

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова

---

Стенограмма  
Заседания диссертационного совета  
24.1.107.01

16 февраля 2023 года

Защита диссертации Сулейкиным Александром Сергеевичем на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Методы анализа и синтез архитектуры цифровых производственных экосистем» по специальности 2.3.3 - «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)»

Москва 2023

## Стенограмма

заседания диссертационного совета 24.1.107.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте Проблем Управления им. В.А. Трапезникова РАН

Председатель диссертационного совета – д.т.н. Б.В. Павлов

И. о. ученого секретаря совета - д.т.н. С.А. Кочетков

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Позвольте открыть заседание диссертационного совета. Состав Совета утвержден в количестве 28 человек. На заседании из 28 членов присутствует 20 человек, очно – 20 человек, удаленно – 0. (по профилю рассматриваемой специальности присутствуют 5 докторов наук):

1.	Павлов Б.В.	доктор технических наук	2.3.1.	Очно
	Кульба В.В.	доктор технических наук	2.3.3.	Очно
	Бахтадзе Н.Н.	доктор технических наук	2.3.3.	Очно
	Вишневский В.М.	доктор технических наук	1.2.2.	Очно
	Гребенюк Г.Г.	доктор технических наук	2.3.3.	Очно
	Жилякова Л.Ю.	доктор физ.-мат. наук	1.2.2.	Очно
	Калашников А.О.	доктор технических наук	1.2.2.	Очно
	Каршаков Е.В.	доктор технических наук	2.3.1.	Очно
	Кочетков С.А.	доктор технических наук	2.3.1.	Очно
	Краснова С.А.	доктор технических наук	2.3.1.	Очно
	Лебедев В.Г.	доктор технических наук	1.2.2.	Очно
	Пашенко Ф.Ф.	доктор технических наук	1.2.2.	Очно

Пестерев А.В.	доктор физ.-мат. наук	1.2.2.	Очно
Пятецкий В. Е.	доктор технических наук	2.3.3.	Очно
Раппопорт Л.Б.	доктор физ.-мат. наук	2.3.1.	Очно
Рубинович Е. Я.	доктор технических наук	2.3.1.	Очно
Уткин В.А.	доктор технических наук	2.3.1.	Очно
Фархадов М.П.	доктор технических наук	1.2.2.	Очно
Цвиркун А.Д.	доктор технических наук	2.3.3.	Очно
Честнов В.Н.	доктор технических наук	2.3.1.	Очно

Так как кворум имеется, разрешите заседание считать правомочным. Возражений нет? Нет. (Предложение принимается единогласно).

На повестке дня защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Сулейкина Александра Сергеевича на тему «Методы анализа и синтез архитектуры цифровых производственных экосистем». Диссертация защищается по специальности 2.3.3 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)».

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор, Бахтадзе Наталья Николаевна, заведующий лабораторией № 41 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук.

Официальные оппоненты: Виктор Михайлович Дозорцев, доктор технических наук, директор по развитию бизнеса ООО «Центр цифровых технологий», г. Москва; Рифкат Талгатович Сиразетдинов, доктор технических наук, доцент, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ КАИ), профессор кафедры Динамики процессов и управления, г. Казань, Татарстан.

Слово предоставляется ученому секретарю Совета, доктору технических наук Кочеткову С.А. для оглашения материалов личного дела соискателя.

**Д.т.н. Кочетков С.А. (ученый секретарь Совета):**

Сулейкин Александр Сергеевич, 1994 года рождения, закончил бакалавриат (2016 г.) факультета Экономики и управления промышленными предприятиями Национального исследовательского технологического университета «МИСИС», магистратуру (2018 г.) факультета Бизнеса и менеджмента Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» и завершил обучение в аспирантуре ИПУ РАН 30 сентября 2022 года.

В настоящее время работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН в лаборатории № 41 «Идентификации систем управления» в должности научного сотрудника. Диссертация выполнена в лаборатории № 41 Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук.

Имеет 24 научных публикаций по теме диссертации. Диссертация защищается на соискание ученой степени кандидата технических наук. В деле присутствует отзыв Ведущей организации, два отзыва официальных оппонентов, пять отзывов на автореферат.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Имеются ли вопросы к ученому секретарю? Вопросов нет. Слово для изложения основных положений предоставляется соискателю Сулейкину Александру Сергеевичу.

**Сулейкин А.С. (соискатель):** (кратко излагает актуальность темы, основные положения диссертации, содержащие научную новизну, результаты исследований. Автореферат диссертации и раздаточный материал имеется у каждого члена Совета и в личном деле соискателя.)

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Спасибо большое, какие будут вопросы к Александру Сергеевичу?

Вопросы задавали: д.т.н. Гребенюк Г.Г., д.т.н. Волковицкий А.К., д.т.н. Честнов В.Н., д.т.н. Пятецкий В.Е., д.т.н. Кочетков С.А., д.т.н. Каршаков Е.В., д.т.н. Павлов Б.В.

