и алгоритмов, обеспечивающих реализацию принципов онтолого-управляемого проектирования информационно-аналитических систем при извлечении, представлении, обработке и верификации предметно-ориентированных экспертных знаний;

– существующих подходов в концептуальном программировании (с использованием принципа «программирования без программирования») на основе формализации экспертных знаний уже на этапе предъявления требований к полимодельному комплексу информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических средств и последующего их уточнения с

инвариантным переходом к схемам программ информационно-аналитической системы;

- существующих подходов к семантической интеграции данных на основе комплексного моделирования и алгоритмизации применения семантических медиаторов с реализацией принципов интеграции данных и приложений предприятий (ЕП, ЕАИ), принципа «извлечение – преобразование – загрузка» (ETL) при сборе, обработке и анализе консолидируемых данных;

- существующих подходов к моделированию бизнес-процессов на основе разработки онтологической модели представления знаний, в рамках теоретико-множественного описания которой заданы элементы, инцидентные основным артефактам нотации Business Process Modelling Notation (BPMN).

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

разработаны и внедрены (указать степень внедрения):

- онтологическая система информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения космических средств – в рамках следующих научно-исследовательских работ, выполненных в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН) – гранты РФФИ № 16-07-00779-а, 17-29-07073-офи_м, 18-08-01505-а, 0073-2018-0003;

- онтологическая модель представления знаний о бизнес-процессах информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения космических средств,

- онтологическая модель представления знаний о согласовании вычислительных задач информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения космических средств,

которые использованы в АО «РКЦ «Прогресс» при проведении опытно-конструкторской работы по созданию комплекса ракеты-носителя «Союз-2» (шифр ОКР «Русь») в рамках задач по совершенствованию системы информации о техническом состоянии и надежности космических комплексов и входящих в их

состав изделий на всех этапах их жизненного цикла. Практическое применение результатов теоретических исследований, предложенных в диссертационной работе Охтилева П.А., позволяет повысить функциональную эффективность информационно-аналитической поддержки создания и применения космических средств до 26% и своевременно обеспечить заинтересованных представителей организаций разработчиков и эксплуатантов космических средств достоверной и актуальной информацией об их техническом состоянии на всех этапах их жизненного цикла;

– алгоритм структурно-параметрического синтеза вычислительных моделей в виде G-моделей по онтологическим спецификациям требований к системе информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения космических средств,

– алгоритм проверки согласованности (выполнимости и онтологической выразительности) спецификаций требований к системе информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения космических средств, которые использованы в АО «НИО ЦИТ Петрокомета» при выполнении составной части опытно-конструкторской работы на тему «Разработка единого виртуального электронного паспорта космической ракеты-носителя «Союз-2». В акте о внедрении результатов диссертационного исследования отмечено, что сформированный Охтилевым П.А. теоретический задел и практические наработки открывают широкие перспективы для решения задач цифровизации системы информации о техническом состоянии и надежности космических комплексов и входящих в их состав изделий, а также при реализации Стратегии цифровой трансформации ракетно-космической отрасли РФ, предложенной Госкорпорацией «Роскосмос»;

– алгоритмический комплекс верификации моделей и связанная с ним методика оценивания функциональной эффективности информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения космических средств – в учебном процессе кафедры компьютерных технологий и программной инженерии Федерального государственного автономного образовательного

учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации при подготовке магистров по специальности 09.04.04 «Программная инженерия». Основные результаты диссертационного исследования используются при изучении дисциплин «Методология программной инженерии (спецификация требований)», «Поддержка жизненного цикла программного обеспечения (спецификация требований)»;

определены возможности и перспективы практического использования полученных результатов диссертации при исследовании конкретных технологий автоматизированной информационно-аналитической поддержки жизненного цикла сложных организационно-технических объектов (в т.ч. космических средств);

создано модельно-алгоритмическое обеспечение, с использованием которого разработан опытный образец аппаратно-программного комплекса автоматизированной информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения космических средств на примере этапов проектирования, производства и испытаний ракеты-носителя «Союз-2» и её модификаций;

