

Ульяновский государственный технический университет

Стенографический отчет

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.277.04

Повестка дня:

Защита диссертации **Эговым Евгением Николаевичем**

на соискание ученой степени кандидата технических наук:

"Исследование и разработка моделей и алгоритмов автоматизации технологической подготовки авиастроительного производства на основе энтропийных временных рядов"

Специальность:

05.13.12 «Системы автоматизации проектирования»

(информационные технологии и промышленность).

Официальные оппоненты:

Ковалев Сергей Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте», ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», г. Ростов-на-Дону

Цыганков Денис Эдуардович, кандидат технических наук, инженер-конструктор 1-й категории, АО «Ульяновский механический завод»

Ведущая организация - **ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»**

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.277.04
от 21 сентября 2022 года

на заседании присутствовали члены Совета:

1.	Ярушкина Н.Г., председатель Со- вета	д.т.н., профессор	05.13.12	технические науки	Очно
2.	Киселев С.К. зам. председателя Со- вета	д.т.н., доцент	05.13.05	технические науки	Очно
3.	Наместников А.М., ученый секретарь Совета	д.т.н., доцент	05.13.12	технические науки	Очно
4.	Браже Р.А.	д.ф.-м.н., профессор	05.13.05	технические науки	Дистан- ционно
5.	Васильев К.К.	д.т.н., профессор	05.13.01	технические науки	Очно
6.	Гладких А.А.	д.т.н., профессор	05.13.01	технические науки	Очно
7.	Дьяков И.Ф.	д.т.н., профессор	05.13.12	технические науки	Очно
8.	Иванов О.В.	д.ф.-м.н., доцент	05.13.05	технические науки	Дистан- ционно
9.	Клячкин В.Н.	д.т.н., профессор	05.13.01	технические науки	Очно
10.	Крашенинников В.Р.	д.т.н., профессор	05.13.01	технические науки	Очно
11.	Курганов С.А.	д.т.н., доцент	05.13.05	технические науки	Очно
12.	Негода В.Н.	д.т.н., доцент	05.13.12	технические науки	Дистан- ционно
13.	Пиганов М.Н.	д.т.н., профессор	05.13.05	технические науки	Дистан- ционно
14.	Самохвалов М.К.	д.ф.-м.н., профессор	05.13.05	технические науки	Очно
15.	Сергеев В.А.	д.т.н., профессор	05.13.05	технические науки	Очно
16.	Смирнов В.И.	д.т.н., профессор	05.13.05	технические науки	Очно
17.	Ташлинский А.Г.	д.т.н., профессор	05.13.01	технические науки	Очно

Зам. Председателя Совета
д.т.н., доцент

Ученый секретарь Совета
д.т.н., доцент



С.К. Киселев

А.М. Наместников

Председатель

Уважаемые коллеги!

На заседании диссертационного Совета Д212.277.04 из **23** члена Совета присутствуют 17 человек, в том числе 3 члена совета работают в интерактивном удаленном режиме. Необходимый кворум имеем.

Членам Совета повестка дня известна. Какие будут суждения по повестке дня? Утвердить? (принято единогласно).

По специальности защищаемой диссертации **05.13.12 «Системы автоматизации проектирования» (информационные технологии и промышленность)** (технические науки) на заседании присутствуют 4 доктора наук.

Наше заседание правомочно.

Председатель

Объявляется защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук **Эговым Евгением Николаевичем** по теме: "Исследование и разработка моделей и алгоритмов автоматизации технологической подготовки авиастроительного производства на основе энтропийных временных рядов".

Работа выполнена в Ульяновском государственном техническом университете

Научный руководитель - д.т.н., профессор **Ярушкина Н.Г.**

Официальные оппоненты:

Ковалев Сергей Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте», ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», г. Ростов-на-Дону

Цыганков Денис Эдуардович, кандидат технических наук, инженер-конструктор 1-й категории, АО «Ульяновский механический завод»

Присутствует 1 оппонент. Официальный оппонент Ковалев С.М. своевременно предоставил отзыв, отсутствует по уважительной причине.

Письменные согласия на оппонирование данной работы от них были своевременно получены.

Ведущая организация - **ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»**.

Слово предоставляется **Ученому секретарю** диссертационного Совета **Д212.277.04** д.т.н. **А.М. Наместникову** для оглашения документов из личного дела соискателя.

Ученый секретарь

Соискателем **Эговым Евгением Николаевичем** представлены в Совет все необходимые документы для защиты кандидатской диссертации (зачитывает):

- заявление соискателя;
- копия диплома о высшем образовании (заверенная);
- справка об обучении в аспирантуре;
- заключение по диссертации от организации, где выполнялась работа;
- отзыв научного руководителя;
- диссертация и автореферат в требуемом количестве экземпляров.

Все документы личного дела оформлены в соответствии с требованиями Положений ВАК.

Основные положения диссертации отражены **Эговым Е.Н.** в **25** научных работах, в т.ч. в **10** статьях в изданиях из перечня ВАК, **5 публикациях, индексируемых Scopus, получено 5 свидетельств на регистрацию программы для ЭВМ.** Соискатель представлен к защите **27.06.2022 г.** (протокол №9). Объявление о защите размещено на сайте ВАК РФ **14.07.2022 г.**

Вся необходимая информация по соискателю внесена в ФИС ГНА.

Председатель

Есть ли вопросы по личному делу соискателя к ученому секретарю Совета? (Нет).

Есть ли вопросы к **Эгову Е.Н.** по личному делу? (Нет).

Евгений Николаевич, Вам предоставляется слово для изложения основных положений Вашей диссертационной работы.

Соискатель

Добрый день, уважаемые председатель и члены комиссии. Вашему вниманию представляется доклад на тему «ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ АВИАСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ЭНТРОПИЙНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ», автор – Эгов Евгений Николаевич, научный руководитель – профессор, д.т.н. Ярушкина Надежда Глебовна.

Современное авиастроительное производство – это сложное производство. С одной стороны, это большие размеры изготавливаемых изделий и большое количество элементов, из которых оно состоит, с другой стороны, это необходимость вносить постоянные изменения в процесс производства (применение новых материалов, конструкций, технологического оборудования и т.п.).

При этом качество летательных аппаратов, их стоимость и сроки выпуска в значительной степени определяется системой технологиче-

ской подготовки (ТПП) самолетостроительного производства. Сама ТПП ведется в условиях цифрового производства, с использованием большого числа информационных систем.

Исходя из вышеизложенного крайне актуальной является задача повышения эффективности технологической подготовки самолетостроительного производства за счет создания интегрированных интеллектуальных автоматизированных систем.

Целью диссертационной работы является сокращение сроков автоматизированной технологической подготовки производства за счет прогнозирования временных рядов производственных показателей и использования онтологического подхода для извлечения данных в задаче балансировки мощностей.

Объектом исследования послужила производственно-технологическая модель на примере агрегатно-сборочного производства самолетостроительного предприятия в условиях мультипродуктовой производственной программы.

Предметом исследования является интеллектуализация автоматизированной технологической подготовки производства на основе интеграции онтологического подхода и прогнозирования временных рядов.

В соответствии с целью работы актуальными являются следующие задачи диссертационного исследования: выполнить сравнительный анализ методов и средств автоматизированной ТПП (АТПП) и анализа временных рядов; разработать модель и алгоритм балансировки мощностей, математическую модель энтропийного временного ряда, алгоритм прогнозирования, модели и алгоритмы выявления аномалий; разработать модели и алгоритмы интерпретации выявляемых аномалий, архитектуру программной системы и саму программу балансировки мощностей, провести вычислительные эксперименты и внедрить систему.

Научная новизна представлена на слайде.

Следующие положения выносятся на защиту:

- Модель и алгоритм балансировки мощностей на основе применения прогнозирования временных рядов производственных показателей и онтологий являются результативными.
- Алгоритмы поиска аномалий в диагностических временных рядах позволяют успешно прогнозировать техническое состояние оборудования.
- Модель энтропийного временного ряда результативна для задач поиска аномалий и прогнозирования поведения.
- Алгоритм прогнозирования энтропийных временных рядов производственных показателей является эффективным для получения коэффициентов переменных модели балансировки мощностей.
- Программная система балансировки мощностей на основе прогнозирования временных рядов и онтологий сокращает сроки автоматизированной технологической подготовки производства.

Пункты паспорта специальности, которым соответствует работа, представлены на слайде.

Следующие зарубежные и отечественные исследователи, представленные на слайде, внесли вклад в направления, затрагиваемые в исследовании.