В дискуссии приняли участие: **д.т.н. Кульба В.В., д.т.н. Пятецкий В.Е., д.т.н. Лебедев В.Г., д.т.н. Панфилов П.Б.**

**Д.т.н. Гребенюк Г.Г. (член Совета):** Скажите пожалуйста, в чем заключается смысл экосистемы?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Термин экосистема пришел из экологии. В работе рассматривается подход к синтезу интегрированных систем управления производством, и именно по принципу экосистем, потому что очень важна синхронизация участников этой сложной системы, т.е. совокупности различных подсистем (консортов) – элементов экосистемы. Важны: обмен знаниями в целях эволюционного развития, синергии различных подсистем между собой. Важно, чтобы они были синхронизированы и обменивались данными в потоковом режиме, в режиме реального времени, т.е. чтобы все элементы интегрированной системы управления производством, на разных уровнях, были синхронизированы между собой. Именно для этого мы вводим здесь понятие экосистемы.

**Д.т.н. Гребенюк Г.Г. (член Совета):** Разве не достаточно понятия интегрированной системы? «Экологическое» это все-таки что-то природное.

**Сулейкин А.С. (соискатель):** На протяжении последних пяти лет термин цифровая экосистема привлекает огромное количество исследователей. Существует уже значительный ряд публикаций на эту тему. На данный момент у авторов нет единого определения, но есть уже указы президента и правительства о развитии цифровой экосистемы. Поэтому, могу сказать, что рассмотрение цифровых экосистем в целом - это современный подход ко многим аспектам синтеза интегрированной системы управления производством. Прежние подходы считаю не достаточными, потому что в них нет синхронизации и синергии, а нам необходим обмен данными в реальном времени между всеми участниками экосистемы, прогнозирование для оптимизации управления.

**Д.т.н. Гребенюк Г.Г. (член Совета):** Скажите пожалуйста, вы же производственно-хозяйственный комплекс фактически рассматриваете, совокупность предприятий. Здесь я не увидел или не понял взаимодействия между этими предприятиями на уровне «киберфизической» системы с обработкой больших данных и т.д. Где у вас здесь сам

производственно-хозяйственный комплекс, отношения между предприятиями, выпуск продукции одним, другим и т.д.? Это первое. Если мы имеем в виду устойчивость по отношению к такому комплексу, то здесь мы должны рассматривать устойчивость локальную. И, во-вторых, общий источник предприятия как возможность больших деструктивных воздействий на предприятие, которые связаны с дальнейшим восстановлением производительности предприятия. И тогда критерии устойчивости рассматриваются как интегралы падения производительности комплекса. В каком смысле вы рассматриваете устойчивость, с учетом сложности вашей системы?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Мы говорим о том, что сложная система состоит из трех типов консортов. В устойчивой системе управления классическое понятие устойчивости рассматривается в терминах систем управления. Эти условия устойчивости каждой отдельной системы известны, как и методы идентификации, которые здесь я предлагаю использовать и для сложной производственной системы. Это и метод ассоциативного поиска, и использование вейвлет преобразования в задачах ассоциативного поиска для нестационарных систем - это все уже было получено до меня. Я предлагаю эти методы применять для сложной производственной системы, это одна часть. Вторая часть, это устойчивость как стабильное функционирование программного обеспечения и инфраструктуры. Здесь я говорю о том, что необходимо обязательно учитывать состояние работоспособности, «устойчивости» инфраструктуры, потому что у крупных предприятий тысячи серверов на современном производстве. Например, мы проводили внедрение на предприятии «КАМАЗ», там тысячи серверов. И все это очень важно. Сейчас это очень разрозненно, т.е. рассматривается как две отдельные задачи. В моей работе я предлагаю рассматривать это все в совокупности, и именно для учета состояния всех подсистем здесь вводится ситуационное управление сложной производственной системой.

**Д.т.н. Гребенюк Г.Г. (член Совета):** Тогда смотрите, тот же «КАМАЗ» - прерывание поставок (кстати было из-за импортозамещения). Устойчивое ли у «КАМАЗ» объединение баз предприятия? Наверное, оказалось устойчивое, за счет каких-то ключевых запасов, и в определенное время «КАМАЗ» остановил производство, то есть мы говорим, что устойчиво.

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Да.

**Д.т.н. Гребенюк Г.Г. (член Совета):** А если бы не было этих засовов или еще чего-то не хватало, что было бы? Он стал бы не устойчивым? Вы же не разграничили что вы подразумеваете под устойчивостью.

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Устойчивость программного обеспечения - это его работоспособность. Если оно функционирует и стабильно работает, оно устойчиво. Устойчивость инфраструктуры - это значит, что аппаратные средства работают. Но если диск сгорел, а у вас на этом диске хранились данные по вашей системе управления, все у вас все встало, понимаете? Это нужно обязательно учитывать.