представлены предложения и направления для дальнейших научных исследований, в основу которых могут быть положены разработанные алгоритмы, онтологические модели и методика.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ

достоверность полученных результатов подтверждена проведением всестороннего анализа современного состояния исследований по решаемой задаче, корректным и строгим применением апробированного в практике научно-методического и теоретического аппарата в виде использованных методов, теорий, фундаментальных концепций и стандартов, широкой апробацией основных результатов диссертационного исследования в печатных трудах и докладах на международных, всероссийских, региональных и ведомственных конференциях, положительными итогами практической реализации результатов работы, согласованностью полученных теоретических и практических результатов;

теория построена на известных принципах, проверенных данных и фактах с использованием современных известных и апробированных методов исследования, согласуется с опубликованными частными результатами других исследователей и экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на анализе работ отечественных и зарубежных исследователей в области информационной поддержки жизненного цикла сложных организационно-технических объектов, программной инженерии информационно-аналитических систем;

использованы полученные экспериментальные результаты для сравнения с данными, как приведенными в современной научной литературе по исследуемой тематике, так и полученными в практике проведения аналитических работ на промышленных предприятиях ракетно-космической отрасли;

установлено качественное и количественное соответствие результатов решения задачи разработки модельно-алгоритмического комплекса автоматизированной информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения космических средств с результатами, полученными с использованием существующих методов решения сформулированной задачи; подтверждено преимущество решения задач информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических средств на основе предложенных моделей и алгоритмов перед методами, разработанными другими авторами;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, представительные выборочные совокупности с обоснованием подбора объектов (единиц) наблюдения и измерения и т.п.

Личный вклад соискателя состоит в:

- системном анализе современного состояния исследований в области автоматизации информационно-аналитической поддержки жизненного цикла сложных организационно-технических объектов (в т.ч. космических средств);
- исследовании и классифицировании существующих методов и подходов, частных задач, связанных с автоматизацией информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения космических средств, программной инженерией систем информационно-аналитического обеспечения;

- сравнительном анализе существующих модельных и реализующих их программных комплексов, обеспечивающих решение частных задач автоматизации информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения космических средств;
- формировании системы требований к автоматизированной информационно-аналитической поддержке процессов создания и применения космических средств;
- содержательной и формальной постановке задачи автоматизированной информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения космических средств и выборе пути её решения;
- разработке совокупности взаимосвязанных онтологических моделей представления знаний, реализующих принцип последовательного уточнения спецификаций вычислительных задач информационно-аналитического обеспечения, связанного с оцениванием технического состояния космических средств на всех этапах их жизненного цикла;
- разработке алгоритма синтеза аналитических вычислительных моделей по спецификациям требований к структурно-функциональному облику системы информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических средств, обеспечивающего инвариантный переход от описания предметной области к конструктивизму задания отношений вычислимости и последующей возможности организации вычислений по их схемам программ;
- разработке алгоритмического комплекса и связанной с ним методики, обеспечивающих решение задач квалиметрии полимодельного комплекса информационно-аналитической поддержки жизненного цикла космических средств;
- решении практических задач оценивания технического состояния космических средств на примере ракеты-носителя «Союз-2» на основе разработки и применения программной реализации созданного модельно-алгоритмического обеспечения;
- проведении экспериментальных расчетов, связанных с оцениванием изменения значений частных и обобщенного показателей функциональной эффективности информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения

ракеты-носителя «Союз-2» в результате внедрения разработанного программного и модельно-алгоритмического обеспечения;

– подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертационный совет считает, что Охтилев П.А. в своей диссертационной работе решил научно-техническую задачу разработки модельно-алгоритмического комплекса автоматизированной информационно-аналитической поддержки процессов создания и применения космических средств, имеющую важное социально-экономическое и хозяйственное значение для ракетно-космической отрасли.

На заседании 19.12.2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Охтилеву П.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 21, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного совета

доктор технических наук,

член-корреспондент РАН

Юсупов Рафаэль Мидхатович

Ученый секретарь диссертационного совета

кандидат технических наук

Зайцева Александра Алексеевна

19.12.2019 г.