Было проведено сравнения ряда программных средств, используемых в АТПП. Некоторые из них: Teamcenter, 1С:PLM, Вертикаль, явля-

ются готовыми продуктами «из коробки», но, зачастую способны взаимодействовать только со «своими» программами в области САПР и ERP. Другие, типа «ТеМП» являются разработками предприятия, но в них не заложена возможность расчета баланса мощностей предприятия и, главное, моделирования возможности изменения производственной программы. Также в рассматриваемых системах отсутствует механизм расчета показателей для балансировки мощностей через прогнозирование значений этих показателей.

Под технологической подготовкой производства понимается совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства. При этом, технологическая готовность производства – наличие на предприятии полных комплектов конструкторской и технологической документации и средств технологического оснащения, необходимых для осуществления заданного объема выпуска продукции с установленными технико-экономическими показателями. ТПП состоит из следующих основных процедур, сгруппированных по видам деятельности (представлено на слайде).

Как говорилось ранее, ТПП в области самолетостроения отличается рядом особенностей: сложный состав изделия; сложность технологического процесса изготовления узлов и агрегатов изделия; мелкосерийное производство; большой парк разнообразного станочного оборудования; мультипродуктовые производственные программы (ПП).

Баланс производственных мощностей – система показателей, характеризующих наличие, движение и уровень использования производственных мощностей, определяющих выпуск продукции. Под производственной мощностью понимается способность закрепленных за предприятием технологического и сборочно-технологического оборудования, производственных площадей, а также основных производственных рабочих в цехах основного производства обеспечить максимальный выпуск продукции за заданный интервал времени в соответствии с режимом работы.

Расчет баланса мощностей серийного завода включает ряд задач (представлено на слайде). Результатом выполнения балансировки мощностей предприятия является закрепление за конкретными производственными мощностями предприятия выполнения товарной программы.

Алгоритмы расчета мощностей устанавливаются стандартом предприятия или отрасли. На слайде представлен алгоритм расчета мощностей на примере механо-каркасного производства. Расчет выполняется по оборудованию, имеющемуся в цехе. Для расчета используются коэффициенты, значения которых задаются нормативным способом (причем на большую группу оборудования, например, по типу оборудования). На деле в реальном цехе будут стоять реальные станки, чьи показатели могут сильно отличаться от заданных нормативно. Более того, могут использоваться станки, по которым отсутствуют нормативные показатели. С другой стороны, у предприятия имеются показатели использования этих станков в производстве, на основе которых можно строить прогноз о возможности их использования в будущем.

Исходя из вышесказанного, модель балансировки мощностей представляется как набор, включающий в себя производственные мощности предприятия, технологический паспорт, а также набор рекомендаций по устранению дефицита мощностей. Для расчета мощности предприятия (оборудование, персонал, площадь) используется алгоритм генерации вариантов балансировки, использующий в своих расчетах мультипродуктовые производственные программы, нормативы, а также набор времен-

ных рядов (ВР) показателей, на основе которых прогнозируются значения, используемые в расчетах мощностей.

Для расчета балансировки мощностей предприятия потребуются информация, которую можно получить из различных систем предприятия. Так как эта информация в различных системах предприятия может представлять одни сущности, то информация включена в блок «Онтология производственных мощностей». По результату работы балансировки мощностей составляются рабочие технологические процессы цехов, переделов и т.п., на основе которых далее составляются, в частности циклограммы, маршрутные карты и расцеховки, для составления которых будет необходима информация, получаемая по результату работы балансировки мощностей.

Как говорилось выше, информация, необходимая для расчета балансировки мощностей, содержится в различных информационных системах (ИС) предприятия. На данный момент в ходе расчета мощностей вся информация извлекается оператором вручную, что занимает много времени. Задача автоматизации извлечения информации из ИС предприятия осложняется тем, что в разных ИС встречаются одни и те же сущности, но представляемые разным набором полей. Для решения этой задачи предлагается использовать онтологический подход. В рамках него на основе баз данных (БД) ИС предприятий строятся онтологии, которые через онтологию интеграции данных связываются в единую базу знаний предприятия. Онтологическая модель представлена на слайде.

Для решения задачи расчета балансировки мощностей была разработана следующая архитектура программной системы. Подсистема балансировки мощностей состоит из 5 модулей.

Для реализации модуля рекомендаций балансировки мощностей также используется онтологический подход. Онтология модуля поддержки принятия представлена на слайде.

Как говорилось ранее, в процессе расчета балансировки мощностей используются различные коэффициенты, например, «Эффективный годовой фонд времени работы технологического оборудования». Для получения более точного расчета мощностей предприятия предлагается отказаться от нормативов в пользу получения данных через ВР, получаемые по каждой единице мощности предприятия. Данные ряды будут характеризоваться следующими признаками: они короткие, скачкообразные. Для их анализа необходимы индикаторы, характеризующие ряд. Таким индикатором может выступать энтропия.

Была разработана математическая модель точки энтропийного временного ряда (ЭнВР), представляемая парой: значение энтропии точки и ее динамики. Сама модель энтропийного ВР представляется или набором таких точек, или как совокупность двух ВР – на основе энтропий и на основе динамики энтропии (так как оба показателя являются числовыми).

В качестве значения энтропии для точки ВР применяется коэффициент размытости, представляющий собой расстояние между нечетким множеством A и некоторым базовым множеством, например, его дополнением.

Под динамикой ЭнВР понимается разница между двумя соседними точками ЭнВР. При этом, необходимо учитывать, что точки могут относиться к разным меткам.

Для решения задачи прогнозирования ВР был разработан алгоритм прогнозирования ВР с применением ЭнВР. Он состоит из следующих шагов, представленных на слайде.

Показатель «Эффективный годовой фонд времени работы технологического оборудования» является ключевым в процессе расчета балансировки мощностей, так как определяет, сколько времени в году оборудование может использоваться. На этот показатель будет влиять время простоя оборудования, когда оно или было на ремонте, профилактике, либо просто не использовалось по тем или иным причинам. Получить этот показатель для конкретной единицы оборудования можно двумя путями: либо по ВР показателей простоя или использования оборудования, либо на основе данных системы планово-предупредительных работ (ППР) о состоянии оборудования, потребности в ремонте и т.п.

В случае второго подхода необходимы средства диагностики оборудования для выявления дефектов и неисправностей. Существует множество эффективных методов мониторинга и сбора информации по состоянию оборудования различными способами, типа вибро-диагностики и т.п. Многие из них можно свести к анализу ВР, получаемых с датчиков или приборов учета при диагностике или во время работы оборудования. При анализе ВР, в случае присутствия определенных паттернов, можно судить о наличии в элементах оборудования дефектов, либо об их скором возникновении. Представленная выше модель ЭнВР может применяться для анализа ВР с целью выявления неисправностей в оборудовании.

Алгоритм поиска аномалий нацелен на выявление аномалий, связанных со сменами меток базового терм-множества. Через элементарные паттерны поведения (ЭПП) осуществляется анализ переходных состояний, их плавность или скачкообразность. Алгоритм поиска аномалий через ЭнВР сводится к выполнению следующих шагов, представленных на слайде.

Элементарные паттерны поведения описывают поведение ВР в двух соседних точках ряда на основе изменения значений энтропий в точках и динамики энтропии между точками. Было выделено 9 элементарных паттернов поведения.

По результатам исследования были разработаны ряд онтологий (в формате OWL) для интеграции информационного обеспечения, подсистемы поддержки принятия решений, диагностики технического состояния агрегатов.

На слайде представлен фрагмент онтологической модели базы знаний авиастроительного предприятия для решения задачи балансировки производственных мощностей.

Была разработана программная система балансировки мощностей предприятия, чья архитектура представлена на слайде.

Отдельно был разработан комплекс для диагностирования технических систем (ТС) на основе ЭнВР.

Для подтверждения эффективности разработанного подхода к балансировке мощностей и метода проведения диагностического теста с применением энтропийных ВР разработаны несколько планов экспериментов.

Первый план рассчитан на проверку точности прогнозирования последующего значения. В рамках эксперимента была проверена точность прогнозирования ВР с помощью разработанного алгоритма по отношению к точности прогнозирования существующими методами прогнозирования.

Второй план разработан для проверки корректности диагностического теста. Была подтверждена способность алгоритма находить аномальные участки ВР и качество поиска аномалий.

Третий план – апробация созданных алгоритмов балансировки производственных мощностей на предприятии филиал ПАО «Ил» – Авиа-стар

Для первого эксперимента использовались ВР с международного соревнования CIF 2015. Данный набор был выбран из-за большого разнообразия ВР, представленных в наборе данных, а также широкого применения набора в качестве рядов для проверки точности. Прогнозировалось 5 точек временного ряда, для лучшего определения качества прогнозирования. На слайде представлена таблица с результатами оценки погрешности прогнозирования значения ВР.