**Д.т.н. Гребенюк Г.Г. (член Совета):** Но это устойчивость к хакерским атакам.

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Это устойчивость именно инфраструктуры, которую необходимо учитывать в общей устойчивости не только систем управления, но и вот таким вспомогательным фактором, который влияет.

**Д.т.н. Гребенюк Г.Г. (член Совета):** Ну хорошо, я все таки не понял: это глобальный источник? Как ваша система реагирует на прерывание поставок?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Прерывание поставок, обычно относится к конкретной бизнес задаче, например, управление поставками. Тут вопрос в рассмотрении этой конкретной системы управления, которая управляет этим технологическим процессом. Если она устойчива, на основе методов прогнозирования, которые уже были получены до меня, то значит мы можем сказать: да, она устойчива. Но я предлагаю еще анализировать консорты второй и третьей группы, чтобы это было более точно. Спасибо за вопрос.

**Д.т.н. Волковицкий А.К. (1-я лаборатория):** Будьте добры, дайте пожалуйста строгое определение цифровой экосистемы, консорт, логирования, движков моделирования, а заодно объясните причем здесь сигмоидная функция и гиперболический тангенс?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Под цифровой экосистемой я определяю социо-техническую систему, которая обладает свойствами адаптивности,

самоорганизации и устойчивости. Консорт - это любой абсолютно элемент в цифровой экосистеме предприятия. Это может быть: любая автоматизированная система, либо - автоматическая система управления, операционная система, система управления виртуализацией, СУБД или контейнеризация в большой производственной системе, и т.д.

Логирование - это запись журналов логов результатов работ какой-либо программы.

Могу я узнать с чем связан был вопрос о логировании? Хочу понять в каком контексте упоминалось это понятие.

**Д.т.н. Волковитский А.К. (1-я лаборатория):** Слайд № 33.

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Сигмоидная функция, сразу ответчу, и гиперболический тангенс - это просто примеры различных нелинейных методов нормализации данных. Нормализация данных здесь рассматривается в том контексте, что, как я говорил, могут быть признаки в данных, которые носят категориальный характер, и в работе предлагается кодировать абсолютно все эти признаки. Это просто пример метода нормализации, но может быть использован абсолютно любой метод: и «Z-оценки», и «MinMax», это не критично. Методы могут проявлять лучшую точность в определенных задачах. Собственно, логирование – это для различных инфраструктурных сервисов. Например, для систем управления базами данных - это различные типы хранения, такие как: реляционное, объектное и другие системы, оркестрация данных – все это логирует какие-то записи. Соответственно, когда возникают тысячи различных информационных систем, то здесь предлагается процесс логирования. Это следует, в том числе, из ГОСТ 34 по разработке различных информационных систем. Логирование – это достаточно важно, например, чтобы посмотреть: кто заходил в систему, когда, в какое время, какие операции совершал и т.д. То есть делается отдельная подсистема, которая собирает в себя все логирование с других подсистем и дальше, например, специалист по информационной безопасности предприятия, работая с одним интерфейсом, смотрит «срез» по всем системам.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Спасибо большое. Какие еще будут вопросы?



**Д.т.н. Пятецкий В. Е. (член Совета):** Скажите пожалуйста, какое место предлагаемая вами архитектура занимает в создании интегрированной автоматической системы управления производственным предприятием?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Предлагаемая мною архитектура может являться первым звеном в создании полностью автоматической интегрированной системы управления производством. В условиях гетерогенных, разрозненных данных, часто неструктурированных или полуструктурированных, невозможно представить создание такой автоматической системы без современных методов обработки и хранения больших данных, технологий потоковой обработки и хранения данных в оперативной памяти, контейнеризации. По сути, это основа, фундамент для создания такой сложной автоматической системы в будущем.

**Д.т.н. Честнов В.Н. (член Совета):** Пожалуйста, откройте слайды 23-25. Вы здесь оцениваете стабильность. Правильно ли я понимаю, что вы это оцениваете в вероятностном смысле?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Да, правильно, исходя из положений теории надежности информационных систем.

**Д.т.н. Честнов В.Н. (член Совета):** Тогда непонятно с точки зрения стабильности. Какое число мы должны взять в качестве порога, что всё хорошо?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Показатели стабильности здесь изменяются от нуля до единицы, и чем ближе к единице, тем выше стабильность. Здесь приведён пример такой оценки на основе различных показателей, факторов, которые влияют на стабильность, и это - такой усреднённый некий фактор. Соответственно, если все они равны единице, то наша стабильность - единица. Вообще стабильность здесь считается на определенном интервале времени, например, год. То есть количество простоев времени за год.

**Д.т.н. Честнов В.Н. (член Совета):** Я понял. Скажите пожалуйста, как я практически должен применять это все? На основе каких-то экспериментов я должен посмотреть, если у меня достигается такой показатель, то значит для меня это хорошо. Каким образом заранее вы можете сказать?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Да, могу сказать, что многие импортные и отечественные вендоры систем управления базами данных дают гарантии работоспособности ПО за год. Обычно это 99 и сколько-то девяток после запятой.

**Д.т.н. Кочетков С. А. (ученый секретарь Совета):** В чем смысл предлагаемой вами идентификационной модели?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** В моей работе я предлагаю применить эту модель для сложной производственной системы. Соответственно у нас есть модели управления, есть входы и выходы. Структура модели определяется на этапе обучения: сначала мы делаем кластеризацию, затем делаем настройку самой модели. Непосредственное прогнозирование и вычисление выхода - это уже для управления в данный момент времени.

**Д.т.н. Кочетков С. А. (ученый секретарь Совета):** Модель у вас уже есть, вы правильно нашли и идентифицировали. У вас есть пункт – положение про идентификацию, значит управление. Соответственно, вы должны выбирать управляющие воздействия, как вы их выбираете? Есть ли аналитические выражения или у вас все на уровне концепции. Как выбираете управление?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Это модель ассоциативного поиска, мы предлагаем ее для прогнозирования состояния сложных систем. Эти модели уже получены и известны, мы их просто настраиваем в нужный момент времени.

**Д.т.н. Кочетков С. А. (ученый секретарь Совета):** Вы настраиваете параметры модели, правильно?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Да, верно.

**Д.т.н. Кочетков С. А. (ученый секретарь Совета):** Управление какое вы дали, чтобы ваш выход соответствовал ликвидному критерию?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Расскажу, как это происходит. У нас есть база знаний, есть кластеры. На предварительном этапе проводим кластеризацию базы знаний, далее приходит входящий вектор. У нас в базе знаний уже хранятся входы и соответствующие им выходы. Приходит входящий вектор, находим ближайшие к этому вектору входы, выходы и

решаем систему линейных уравнений, там же находим коэффициенты,  $a$ ,  $b$ , собственно прогнозируем значение выхода.

**Д.т.н. Кочетков С. А. (ученый секретарь Совета):** Тогда что вы подразумеваете в основных положениях? Что такое управление для экосистемы? Что такое управление в вашем понимании и что выносится на защиту?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** На защиту выносится то, что мы управляем интегрированной системой. Интерпретируем интегрированную систему управления производством как цифровую экосистему.

**Д.т.н. Кочетков С. А. (ученый секретарь Совета):** Как вы управляете в итоге?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Мы управляем на основе предиктивных моделей реального времени, которые получаются на основе интеллектуального анализа нашей базы знаний. У нас в базе индуктивные знания.

**Д.т.н. Кочетков С. А. (ученый секретарь Совета):** Есть ли аналитические выражения?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Смотрите, здесь уже все получено до меня и нет каких-то новшеств и все результаты уже известны.

**Д.т.н. Кочетков С. А. (ученый секретарь Совета):** Спасибо!

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Какие еще будут вопросы?

**Д.т.н. Каршаков Е.В. (член Совета):** Если я правильно понял, во втором слайде вы даете определение, что вы понимаете под цифровой экосистемой. Правильно?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Да, верно.

**Д.т.н. Каршаков Е.В. (член Совета):** Не могли бы вы подчеркнуть где собственно тут всплывает приставка «цифровая»?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Основное - это социо-техническое, соответственно это все, что касается производства.

**Д.т.н. Каршаков Е.В. (член Совета):** Тогда почему экосистема и цифровая?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Если идет обмен информацией и знаниями, то должны быть элементы цифровизации. Кто-то полагает, что это может быть просто совокупность инфраструктуры и сетей передачи данных.

**Д.т.н. Каршаков Е.В. (член Совета):** Спасибо. Понятие «консорт», которое вы ранее поясняли, это общепринятый термин в литературе?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Термин «консорт» общепринят по отношению к экосистемам, а по отношению к цифровым экосистемам этот термин введен специально, чтобы можно было унифицировать, назвать одинаково любой элемент в цифровой экосистеме производственного предприятия.

**Д.т.н. Каршаков Е.В. (член Совета):** Откройте, пожалуйста, слайд № 18. Пожалуйста, расскажите, что такое пространство вейвлет-преобразований?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Здесь мы говорим о том, что если процесс нестационарный, то вместо записи сигналов (входа и выхода объекта) в базу знаний мы записываем масштабирующие и детализирующие коэффициенты кратно-масштабных вейвлет разложений.

**Д.т.н. Каршаков Е.В. (член Совета):** Нет, вы не поняли вопроса. Вейвлет-преобразование – это математический термин. Звучит как математический термин. Хочется понять, что вы имеете в виду под этим?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Вейвлет образы – это разложение по системе базисных функций. То есть у нас должны быть базисные функции, у нас это вейвлеты Хаара, мексиканская шляпа и т.д. У них есть определенные свойства, они должны быть, например, ортогональными.