Для оценки применимости алгоритмов выявления аномалий через ЭнВР в диагностике ТС был проведен следующий эксперимент. В эксперименте была рассмотрена задача оценки технического состояния механических узлов и агрегатов с целью снижения вероятности возникновения нештатных ситуаций. В ходе эксперимента использованы ВР и экспертные оценки по рядам для узлов и агрегатов вертолетов, имеющиеся в наличии и функционально соответствующие принципам работы элементов станков и оборудования предприятия.

Было проанализировано 2 элемента:

- главный редуктор;
- силовая установка двигателя.

Для главного редуктора, основным показателем наличия неисправностей будет отклонение величин температуры и давления масла от нормальных значений.

Для силовой установки – температура выхлопных газов, температура масла на входе, давление масла.

С помощью эксперта были составлены паттерны поведения, фиксирующие наличие частых смен состояния показателя, либо наличие скачков смен состояния (когда состояние меняется сразу через несколько диапазонов). Один из паттернов представлен на слайде.

Для эксперимента был рассмотрен ВР показателя давления масла вертолетного двигателя. Проведенный анализ выявил присутствие во ВР ситуаций, описанных в первом паттерне. Найдено 2 таких случая. Даже визуально видно, что имеет место колебательный процесс. И первая ситуация имеет более сложную картину.

Рассмотрим эту ситуацию фрагмента ВР. Визуально по графику ВР выявить эту ситуацию практически невозможно, так как она теряется на фоне большого числа точек наблюдения (рисунок слева). Однако, если рассмотреть график ВР динамики энтропии, то этот участок будет сильно выделяться по сравнению с остальным рядом (рисунок справа). Так как значение энтропии в этих точках имеет большой разброс значений, то данному участку следует уделить особое внимание при анализе исходного ВР.

Было проанализировано 24 ВР. Результаты работы сравнивались с результатами эксперта. Отличие было выявлено для одного ВР (эксперт по результату анализа ВР отнес ТС к неисправным, а система к включению в ППР).

Третий план экспериментов связан с подсистемой балансировки мощностей. Первым экспериментом выполняется проверка сокращения времени выполнения операции расчета мощностей предприятия и их балансировки. Для этого эксперт выполнил с замером времени операцию расчета мощностей предприятия имеющимися на данный момент инструментами на предприятии и с помощью разработанной подсистемы балансировки.

В целом по предприятию процесс расчета мощностей предприятия и формирования рекомендаций по устранению нехваток мощностей занимает несколько дней. Внедрение новой подсистемы позволит сократить данный процесс до нескольких часов.

Таким образом, разработанная архитектура и реализованная подсистема позволяют значительно сократить сроки выполнения операции балансировки мощностей предприятия в задачах автоматизированной технологической подготовки производства.

Отдельно проанализирована возможность прогнозирования состояния оборудования на основе показателей использования оборудования на предприятии. В данном случае, важным показателем будет время, в течение которого тот или иной станок находился на ремонте, так как остальные показатели будут сильно завязаны на технологические процессы предприятия.

Прогнозирование нахождения того или иного станка на ремонте может учитываться при расчете коэффициента использования станка на будущий период.

Также была рассмотрена работа модуля поддержки принятия решений в задаче балансировки производственных мощностей предприятия на примере набора SWRL-правил, представленных во второй главе и ряда индикаторов производственных мощностей.

Допустим, индикаторы имеют следующие значения (представлено на слайде).

Тогда, результат лингвистического резюмирования индикаторов производственных мощностей предприятия будет следующим (представлено на слайде).

В итоге, в качестве рекомендаций по балансировке производственных мощностей будут предоставлены пользователю следующие сведения (представлено на слайде).

Изменение значений индикаторов влияет на итоговые рекомендации. Увеличение значений показателей, как представлено на слайде, ведет к изменению набора рекомендаций.

По итогу проведенного исследования получены следующие результаты: проведен сравнительный анализ методов и средств АТПП и методов анализа временных рядов; разработаны модель и алгоритм балансировки мощностей, математическая модель энтропийного временного ряда, алгоритм прогнозирования, отличающийся применением энтропийного временного ряда, модель и алгоритм выявления аномалий энтропийного временного ряда; модель и алгоритм интерпретации выявляемых аномалий, архитектура программной системы и сама программная система балансировки мощностей, проведены вычислительные эксперименты; результаты исследований внедрены в процесс расчета баланса предприятия АО «Авиастар-СП».

Спасибо за внимание!

Председатель

У кого есть вопросы к соискателю?

Ученый секретарь Совета, д.т.н., доцент, Наместников А.М.

Цель обозначена как «сокращение сроков автоматизированной технологической подготовки производства». В конкретном расчете достигнуто сокращение сроков в 8 раз. Такое серьезное сокращение

произошло за счет автоматизации? Какая доля в сокращении сроков технологической подготовки относится именно к Вашей работе?

Соискатель

Введение онтологии базы знаний позволило сократить время ввода производственных программ и данных, на которое приходится значительная доля времени. До этого этот процесс осуществлялся в ручном режиме и занимал много времени. Тратилось по несколько часов на ввод одной программы, а их было несколько. Время сократилось до нескольких минут за счет автоматизированного извлечения данных из существующих информационных систем предприятия.

Ученый секретарь Совета, д.т.н., доцент, Наместников А.М.

Если исключить использование онтологии для извлечения данных из информационных систем предприятия, в чем еще было достигнуто сокращение сроков? Таких экспериментов не проводилось, но оценочно, что можете сказать?

Соискатель

Было достигнуто сокращение сроков непосредственно расчета баланса мощностей, а также сокращение сроков формирования рекомендаций по устранению дефицита мощностей. В существующей версии требуется эксперт для формирования рекомендаций, а в новом подходе используется так же онтологический подход.

Ученый секретарь Совета, д.т.н., доцент, Наместников А.М.

Онтологический подход наибольшее влияние оказывает на решение задачи формирования рекомендаций?

Соискатель

Если говорить про онтологический подход, то да. Одна онтология используется для извлечения данных, вторая онтология для формирования рекомендаций.

Ученый секретарь Совета, д.т.н., доцент, Наместников А.М.

Что означает математический символ \oplus в формуле онтологической модели базы знаний?

Соискатель

Это знак объединения мета-онтологии, онтологий баз данных информационных систем предприятия и множества функций интерпретации.

Ученый секретарь Совета, д.т.н., доцент, Наместников А.М.

В модели онтологии базы знаний указано, что множество функций интерпретации, реализовано алгоритмически? В модели онтологии поддержки принятия решений можно заметить, что функция интерпретации задана множеством правил на языке SWRL. Можно использовать внут-

ренные механизмы машинного логического вывода. А в чем заключается реализация алгоритмически?

Соискатель

Для извлечения данных из баз данных предприятия на основе онтологий этих баз данных формируются запросы на языке SQL.

Ученый секретарь Совета, д.т.н., доцент, Наместников А.М.

Это сделано для того, чтобы можно было работать с внешней информацией, которой нет в онтологии, но она требуется для последующего логического вывода?

Соискатель

Да.

Член Совета, д.т.н., профессор, Дьяков И.Ф.

Вы занимались уже существующей автоматизированной технологической подготовкой производства, рассматривали сокращение сроков автоматизированной подготовки и использовали для достижения цели временные ряды. Было ли обоснование, что применение временных рядов лучше, чем применение, скажем, нейронных сетей для прогнозирования? Потому что на данный момент считается, что нейронные сети более точны для решения этих задач.

Соискатель

В нашем распоряжении были временные ряды показателей предприятия, и процесс балансировки мощностей требуется на период вперед. Поэтому использовались временные ряды для извлечения информации.

Член Совета, д.т.н., профессор, Дьяков И.Ф.

В нейронных сетях также возможно прогнозирование на период вперед.

Соискатель

Возможно, но в данном случае было решение в пользу использования временных рядов.

Член Совета, д.т.н., профессор, Дьяков И.Ф.

Было отдано предпочтение временным рядам?

Соискатель

Да.

Член Совета, д.т.н., профессор, Ташлинский А.Г.

Почему в методе прогнозирования временного ряда с применением энтропийного временного ряда предполагается равноточный вес прогноза, полученного от какого-то существующего метода прогнозирования и вес прогноза, полученного через динамику энтропии? Не пробовали ли брать иные соотношения весов прогнозов, и почему было решено остановиться именно на таком соотношении?

Соискатель

Энтропия – это характеристика временного ряда и через прогноз энтропии идет прогнозирование поведения временного ряда. И в данном случае подходит усредненное значение. Эксперименты не проводились.