**Д.т.н. Каршаков Е.В. (член Совета):** Спасибо. Что все-таки такое пространство вейвлет-преобразований?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Здесь важно то, что идет запись наборов коэффициентов этого разложения в базу данных. И дальше в базе данных мы работаем с этими коэффициентами.

**Д.т.н. Каршаков Е.В. (член Совета):** То есть вы не признаете, что это ошибочный термин «пространство вейвлет-преобразования? Некий аналог преобразования Фурье. Никто не говорит пространство преобразования Фурье. Если я ошибаюсь, поправьте меня. Поясните пространство вейвлет-преобразований как пространство, как математический термин.

**Сулейкин А.С. (соискатель):** На мой взгляд, это вполне корректный термин и уже устоявшееся понятие. В тех терминах, в которых идет преобразование входного сигнала в пространство кратно-масштабных вейвлет-разложений.

**Д.т.н. Каршаков Е.В. (член Совета):** У Вас на предприятии «КАМАЗ» шла речь о том что использован некий прототип. Посмотрите слайд №35. Поясните что за прототип?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** На данный момент, чтобы создать интегрированную систему управлением производства нужно проделать огромную работу. Поэтому, я создал некий прототип для «КАМАЗ» как демонстрацию применимости предложенного подхода для конкретной бизнес задачи. Сама производственная система - это набор фрагментов, где можно применить данный подход, делая прогнозирование таких интеллектуальных моделей в реальном времени. Например, прогнозирование закупок, поставок, качества по определенному критерию.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Откройте, пожалуйста, слайд № 2. Какова цель вашей работы?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Цель работы - разработка интегрированной системы управления производственного типа на основе цифровых консортов и цифровых экосистем.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** А по автореферату какая цель работы?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Цель - разработка методов анализа и синтеза архитектуры цифровых производственных экосистем на основе цифровых предиктивных идентификационных моделей.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Почему цели различны?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** На самом деле это об одном и том же, только разными словами. На слайдах при формулировке цели я упоминаю про интегрированные системы нового типа, чтобы задать ключ к тому, о чем пойдет речь. И чтобы было понятно, что мы говорим об интегрированной системе управления другого типа на основе методов, о которых я рассказывал.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Какие методы анализа и синтеза вы предлагаете в разработке?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Методы анализа: метод ассоциативного прогнозирования производственных ситуаций. Особенность применения метода в том, что учитываются состояния инфраструктуры программного обеспечения и поэтому вводится ситуационное управление. До меня этого не было. Касаемо архитектуры, могу сказать, что синтез архитектуры информационных систем следует из ГОСТ 34. То есть как они должны разрабатываться, какие свойства и функции должны иметь. В моей работе я провожу глубокое исследование технологий обработки больших данных и применяю лучшие существующие технологии для решения конкретных задач. В том числе большое количество публикаций доказывает то, что архитектура которую я предлагаю применима для различных областей.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Это все общие слова. Конкретно, какой метод синтеза вы для этой архитектуры применили?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Я разработал модель архитектуры интегрированной системы управления производством, ее свойства, ее характеристики.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Какие методы синтеза вы разработали?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** В терминах архитектуры информационных систем под синтезом архитектуры понимается набор компонентов архитектуры, набор подсистем и ее свойств и характеристик, а также связей систем между собой. Также, я предложил конкретные технологии из систем класса больших данных, которые эти функции реализуют. Применяю эти технологии для решения конкретных практических задач, что отражено по факту внедрения на ПАО «КАМАЗ», так и в публикациях.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Что было сделано в рамках работы с ПАО «КАМАЗ»?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** В рамках ПАО «КАМАЗ» мы сделали модуль прогнозирования, который прогнозирует состояние динамики использования серверных ресурсов и лицензий ПО.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** А по архитектуре для ПАО «КАМАЗ» что сделали?

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Была смоделирована и внедрена архитектура. Как я показывал, были выделены определенные компоненты и внедрены технологии, которые эти компоненты реализовали, с теми свойствами, которые я перечислил в качестве основных в теоретической части.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Спасибо большое.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Спасибо. Больше нет вопросов? Слово имеет научный руководитель.

**Д.т.н. Бахтадзе Н.Н. (научный руководитель):** (зачитывает положительный отзыв (прилагается в деле)).

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Спасибо. Слово предоставляется ученому секретарю С.А. Кочеткову, чтобы огласить отзывы и все документы, которые имеются в деле.

**Д.т.н. Кочетков С.А. (ученый секретарь Совета):**

Ведущая организация - Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана) в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой Систем автоматизированного проектирования МГТУ им. Н.Э. Баумана доктором физ.-мат. наук, профессором Анатолием Павловичем Карпенко, отметил, что разработанные в диссертации методы создания цифровых экосистем промышленных предприятий и компаний на основе отраслевых и межсекторальных цифровых платформ способствует созданию новых бизнес-моделей и инновационных решений, повышающих эффективность функционирования этих предприятий и компаний. Диссертация Сулейкина А.С. на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной, самостоятельной научно-квалификационной работой. Тема

исследований актуальна. Результаты работы получены автором лично, обладают научной новизной и практической значимостью.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.3.3 - «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)» и отвечает требованиям ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п.9 Положения о присуждении ученых степеней ... №842 от 24.09.2013г. и п.6 Положения о присуждении ученых степеней ... №235 от 17.03.2015г.), а ее автор достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 - «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)».

Заключение ведущей организации имеет следующие замечания:

1. Охват тем, освещенных в обзоре литературы, является более широким, чем того требует диссертационное исследование, что несколько «затушевывает» основную тему диссертации.
2. В диссертационной работе приведены принципы проектирования концептуальных архитектур ЦЭС промышленных предприятий и функциональных архитектур консорт-сервисного слоя. Было бы целесообразно представить более детально основные элементы этих архитектур.
3. Недостаточно четко определены такие авторские термины, как консорт, идентификационная модель, ассоциативное прогнозирование.
4. Встречаются некоторые стилистические неточности, например: «обмен прогнозами с партнерами для достижения синергетического эффекта» (стр.73); «...стабильность каждого консорт-сервиса и консо́ртов инфраструктуры оценивается показателем, значения которого... означают процент стабильной работы (стр.76).

Также поступили отзывы на автореферат:

1. Отзыв на автореферат д.т.н., профессора **Константинова И.С.**, заведующего Кафедрой математического и программного обеспечения информационных систем Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»



содержит следующие замечания:

- Трудно представить разработанные соискателем модели концептуальной и функциональной архитектуры системы управления только по описанию, без иллюстрации соответствующими схемами.
- Отсутствует пример формального описания производственной ситуации, который позволил бы более конкретно представить процедуру анализа и прогнозирования.

2. Отзыв на автореферат к.т.н., профессора **Зараменских Е.П.**, руководителя Департамента бизнес-информатики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»» содержит следующие замечания:

- Не приведено описание возможности применения проактивного подхода к синтезу гибких систем производственного планирования.
- В автореферате не приведены схемы разработанных соискателем моделей концептуальной архитектуры системы управления ресурсами производства в ЦЭС предприятия и функциональной архитектуры консорт-сервисного слоя.

3. Отзыв на автореферат д.т.н., профессора **Гагариной Л.Г.**, директора Института системной и программной инженерии и информационных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» содержит следующие замечания:

- Предложенный экспертный подход для оценки и прогнозирования стабильного функционирования консортов – элементов инфраструктуры может оказаться трудно формализуемым на практике.
- Встречаются погрешности в оформлении автореферата. Так, например, нарушена пунктуация при перечислении основных научных результатов.

4. Отзыв на автореферат д.т.н. **Зелинской Е.В.**, профессора кафедры «ОПИ и охраны окружающей среды им. профессора С.Б. Леонова» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (ФГБОУ ВО «ИРНИТУ») содержит следующие замечания:
- Недостаточно четко определено понятие «ассоциативности»: соискатель определяет это как «критерий «схожести» с текущим входом» (с.10).
  - Недостаточно подробно описаны способы формализации состояний консортов – элементов инфраструктуры и систем обработки данных.
  - В автореферате было бы уместно привести иллюстрации разработанных соискателем моделей концептуальной архитектуры системы управления ресурсами производства в ЦЭС предприятия и функциональной архитектуры консорт-сервисного слоя, а также перечислить основные свойства и функции каждого слоя.
5. Отзыв на автореферат д.т.н. **Тягунова О. А.**, профессора кафедры проблем управления Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА — Российский технологический университет» (РТУ МИРЭА) содержит следующие замечания:
- К большому сожалению, результаты диссертации недостаточно широко отражены в отечественных публикациях.
  - Ограниченный объем автореферата не позволяет с исчерпывающей полнотой судить о полученных научных и практических результатах диссертации.

**Д.т.н. Кочетков С.А. (ученый секретарь Совета):** Также в работу поступило внедрение на ПАО «КАМАЗ», подписанное директором Департамента цифровых систем проектирования, главным конструктором цифровых систем проектирования **Пуртовым** и руководителем конструкторских и научно-исследовательских расчетов, кандидатом технических наук, доцентом **Карабцевым**. Акт о внедрении утвержден заместителем генерального директора ПАО «КАМАЗ», директором по развитию **Гумеровым**. В Акте внедрения отмечается, что результаты

диссертационной работы соискателя были использованы в ПАО «КАМАЗ» при создании прототипа модуля прогнозирования в части цифровой инфраструктуры для хранения, обработки, анализа, прогнозирования и визуализации гетерогенных данных. В прототип модуля прогнозирования входят следующие результаты диссертации: концептуальные и функциональные архитектуры управления цифровой экосистемой производственного предприятия и прототип системы прогнозирования состояния загрузки серверного комплекса для управления ресурсами.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Спасибо большое. Есть ли необходимость более подробно зачитать какой-нибудь отзыв? Нет. Александр Сергеевич, можете отвечать на замечания сейчас, или после слов оппонентов – как считаете нужным.