Член Совета, д.т.н., профессор, Ташлинский А.Г.

Возможно Вы исходили из каких-то своих внутренних предположения?

Соискатель

Исходили из предположения, что равнозначны.

Член Совета, д.т.н., профессор, Ташлинский А.Г.

Методы прогнозирования могли быть разные, и такое предположение не очевидно.

Соискатель

Был проведен эксперимент для разных методов, они давали разное отклонение, в некоторых случаях, когда выбирался простой метод прогнозирования (например, экспоненциальное сглаживание), его точность была очень мала и прогноз через энтропию был гораздо точнее. Но это далеко не всегда.

Член Совета, д.т.н., профессор, Ташлинский А.Г.

Информационная составляющая разных методов разная, и все же Вы делаете такое предположение.

Соискатель

Оно исходит из того, что на разных типах временных рядов разные методы прогнозирования будут давать разные результаты. И, так как временные ряды предприятия имеют разные типы, установить какое-то определенное отношение между прогнозами не представляется возможным.

Член Совета, д.т.н., профессор, Гладких А.А.

Дайте определение понятию «динамика энтропийной точки».

Соискатель

Под динамкой энтропийной точки понимается разность значений энтропий в двух соседних точках ряда. При этом важным является принадлежность точек к нечетким интервалам, в зависимости от этого формула расчета будет разной.

Член Совета, д.т.н., профессор, Гладких А.А.

Многие авиационные предприятия имеют автоматизированные системы проектирования. В их работе часто используется морфологический синтез, матрицы инцидентности. В какой степени Ваша работа может учитывать наработанные на предприятиях алгоритмы работы?

Соискатель

Во-первых, я анализировал, включена ли в набор функций автоматизированных систем проектирования предприятия возможность расчета мощностей предприятия, и в каком виде там представлен расчет. Также предлагаемая методика использует для расчетов временные ряды, которые до данного момента не использовались в этих задачах.

Зам. председателя Совета, д.т.н., доцент, Киселев С.К.

Как связаны задачи балансировки мощностей предприятия и задачи прогнозирования технического состояния объектов?

Соискатель

Технологический паспорт включает оборудование предприятия. Так как задача балансировки мощностей выполняется на будущий период (на 5 лет вперед), то необходимо иметь сведения об оборудовании, которое может быть задействовано в производстве на этот период. Для этого необходимо производить диагностику, чтобы понимать, можно ли использовать то или иное оборудование в производственном процессе.

Зам. председателя Совета, д.т.н., доцент, Киселев С.К.

Были перенесены результаты по прогнозированию технического состояния вертолетных двигателей на станочное оборудование. Было заявлено, что есть определенная схожесть между этими техническими системами.

Соискатель

Узлы вертолетного двигателя по принципам своей работы имеют сходство с узлами оборудования, имеют схожие параметры, по показаниям которых определяется исправность или неисправность элементов.

Зам. председателя Совета, д.т.н., доцент, Киселев С.К.

Было ли проведено сравнение по временным характеристикам? Все-таки, вертолетные двигатели работают в более экстремальных режимах.

Соискатель

Исходя из заданных диапазонов работы показателей.

Зам. председателя Совета, д.т.н., доцент, Киселев С.К.

Диапазонов чего?

Соискатель

Параметров.

Зам. председателя Совета, д.т.н., доцент, Киселев С.К.

Каких параметров?

Соискатель

Например, параметров главного редуктора, температура масла и давление масла. Исходя из этих показателей определяются режимы работы. Каждый из режимов можно соотнести с нечетким термином, и переход между этими режимами позволяет судить об исправности (на что ориентирован предлагаемый алгоритм поиска аномалий). Далее по найденным цепочкам элементарных паттернов определяются аномалии, и далее с помощью онтологий и SWRL-правил определяется, есть ли дефект в узле или выдаются рекомендации по включению в ППР.

Зам. председателя Совета, д.т.н., доцент, Киселев С.К.

Данные по вертолетным двигателям были получены на основании одного полета? Или это данные, полученные в разных полетах, длительного времени эксплуатации (месяца, года)?

Соискатель

Данные ряды получены в ходе диагностических испытаний этих двигателей.

Зам. председателя Совета, д.т.н., доцент, Киселев С.К.

А по времени это сколько занимало?

Соискатель

Это был короткий промежуток.

Ученый секретарь Совета, д.т.н., доцент, Наместников А.М.

Временной интервал измерялся в минутах, часах, днях?

Соискатель

Часы, либо минуты для разных параметров.

Зам. председателя Совета, д.т.н., доцент, Киселев С.К.

Станок работает продолжительные интервалы времени. Насколько правомочен перенос результатов, полученных за короткий интервал исследований?

Соискатель

В данном случае можно настроить алгоритм так, что он будет анализировать новые поступающие данные непрерывно. Как только находится цепочка, информация тут же передается далее на блок анализа.

Ученый секретарь Совета, д.т.н., доцент, Наместников А.М.

Насколько важна особенность технологической подготовки авиастроительного производства – мелкосерийность для целей работы?

Соискатель

При мелкосерийном производстве следующее изделие даже того же типа, что и только что произведенное, может строится по иной технологии (новые материалы, новые технологические процессы).

Ученый секретарь Совета, д.т.н., доцент, Наместников А.М.

Если вместо мелкосерийного производства будет крупносерийное, разработанные модели будут неприменимы? Насколько критичен этот пункт для разработанных моделей и алгоритмов? Есть ли что-то в моделях, что отражает факт мелкосерийности?

Соискатель

Для крупносерийного производства потребуется больше оборудования. Более частый перерасчет баланса мощностей, если вводятся какие-то изменения. В самой модели изменений не будет.

Председатель

Есть еще вопросы? (Нет).

Председатель

У кого есть вопросы к соискателю? У членов совета, подключившихся дистанционно? (Нет).

Согласны ли члены Совета сделать технический перерыв? (Нет).
Тогда продолжаем работу.

Слово предоставляется научному руководителю работы **д.т.н., профессору Ярушкиной Н.Г.**

Научный руководитель, д.т.н., профессор, Ярушкина Н.Г.

Уважаемые коллеги, Евгений работает на кафедре «Информационные системы» продолжительное время. Он – старший преподаватель и выполняет большую работу со студентами, причем эта работа со студентами ему неизменно удается. Он выполняет функцию не только преподавателя, но и очень часто координатора многих учебных процессов.

Не менее важно, что, работая на кафедре он достаточно длительное время является исполнителем очень многих научных работ, и в ту работу, которую он сегодня докладывал, собрались результаты его научной деятельности по ряду направлений. Он работал по гранту РФФИ и один грант РФФИ непосредственно выполнял, как руководитель. Это была завершающая стадия его подготовки как исследователя.

Он был участником большой работы для «Авиастара» (сейчас филиал ПАО «Ил» -Авиастар) по решению задач автоматизации технологической подготовки производства. И именно тогда стало очевидно, что очень важна задача балансировки мощностей для технологической подготовки производства. Потому что, если директивные технологические процессы становятся рабочими, то сразу предприятие получает маршрутные карты, расцеховки, циклограммы и т.д. И эта работа для предприятия была постоянной, каждодневной. На предприятие постоянно поступали задачи, например, «можете ли вы взять производство подкрылок на базе существующей производственной программы, которую никто не отменял?». И этот ответ на вопрос нужно найти. От этого возникает вопрос, будет ли достаточно оборудования, какая понадобится оснастка, какие нужно подготовить технологические процессы, есть ли рабочие. Такого рода моделирование может выполняться достаточно часто.

Во-вторых, фактически к самолету идут десятки тысяч изменений, которые связаны с технологией. И в настоящее время такая полная инфраструктура поддержки отрасли, как, например, работа научно-исследовательского института авиационных технологий (АО НИАТ) (филиал такого института находится и в нашем городе) не является достаточно масштабной, чтобы успевать с точки зрения методик. Поэтому нормативные коэффициенты, которые зашиты в стандартные расчеты, были заложены еще в 70-80 годы прошлого века. Поэтому реальные коэффициенты с точки зрения обрабатывающих центров, современного оборудования, они либо отсутствуют, либо вводятся и корректируются опытным путем. В работе было предложено использовать накопленный опыт эксплуатации оборудования, который прописан в базах данных, чтобы эти методики сделать актуальными. И здесь возникла связка временных рядов и конкретной задачи. Очень хорошо, что у Евгения к тому времени были наработки, которые были связаны с энтропийными временными рядами. И ему удалось удачно применить эти результаты к этой задаче.