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Отвечу после слов оппонентов, спасибо.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Слово предоставляется официальному оппоненту Дозорцеву Виктору Михайловичу, доктору технических наук, директору по развитию бизнеса ООО «Центр цифровых технологий», г. Москва.

**Д.т.н. Дозорцев В.М. (официальный оппонент):**

(зачитывает положительный отзыв (прилагается в деле)).

Отзыв содержит следующие замечания.

1. Аналитический обзор литературы несколько перегружен описанием систем и методов, имеющих косвенное отношение к теме диссертации: например, описание ЦЭС в электроэнергетике и управлении цепочками поставок, обзор литературы по разработке цифровых двойников и анализ проблем их внедрения, обзор методов хранения данных в оперативной памяти.
2. В диссертации определены условия устойчивого функционирования интегрированной системы управления производственным процессом как мультikonсортной ЦЭС. Соблюдение этих условий может рассматриваться как необходимая предпосылка оптимизации управления производством на основе предложенных методов ассоциативной

идентификации и прогнозирования, но об этом в диссертационной работе ничего не говорится.

3. Не вполне четко обосновано, каким образом гарантируется масштабируемость предложенной архитектуры при расширении набора консортов (сервисов), что необходимо для обеспечения гибкости и клиентоориентированности современного производства.
4. В тексте встречаются аббревиатуры, расшифровка которых не приводится, что затрудняет восприятие текста, например, ISDI (с.44), Apache NIFI (с.89).
5. В автореферате диссертации (с. 11) недостаточно подробно описана цифровая идентификационная модель производственной ситуации, рассматриваемая автором как цифровой двойник ситуации.
6. Встречаются неточные и неудачные обозначения, например:
  - в автореферате в формуле (4) вместо индекса  $k$  коэффициентов  $b_{jk}$  должен быть индекс  $p$ ;
  - размерность вектора входов в ф.4 должна быть обозначена через  $P$ ;
  - дискретный момент времени на с.13 автореферата лучше обозначить через  $k$ .
  - в тексте диссертации в формуле (4) для моментов времени, в которые выбираются данные из архива для формирования актуальной модели, выбрано обозначение  $t - j$ , по ним должно осуществляться суммирование. Но в то же время, через  $j$  нумеруются компоненты вектора входов.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Слово предоставляется официальному оппоненту Сиразетдинову Рифкату Талгатовичу, доктор технических наук, доцент, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ КАИ), профессор кафедры Динамики процессов и управления, г. Казань, Татарстан.

**Д.т.н. Сиразетдинов Р.Т. (официальный оппонент):**

(зачитывает положительный отзыв (прилагается в деле)).

Отзыв содержит следующие замечания:

1. Следует отметить избыточность охвата тем и неоправданно большой объем обзора литературы, что несколько отвлекает от восприятия основных положений диссертационной работы.
2. Следовало бы привести конкретный пример формализации производственной ситуации, с участием консортов разных типов.
3. В диссертации декларируется возможность оптимизации управления на основе высокоточных прогнозирующих моделей реального времени, но результаты относятся только к определению условий стабильного функционирования.
4. В тексте встречаются стилистические погрешности и синтаксические ошибки.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Спасибо большое. Есть ли еще вопросы? Вопросов нет. Слово предоставляется соискателю для ответа на замечания, содержащиеся в отзывах.

**Сулейкин А.С. (соискатель):** Спасибо. Скажу про замечание касаясь недостатка информации в автореферате. Я, к сожалению, был ограничен по объему, поэтому не мог добавить всю необходимую информацию. С остальными замечаниями согласен.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Спасибо большое. Переходим к свободной дискуссии. Слово членам диссертационного совета. Кто хотел выступить?

**Д.т.н. Кульба В. В. (член Совета):** Добрый день, я действительно был председателем комиссии, которая была назначена руководством диссертационного совета по рассмотрению данной диссертации. В комиссию кроме меня входили доктор технических наук профессор Ядыкин И.Б. и доктор технических наук профессор Меденников В.И. Во-первых, мы собирались три раза, во-вторых, было проведено два расширенных семинара. Должен сказать, что события на семинаре были похожи на сегодняшнюю защиту, разве что с меньшим количеством вопросов. По обсуждению работы, не хочу вспоминать все вопросы, которые обсуждал наш семинар, единственное что мне показалось после сегодняшнего заседания, что Александр Сергеевич не реализовал одно из наших предложений которое заключалось в том, что ему посоветовали разработать формальное определение консорта, тогда были бы решены по крайней мере

50-70 процентов тех проблем, которые сегодня обсуждали. В целом решение комиссии было единогласным. Я буду голосовать за присвоение степени. Спасибо!

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Спасибо большое, кто бы еще хотел выступить?

**Д.т.н. Пятецкий В. Е. (член Совета):** Хочу поделиться впечатлениями и очень важной информацией. Сегодня это направление вступает в новую стадию, в новый процесс, в новый тренд. Я имею в виду эко-цифровые системы и все остальное. Все это направлено на то, чтобы перейти к автоматическому управлению предприятиями. Поэтому науку эту надо развивать. Спасибо Наталье Николаевне, что подтянула ребят практиков и это направление вышло на совет. О нашем диссертанте скажу, что еще на первом и втором курсе мы уже делали системы одного окна, и он один сделал около девяти центров. Выполнена работа блестяще и замечательно, не вызывает никаких сомнений. В работе дотронулся до многих вещей и многие из них раскрыл, да невозможно было охватить все сразу, но это первый шаг лаборатории и это направление вызывает восхищение и абсолютную поддержку. Я буду голосовать за, и призываю совет согласиться. Хочу добавить, что я ничего не лоббирую и не рекламирую, я за идею. Благодарю совет за то, что выслушали.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Спасибо большое, кто бы еще хотел выступить?

**Д.т.н. Лебедев В. Г. (член Совета):** Очень необычная диссертация для кандидата, и на самом деле важно поддержать работу, потому что люди, которые находятся в зале привыкли решать отдельные «мелкие», но важные задачи, из всех которые сегодня были обозначены. Т.е. диссертант, как мне кажется, сделал такую важную ошибку, что он легкомысленно относится к словам: управление, анализ, устойчивость. Понимаете, люди которым вы презентовали работу очень тесно работали с данными терминами, поэтому нужно было аккуратно все это преподносить. Что касается работы, то таких работ мало, и трудно заставить людей смотреть шире на проблемы производства. Тут, как мне кажется, не нужно употреблять много терминов (интеллектуальный анализ данных, интеллектуализация и т.п.), так как за этими словами стоит очень много разработок. И когда все это интегрируется в

единое целое, такая позиция как: «я бы занимался и этим и тем - это излишне. Что касается самой работы, нужно ее поддержать, потому что она важна и для науки, и для промышленности.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Спасибо большое, кто бы еще хотел выступить?

**К.т.н. Панфилов П.Б. (НИУ ВШЭ):** Я не член совета, но я тоже немного причастен к тому, что Александр начал свой научный путь. Первые публикации мы сделали еще в 2017 году, когда он был на первом курсе магистратуры. Работоспособность Александра - это действительно что-то невероятное. Способность не просто работать, экспериментировать, но и осмысливать то, что делаешь, пытаться находить новые решения – это замечательное свойство не только хорошего инженера, но и ученого, исследователя. Хочу еще отметить важность этой работы, так как архитектурная тематика в системах автоматизированного управления сейчас становится на важное место. Также, понятие «экосистема». Это – не просто новый «веселенький» термин, это дело серьезное, так как у нас меняется подход к бизнесу. Работа замечательна на мой взгляд, если вы ее поддержите, вы не пожалеете. Я не могу голосовать, но я за. Спасибо за внимание.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Спасибо большое, кто бы еще хотел выступить? Нет? Кто за то, чтобы прекратить дискуссию? Прошу проголосовать. Все за. Александр Сергеевич, вам предоставляется заключительное слово.

**Сулейкин А.С. (соискатель):** В заключении хочу сказать, что была проделана действительно колоссальная работа, это и область технологий хранения и обработки больших данных, и теория управления, идентификация и, соответственно, производственные системы и экосистемы, т.е. все в совокупности - это все огромный пласт, как вы сегодня отметили. Хочу сказать, что действительно много всего сделано, и работа большая, в нее вложено много труда. Очень надеюсь, что этот труд оценят по достоинству, спасибо.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Спасибо большое. Предлагается счетная комиссия в составе Раппопорт, Пащенко, Рубинович. Счетную комиссию прошу приступить к работе. Голосование очное.

(Происходит процедура тайного голосования)

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Предоставляю слово для оглашения результатов тайного голосования председателю счетной комиссии.

**Д.т.н. Вишневский В.М. (председатель счетной комиссии):**

Участвовало в голосовании 20 человек, розданных бюллетеней - 20, осталось не розданных - 0. Результаты голосования: за -17, против - 3, недействительных бюллетеней - 0.

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):** Уважаемые члены совета, всем был роздан проект заключения по работе. Будут ли замечания, дополнения? По последнему абзацу есть замечание.

(С учетом замечаний «Заключение диссертационного совета» принимается единогласно открытым голосованием).

**Д.т.н. Павлов Б.В. (председатель Совета):**

Разрешите поздравить Вас, Александр Сергеевич, с успешной защитой диссертации.

Зам. директора по научной работе

Д.т.н.



*[Signature]* С.А. Краснова

Председатель диссертационного совета

24.1.107.01, д.т.н.

*[Signature]*

Б.В. Павлов

И.о. ученого секретаря диссертационного

совета 24.1.107.01, д.т.н.

*[Signature]*

С.А. Кочетков

16.02.2023