Разумеется, коллеги, вы абсолютно правильно заметили, что основное преимущество, связанное с сокращением сроков будет связано

с интеграцией баз данных. Потому что интеграция баз данных дает основной момент с точки зрения выигрыша по времени. Но и с учетом того, что сама автоматизация самого процесса балансировки мощностей позволила проводить достаточно быстрый режим моделирования, мы считаем, что предприятие получило дополнительные возможности.

Поэтому я могу про Евгения сказать, что в настоящий момент времени он сложился как специалист. И это не скороспелая работа, он долго работал по этой тематике, результаты достаточно хорошо им опубликованы, отточены. Он отличается дотошностью и прямолинейным пониманием всех процессов вплоть до деталей.

Я считаю, что у этой работы есть достаточно серьезные перспективы с точки зрения ее развития. В частности, удалось сопоставить методы энтропийных временных рядов, был предложен новый коэффициент размытости на базе известных коэффициентов размытости, модифицированный для прогнозирования временных рядов. В этих результатах есть потенциал развития не только по технологической подготовке авиастроительного производства, но и в других отраслях.

Спасибо.

(Отзыв прилагается).

Член Совета, д.т.н., профессор Клячкин В.Н.

А что же он так долго шел к защите? 35 лет соискателю

Научный руководитель, д.т.н., профессор, Ярушкина Н.Г.

Евгений Николаевич работает тщательно, не торопясь, скороспелых результатов не предоставляет. Это его стиль. Я предпринимала усилия, чтобы это свершилось ранее, но свершилось, когда свершилось.

Председатель

Ученому секретарю Совета предоставляется слово для оглашения заключения организации, где выполнялась работа и отзыва ведущей организации.

Ученый секретарь

Уважаемые коллеги, заключение Ульяновского государственного технического университета на диссертацию Эгова Евгения Николаевича на тему: «Исследование и разработка моделей и алгоритмов автоматизации технологической подготовки авиастроительного производства на основе энтропийных временных рядов», выполненной на кафедре «Информационные системы», УлГТУ. В заключении отмечается, что автор, Эгов Евгений Николаевич, выполнил исследование методов и алгоритмов автоматизации технологической подготовки авиастроительного производства. Автором точно сформулированы, обозначены и решены задачи исследования, направленные на разработку методов и алгоритмов расчета баланса мощностей предприятия на основе онтологического подхода и использования прогнозирования временных рядов, реализованных в виде программной системы, позволяющей автоматизировать создание технологической документации технологической подготовки производства.

Отмечается цель диссертационного исследования, перечисляются задачи исследования, формулировка которых представлена в заключении. Объектом исследования является производственно-технологическая модель на примере агрегатно-сборочного производства самолетостроительного предприятия в условиях мультипродуктовой производственной программы. Предметом исследования является модели и алгоритмы балансировки мощностей предприятия на основе онтологического подхода и использования прогнозирования временных рядов.

В заключении отмечаются положения научной новизны, которые сформулированы автором.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в разработке программной системы балансировки мощностей на основе прогнозирования временных рядов в автоматизированной технологической подготовке производства, включающей функционал прогнозирования коэффициентов для расчета баланса мощностей предприятия. Программная система используется в процессе автоматизированной технологической подготовки производства АО «Авиастар-СП» (в настоящее время – филиал ПАО ИЛ – Авиастар).

Отмечается апробация результатов исследования, перечисляются конференции, где представлялись результаты диссертационного исследования.

Отмечается, что основные результаты, полученные в диссертационном исследовании, соответствуют следующим пунктам специальности паспорта специальности 05.13.12 – «Системы автоматизации проектирования (информационные технологии и промышленность)». А именно, пункт 2 – разработка научных основ создания систем автоматизации проектирования и автоматизации технологической подготовки производства (САПР и АСТПП) и пункту 3 – разработка научных основ построения средств САПР, разработка и исследование моделей, алгоритмов и методов для синтеза и анализа проектных решений, включая конструкторские и технологические решения в САПР и АСТПП.

Отмечается личный вклад соискателя. Представленные в данной работе результаты получены автором самостоятельно. Подготовка к публикации некоторых результатов проводилась совместно с соавторами, причем вклад диссертанта был определяющим.

В заключении отмечается, что, исходя из вышеизложенного, следует считать, что работа Эгова Евгения Николаевича выполнена на важную научно-техническую тему, является актуальной, представляет собой законченное научное исследование и решает поставленные задачи в полном объеме.

Диссертация Эгова Евгения Николаевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – «Системы автоматизации проектирования (информационные технологии и промышленность)».

Заключение принято на заседании Научно-технического совета факультета информационных систем и технологий (ФИСТ) УлГТУ.

Присутствовали на заседании 13 чел. Результаты голосования: «за» – 13 чел., «против» – 0 чел., «воздержались» – 0 чел., протокол №11 от 10 июня 2022 г.

Подписано заключение председателем Научно-технического совета ФИСТ Киселевым Сергеем Константиновичем.

Отзыв ведущей организации от Саратовского государственного технического университета им Ю.А. Гагарина. В отзыве отмечается актуальность темы диссертационного исследования, перечисляются пункты научной новизны результатов диссертации, отмечается значимость для науки и практики, а именно: полученные в диссертации результаты квалифицируются, как новое решение важных прикладных задач автоматизированной технологической подготовки авиастроительного производства.

Практическую ценность работы составляет программная система балансировки мощностей на основе прогнозирования временных рядов в автоматизированной технологической подготовке производства, включающая функционал прогнозирования коэффициентов для расчета баланса мощностей предприятия.

Программная система используется в процессе автоматизированной технологической подготовки производства филиала ПАО «Ил» – Авиастар, г. Ульяновск.

Отмечаются рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации, а именно: полученные в ходе диссертационных исследований результаты можно рекомендовать к использованию на практике для решения задач автоматизированной технологической подготовки производства, в частности: технологическое планирование цехов основного производства на основе решения задачи балансировки мощностей; технологическая проработка технологической документации; планирование, проектирование, изготовление и планово-предупредительный ремонт оборудования и технологической оснастки на основе диагностики технического состояния; управление технологической документацией.

Отмечаются, что достоверность результатов, полученных в ходе выполнения диссертационного исследования, обеспечивается корректными постановками задач, результатами проведенных вычислительных экспериментов и их анализом, а также подтверждается результатами проверки работоспособности разработанных моделей, методов и программных систем при автоматизированном формировании технологической подготовки авиастроительного производства.

Отмечается соответствие требованиям по выполнению, оформлению и апробации диссертационной работы.

В заключении отзыва ведущей организации отмечается, что основные результаты достаточно полно изложены в 20 работах по теме диссертации. Отмечается перечень конференций, где докладывались основные результаты работы диссертационного исследования. Результаты исследования реализованы в процессе автоматизированной технологической подготовки производства филиала ПАО «Ил» – Авиастар.

Автореферат соответствует установленным стандартам, полно отражает содержание диссертации.

Отмечаются следующие замечания:

1. Один из результатов диссертационной работы базируется на использовании онтологического подхода для интеграции данных в ходе автоматизированной технологической подготовки производства. В тоже время широко известны другие модели представления знаний: продукционная модель, фреймовая модель и т.д. В работе не представлен сравнительный анализ альтернативных моделей представления знаний интеграции данных.
2. Представленный во второй главе диссертации коэффициент размытости (коэффициент энтропии) построен как расстояние между

исходным нечетким множеством и его дополнением. Известны и другие подходы к построению энтропии нечеткого множества, однако в работе не обосновывается выбор построения степени неопределенности нечеткого множества.

3. На странице 62 текста диссертации приводится формула (2.2), описывающая типы производственных мощностей технологического оснащения, но переменная P_x , не поясняется.
4. Из текста диссертации не понятно, для каких именно типов временных рядов производственных показателей эффективен предложенный алгоритм прогнозирования.
5. Приведенные в приложении В результаты в форме числовых таблиц результатов экспериментов мало информативны, но составляют значительный объем диссертации – 29 страниц.
6. В работе присутствуют отдельные стилистические неточности и опечатки. Имеются недостатки оформления формул. Текст перегружен аббревиатурами.

Отмеченные недостатки носят частный характер и, по нашему мнению, не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Эгова Евгения Николаевича.

Выводы. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные в диссертации, представляют собой новое решение важных прикладных задач автоматизированной технологической подготовки авиастроительного производства.

Работа Эгова Евгения Николаевича является самостоятельным научно-исследовательским трудом, соответствует паспорту специальности 05.13.12, а также требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Эгов Евгений Николаевич, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – Системы автоматизации проектирования (информационные системы и промышленность).

Отзыв ведущей организации о диссертационной работе Эгова Евгения Николаевича, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12, обсужден и утвержден на заседании кафедры «Информационно-коммуникационные системы и программная инженерия» Института прикладных информационных технологий и коммуникаций, Саратовского государственного технического университета имени Гагарина. Протокол №28 от 29 июня 2022 г.

Отзыв составил заведующий кафедрой «Информационно-коммуникационные системы и программная инженерия», заслуженный деятель науки РФ, лауреат премии Президента РФ, член корреспондент РАО, д.т.н., профессор Сытник Александр Александрович.

(Заключение и отзыв прилагаются).

Председатель

На автореферат диссертации поступило 6 отзывов, все они положительные. Согласны ли члены Совета заслушать обзор отзывов или зачитать их полный текст?

Слово для обзора отзывов, поступивших на диссертацию, предоставляется **Ученому секретарю Совета**.

Ученый секретарь

На автореферат поступило 6 отзывов. Все отзывы положительные.

1. Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске. Отзыв подписан профессором кафедры вычислительной техники, д.т.н., профессором **В.В. Борисовым**.

Замечания:

- недостаточно подробное описание процедуры интеграции проектируемой системы с имеющимися информационными системами авиастроительного производства.

2. Институт системной и программной инженерии и информационных технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», г. Зеленоград. Отзыв подписан директором института, д.т.н., профессором **Л.Г. Гагариной**.

Замечания:

- недостаточно подробное описание разработанной программной системы балансировки мощностей;
- отсутствие интерпретации эксперимента по определению дефектов технических систем на основе обнаруженных аномалий во временных рядах показателей этих систем.

3. Южный федеральный университет. Отзыв подписан заведующим кафедрой «Системы автоматизированного проектирования», д.т.н., профессором **В.В. Курейчиком**.

Замечание:

- ограниченность проведенных экспериментов по оценке новых методов прогнозирования и поиска аномалий во временных рядах. В эксперименте по прогнозированию были выбраны всего 3 метода для оценки, а в эксперименте по поиску аномалий отсутствует сравнение предлагаемого метода с существующими методами поиска аномалий во временных рядах.

4. Институт проблем управления сложными системами Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения наук Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИПУСС РАН – СамНЦ РАН), г. Самара. Отзыв подписан главным научным сотрудником лаборатории анализа и моделирования сложных систем, заместителем директора по научной работе, д.т.н., **С.В. Смирновым**.

Замечания:

- не вполне ясны возможности интеграции разработанного комплекса с существующими автоматизированными системами предприятия;
- в рамках проведенного исследования необходимо было произвести отдельный эксперимент для оценки качества результатов процесса балансировки мощностей предприятия.

5. «Уфимский государственный авиационный технический университет» (ФГБОУ ВО «УГАТУ»). Отзыв подписан профессором кафедры вычислительной техники и защиты информации д.т.н., профессором **В.И. Васильевым**.

Замечаний нет.

6. Северо-западный институт управления – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российская академия народного хозяйства и государственной

службы при Президенте Российской Федерации» (СЗИУ РАНХиГС). Отзыв описан профессором кафедры бизнес-информатики, д.ф.-м.н., профессором **А.Л. Тулупьевым**.

Замечания:

- недостаточно подробно прописано обоснование применения энтропийных временных рядов в задаче балансировки мощностей предприятия.

(Отзывы прилагаются).

Председатель

Слово для ответа на замечания по заключению и отзывам предоставляется соискателю.

Соискатель

С замечаниями согласен

Председатель

Поскольку первый оппонент **д.т.н. Ковалев Сергей Михайловича**, к сожалению, сегодня не работает, прошу ученого секретаря зачитать отзыв официального оппонента.

Ученый секретарь

Коллеги, отзыв официального оппонента доктора технических наук Ковалева Сергея Михайловича на диссертационную работу Эгова Евгения Николаевича «Исследование и разработка моделей и алгоритмов автоматизации технологической подготовки авиастроительного производства на основе энтропийных временных рядов».

Актуальность темы диссертационного исследования. Система технологической подготовки производства оказывает существенное влияние на качество изготавливаемой продукции, затрачиваемое время и средства на процесс производства изделий. Автоматизация технологической подготовки производства – динамический процесс, обусловленный постоянным внедрением и изменением различных технологий производства, производственных мощностей, номенклатуры производимой продукции. Применение автоматизированных средств технологической подготовки производства позволяет сократить сроки адаптации производства к изменениям и упростить их внедрение. Поэтому тематика данной диссертации, посвященная исследованию и разработке методов и средств повышения эффективности технологической подготовки самолетостроительного производства на основе учета динамики производства, является актуальной.

Во введении охарактеризована актуальность темы диссертационной работы, определены цель работы, объект и предмет исследования, сформулированы: задачи, научная новизна, теоретическая и практическая ценности, перечислены выносимые на защиту положения.

В первой главе описаны методы, средства и программные решения автоматизированной технологической подготовки производства, методы и средства технической диагностики, в том числе и с применением

временных рядов, классификация дефектов технических систем и аномалий во временных рядах.

В первой главе описаны методы, средства и программные решения автоматизированной технологической подготовки производства, методы и средства технической диагностики, в том числе и с применением временных рядов, классификация дефектов технических систем и аномалий во временных рядах.

Во второй главе описан алгоритм балансировки мощностей, предложена модель балансировки мощностей с применением временных рядов для прогнозирования производственных показателей, архитектура программной системы балансировки мощностей с применением онтологического подхода, представлена модель энтропийного временного ряда, а также алгоритмы прогнозирования и поиска аномалий с применением энтропийных временных рядов.

В третьей главе приводится описание разработанных программной системы балансировки мощностей предприятия на основе онтологического подхода и прогнозирования производственных показателей, а также программной системы диагностики технических систем на основе поиска аномалий во временных рядах показателей этих систем.

В четвертой главе проведены экспериментальные исследования оценки точности алгоритмов прогнозирования и поиска аномалий во временных рядах, а также оценка эффективности от внедрения разработанной программной системы балансировки мощностей на авиастроительном предприятии.

В заключении отражены основные результаты диссертации.

В приложениях представлены акт о внедрении, свидетельства о регистрации ПО и результаты экспериментов по прогнозированию временных рядов.

Отмечается теоретическая значимость, научная новизна и практическая ценность результатов диссертации. Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в разработке новых эффективных моделей и алгоритмов автоматизированной технологической подготовки производства на основе прогнозирования поведения производственно-технологической системы, представленного временными рядами показателей.

Научной новизной обладают следующие результаты диссертации:

1. Модель и алгоритм балансировки мощностей, отличающийся применением алгоритмов прогнозирования временных рядов производственных показателей и онтологий в задачах автоматизированной технологической подготовки авиастроительного производства.
2. Алгоритм поиска аномалий в диагностических временных рядах, отличающийся применением энтропийных временных рядов в задачах автоматизированной технологической подготовки авиастроительного производства.
3. Модель энтропийного временного ряда для задач поиска аномалий и прогнозирования поведения производственно-технологической системы.
4. Алгоритм прогнозирования, отличающийся применением энтропийного временного ряда для задач прогнозирования поведения производственно-технологической системы.
5. Архитектура программной системы балансировки мощностей, отличающаяся применением онтологического подхода и про-

гнозирования временных рядов в автоматизированной технологической подготовке производства.

Практическая ценность результатов диссертационной работы состоит в разработанной программной системе балансировки мощностей на основе прогнозирования временных рядов в автоматизированной технологической подготовке производства, включающая функционал прогнозирования коэффициентов для расчета баланса мощностей предприятия. Программная система используется в процессе автоматизированной технологической подготовки производства филиала ПАО «Ил»-Авиастар (г. Ульяновск).

Все полученные в ходе диссертационного исследования положения, выводы и рекомендации являются обоснованными, базируются на методах анализа временных рядов, теории нечетких систем и мягких вычислений, теории кластеризации, методах онтологического инжиниринга и методах проектирования и разработки программных средств. Достоверность результатов диссертации обеспечивается корректным использованием методов исследования, подтверждена результатами экспериментов и сравнительной оценки итогов внедрения с существующими методами.

Автореферат точно отражает содержание диссертации. Диссертация и автореферат написаны технически грамотным языком.

Основные результаты работы были отражены в 20 статьях, в том числе, в 10 статьях в журналах из Перечня, рекомендованного ВАК РФ, в 5 статьях - в изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science, в 5 статьях - в материалах научных конференций. Было получено 5 свидетельств о государственной регистрации программного обеспечения.

По содержанию и оформлению диссертационной работы имеются следующие замечания:

1. Автор разработал онтологическое представление модели данных информационного обеспечения информационной системы предприятия - формула 2.4. К сожалению, в диссертации не представлено использование модели 2.4. в процессе интеграции данных при решении задачи балансировки производственных мощностей в задаче автоматизированной технологической подготовки производства.
2. В основу энтропийного временного ряда положен коэффициент размытия, полученный на основе расстояния между множеством и его дополнением, но обоснование выбора не приведено.
3. Приложение В диссертации представляет собой числовую таблицу значительного размера (с. 221-250), которая является избыточной.
4. В диссертации приведены рисунки диаграмм, которые очень плохо читаются из-за неудачного выбора шрифта и фона диаграммы, в частности: рис. 3.12, рис. 3.13, рис. 3.14.
5. Встречаются отдельные неудачные выражения, орфографические ошибки и опечатки, в частности:
С. 96 - «иначе значит прогнозная точка будет располагаться.»;
С. 67 - «Для получения итогового КЗО полученное значение ППчч переводят из ч/ч в станко-часы, деля на коэффициент КПчч-сч...» и др.

Указанные замечания не носят принципиального характера и не влияют на положительное мнение официального оппонента о ней в целом.

Содержание диссертационной работы соответствует формуле и пунктам области исследования Паспорта специальности 05.13.12 – «Системы автоматизации проектирования (информационные технологии и промышленность)», а именно пунктам 2 «Разработка научных основ создания систем автоматизации проектирования и автоматизации технологической подготовки производства (САПР и АСТПП)» и 3 «Разработка научных основ построения средств САПР, разработка и исследование моделей, алгоритмов и методов для синтеза и анализа проектных решений, включая конструкторские и технологические решения в САПР и АСТПП».

Диссертация Эгова Евгения Николаевича является самостоятельно выполненной, завершённой научно-квалификационной работой. Цель диссертации достигнута. Новые научные и практические результаты, полученные Эговым Евгением Николаевичем, имеют существенное значение для науки и практики автоматизированной технологической подготовки авиастроительного производства.

По содержанию и полученным результатам данная диссертация удовлетворяет критериям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Эгов Евгений Николаевич заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12.

Официальный оппонент Ковалев Сергей Михайлович, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте», ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения».

(Отзыв прилагается).

Председатель

Соискателю предоставляется слово для ответа на замечания оппонента.

Соискатель

С замечаниями согласен

Председатель

Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту – **к.т.н. Цыганкову Денису Эдуардовичу.**

Уважаемые члены диссертационного совета, уже было много сказано и обсуждено, поэтому, с вашего разрешения, отзыв не будет зачитан целиком. Прежде всего хочу отметить, что мне диссертационная работа Эгова Евгения Николаевича понравилась, в нее я смог вникнуть с первого раза. В последствии сформировались вопросы, на которые соискатель смог ответить, тем самым размыть сомнения. Но без замечания не обошлось. С вашего позволения, я их зачитаю:

1. В рамках разработанной модели балансировки производственных мощностей (страница 62, формула 2.1) не учитываются

возможные альтернативные технологические процессы, отличающиеся набором и типом используемого оборудования с целью оптимизации общей загруженности. Впрочем, такая глобальная задача может представлять основу для отдельного исследования.

2. Не описан способ различия конструктивных и производственных дефектов при интерпретации спрогнозированных аномалий энтропийного временного ряда (раздел 2.7, страницы 105-108) при наличии паттерна «состояние неопределенности», свойственного обоим типам дефектов.
3. В результатах анализа сокращения временных затрат на выполнение операции балансировки мощностей предприятия (страница 177, таблица 4.13) не ясно, чем вызвана разница в 2-4 раза в затрачиваемых временных ресурсах на выполнение задачи «ввод показателей» между системой MS Excel и разработанной подсистемой балансировки мощностей. При этом автор отмечает, что в обоих случаях преобладает ручной способ ввода данных.
4. Для повышения информативности не хватает комментария относительно полученных результатов экспериментов прогнозирования временных рядов, представленных в Приложении В (страницы 221-250), так как по ним можно судить только о симметричной средней абсолютной процентной ошибке для различных методов.
5. В разделе 3.4 (страницы 122-125) недостаточно подробно представлены экранные снимки разработанного программного обеспечения (в том числе в процессе работы).
6. В тексте диссертации присутствуют грамматические и орфографические ошибки.

Важно отметить, что указанные замечания носят частный характер и не снижают научную и практическую ценность диссертационной работы.

Отдельно хочется сказать, что очень импонируют знания соискателя в области технологической подготовки производства и наш диалог велся на равных, его оперирование терминами очень мне понравилось и диалог состоялся.

В заключении хочу сказать, что также считаю, что Евгений Николаевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – «Системы автоматизации проектирования (информационные технологии и промышленность)».

Спасибо за внимание.

(Отзыв прилагается).

Председатель

Слово для ответа на замечания оппонента предоставляется соискателю.

Соискатель

С замечаниями согласен

Председатель

Кто хочет выступить по диссертационной работе?

Ученый секретарь Совета, д.т.н., доцент, Наместников А.М.

Уважаемые коллеги, я хорошо знаком с данной диссертационной работой. Фактически, работа над диссертацией развивалась на моих глазах на кафедре «Информационные системы». Работа была длительной, фактически с 2014 года, как только Евгений Николаевич начал задумываться об аспирантуре, эта работа уже начиналась. Вопрос, почему эта работа не была защищена ранее? Я для себя такой ответ отметил, что, во-первых, были хозяйственные договорные работы, в том числе и с предприятием «Авиастар СП», выполнялись работы по грантам, и было бы странно завершать диссертацию, не выполнив вышеперечисленные работы. Все те результаты, которые были получены, как в рамках грантов, так и в рамках хоз. договорных работ легли в основу данной диссертационной работы. Мне эта работа очень нравится потому, что здесь, на мой взгляд, очень удачное пересечение образовалось между теми научными интересами, которые имеют место на кафедре и лично у Евгения Николаевича и теми потребностями, которые возникли на предприятии филиал ПАО «Ил» – Авиастар. И это удачное пересечение и позволило нам сегодня убедиться в том, что результаты диссертационной работы получились, и они мне нравятся. Я буду голосовать «за». Спасибо.

Член Совета, д.т.н., профессор, Ташлинский А.Г.

Временной ряд, в том числе и прогнозный, на разных интервалах имеет разную степень информативности. И подход, заложенный в основу работы, учитывающий при анализе ряда и его динамики информативность на заданном отрезке мне представляется перспективным. Я думаю, что со временем будут разработаны в рамках этой школы (может быть и соискателем) критерии оптимальности взвешенных этих составляющих, может иные суммы. Понятно, что эти критерии будут предметно-ориентированные для разных предметных областей. Для меня очевидно, что квалификация соискателя давно назрела, и я буду голосовать «за».

Член Совета, д.т.н., профессор, Гладких А.А.

Мне очень понравилась работа, так как имею возможность провести свежее сравнение, потому что неделю назад в Нижнем Новгороде, в Нижегородском государственном техническом университете я был оппонентом диссертации, посвященной бортовому оборудованию вертолетных систем, которые выпускаются в нашей стране. В данной работе активно продвигался морфологический синтез, который очень схож с тематикой сегодняшней работы. И суть вопроса, который я сегодня задавал, заключалась в том, что насколько возможно внедрить представленные сегодня результаты в те наработки, которые имеются на предприятиях, или же это совсем новое направление, которое требует отдельной разработки. В этом плане, имеется недостаток. Но работа очень хорошая, своевременная, и я поддерживаю эту работу, прошу поддержать ее членов совета. Я буду голосовать «за». Спасибо.

Председатель

Есть ли желающие выступить среди подключенных членов совета?

Член Совета, д.т.н., доцент, Негода В.Н.

Я хочу пару вещей сказать в дополнение. Во-первых, к словам руководителя. Дело в том, что Евгений учился на нашей кафедре и в бакалавриате, и в магистратуре. И по тем дисциплинам, по которым я с ним пересекался, я обнаружил очень ответственное отношение к делу, и это обстоятельство в какой-то мере повлияло на затянувшееся исследование. Второе обстоятельство объективное, связанное с тематикой. Дело в том, что я знаком с аномалиями во временных рядах по работам вокруг сетевого трафика. Там обнаружение самых разных атак на сервера. И статистические методы (их ведь большое множество), к которым относится и энтропия, очень активно используются и исследуются в задачах анализа сетевого трафика, курсов акций и температур (например, аномальные погодные окна). Но исследуемая в рамках диссертации предметная область лежит в стороне от этого, потому что источники временных рядов в перечисленных мной областях выдают большое количество данных, и там для исследователей очень большой простор для сравнительного анализа, использования разных пакетов. А вот в исследуемой области не такой мощный источник данных, что затрудняет работу. И это делает эту работу более инерционной. Поэтому я считаю, что длительность работы связана во многом с этим обстоятельством. Это объективная сложность применения в этой предметной области. Я буду голосовать «за».

Председатель

Кто еще хочет выступить? Нет желающих?

Соискателю предоставляется заключительное слово.

Соискатель

В первую очередь, я бы хотел поблагодарить своего научного руководителя за потраченное время, силы, терпение. Также слова благодарности хочу высказать оппонентам, Сергею Михайловичу, Денису Эдуардовичу, за согласие оппонировать, за отзывы. Также я благодарен коллегам с кафедры за помощь и в процессе выполнения исследования, и в процессе подготовки к защите. А также совету за вопросы, замечания, оценку работы. Всем спасибо.

Председатель

Переходим к голосованию. Прошу ученого секретаря организовать голосование.

Ученый секретарь организует голосование.

Председатель

Прошу ученого секретаря озвучить результаты тайного голосования.

Ученый секретарь

Оглашает итоги тайного голосования.
(Протокол тайного голосования прилагается).

Председатель

Прошу проголосовать за утверждение протокола тайного голосования.

Кто за? (Все)

Кто против? (Нет).

Кто воздержался? (Нет).

Протокол утверждается.

Таким образом, на основании результатов тайного голосования (за - 17 , против - нет) диссертационный совет Д212.277.04 при Ульяновском государственном техническом университете признает, что диссертация **Эгова Е.Н.** содержит новые решения в исследовании и разработке моделей и алгоритмов автоматизации технологической подготовки авиастроительного производства на основе энтропийных временных рядов, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п.9 "Положения" ВАК), и присуждает **Эгову Евгению Николаевичу** ученую степень кандидата технических наук по специальностям **05.13.12.**

Председатель

У членов Совета имеется проект заключения по диссертации **Эгова Е.Н.** Есть предложение принять его за основу. Нет возражений? (Нет). Принимается.

Какие будут замечания, дополнения к проекту заключения?

(Обсуждение проекта) .

Председатель

Есть предложение принять заключение в целом с учетом редакционных замечаний. Нет возражений? Принимается единогласно.

Заключение объявляется соискателю.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.277.04,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФГБОУ ВО «УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от _____ № _____

О присуждении Эгову Евгению Николаевичу (Российская Федерация) ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование и разработка моделей и алгоритмов автоматизации технологической подготовки авиастроительного производства на основе энтропийных временных рядов» по специальности 05.13.12 – Системы автоматизации проектирования (информационные технологии и промышленность) принята к защите 27.06.2022 (протокол заседания № 9) диссертационным советом Д 212.277.04, созданном на базе ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» (432027, г. Ульяновск, ул. Северный венец, д. 32) №678/НК от 18.11.2020.

Соискатель Эгов Евгений Николаевич «16» декабря 1987 года рождения.

В 2014 году соискатель окончил ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», работает старшим преподавателем кафедры «Информационные системы» в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет».

Диссертация выполнена на кафедре «Информационные системы» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет».

Научный руководитель – доктор технических наук, 05.13.12 – Системы автоматизации проектирования (промышленность), Ярушкина Надежда Глебовна, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», ректор, профессор кафедры «Информационные системы».

Официальные оппоненты:

Ковалев Сергей Михайлович, доктор технических наук, 05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации (информатика и вычислительная техника) и 05.13.17 Теоретические основы информатики, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения».

Цыганков Денис Эдуардович, кандидат технических наук, 05.13.12 Системы автоматизации проектирования (промышленность), инженер-конструктор 1-й категории АО «Ульяновский механический завод».

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов в своем положительном отзыве, утвержденном Остроумовым И.Г., доктором химических наук, профессором, проректором по науке и инновациям Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему и, полученные научные результаты которой, представляют собой новое решение важных прикладных задач автоматизированной технологической подготовки авиастроительного производства.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 20 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 15 работ.

Общий объем работ, опубликованных по теме диссертации, 11,5 печатного листа, авторский вклад выше 70%. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой

степени работах. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Анализ временных рядов в задачах управления архивом конструкторской технологической документации / И.А. Тимина, Ю.А. Радионова, Н.Г. Ярушкина, Е.Н. Эгов // Радиотехника. – 2015. – № 6. – С. 83–88.
2. Моделирование процесса технологической подготовки производства на основе онтологического инжиниринга / Н.Г. Ярушкина, В.Н. Негода, Ю.П. Егоров, Е.Н. Эгов [и др.] // Автоматизация процессов управления. – 2017. – № 4(50). – С. 94–100.
3. Ярушкина, Н.Г. Прогнозирование состояния технической системы с применением энтропийных временных рядов / Н.Г. Ярушкина, Е.Н. Эгов // Автоматизация процессов управления. – 2021. – № 4(66). – С. 78–86. – DOI 10.35752/1991-2927-2021-4-66-78-86.
4. Timina, I.A. Project Management on Base Analysis of Fuzzy Time Series of Project Activity Metrics / I.A. Timina, S.K. Kiselev, E.N. Egov // Studies in Fuzziness and Soft Computing. – 2021. – Vol. 393. – P. 553–566. – DOI 10.1007/978-3-030-47124-8_45.
5. The use of the aggregator for choosing the method of forecasting time series / I.A. Timina, E.N. Egov, N.G. Yarushkina, D.V. Yashin // RPC 2018 – Proceedings of the 3rd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications : 3, Vladivostok, 18–25 августа 2018 года. – Vladivostok, 2018. – P. 8482168. – DOI 10.1109/RPC.2018.8482168.

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов, все отзывы положительные:

1. В отзыве профессора кафедры вычислительной техники филиала федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (г. Смоленск), д.т.н., профессора, В.В. Борисова имеется замечание о недостаточно подробном описании процедуры интеграции проектируемой системы с имеющимися информационными системами авиастроительного производства.
2. В отзыве директора Института системной и программной инженерии и информационных технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (г. Зеленоград), д.т.н., профессора Л.Г. Гагариной имеются замечания:
 - а. Недостаточно подробное описание разработанной программной системы балансировки мощностей.
 - б. Отсутствие интерпретации эксперимента по определению дефектов технических систем на основе обнаруженных аномалий во временных рядах показателей этих систем.
3. В отзыве заведующего кафедрой «Системы автоматизированного проектирования» Южного федерального университета (г. Таганрог), д.т.н., профессора В.В. Курейчика имеются замечания об ограниченности проведенных экспериментов по оценке новых методов прогнозирования и поиска аномалий во временных рядах. В эксперименте по прогнозированию были выбраны всего 3 метода для оценки, а в эксперименте по поиску аномалий отсутствует сравнение предлагаемого метода с существующими методами поиска аномалий во временных рядах.

4. В отзыве главного научного сотрудника лаборатории анализа и моделирования сложных систем, заместителя директора по научной работе Института проблем управления сложными системами Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения наук Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИПУСС РАН – СамНЦ РАН) (г. Самара), д.т.н., С.В. Смирнова имеются следующие замечания:
- а. Не вполне ясны возможности интеграции разработанного комплекса с существующими автоматизированными системами предприятия.
 - б. В рамках проведенного исследования необходимо было произвести отдельный эксперимент для оценки качества результатов процесса балансировки мощностей предприятия.
5. В отзыве профессора кафедры вычислительной техники и защиты информации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет» (ФГБОУ ВО «УГАТУ») (г. Уфа), д.т.н., профессора В.И. Васильева указано:
6. Существенных недостатков автореферата диссертационной работы не выявлено.
7. В отзыве профессора кафедры бизнес-информатики СЗИУ РАНХиГС (г. Санкт-Петербург), д.ф.м.н., профессора А.Л. Тулупьева имеется замечание о недостаточно подробно прописанном обосновании применения энтропийных временных рядов в задаче балансировки мощностей предприятия.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетенцией, научными достижениями и наличием публикаций в соответствующей отрасли науки.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана новая научная идея использования прогнозирования временных рядов производственных показателей в задачах автоматизации технологической подготовки производства, учитывающая динамику энтропии временного ряда;
- предложены модель и алгоритмы балансировки производственных мощностей, отличающиеся применением прогнозирования временных рядов производственных показателей и онтологий в задачах автоматизированной технологической подготовки авиастроительного производства на основе оригинальной математической модели энтропийного временного ряда;
- доказана перспективность использования предлагаемых технических решений для автоматизации процессов технологической подготовки авиастроительного производства;
- введены новые понятия энтропийного временного ряда и временного ряда динамики энтропии.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- доказаны положения об эффективности новых моделей и алгоритмов автоматизированной технологической подготовки авиастроительного производства на основе прогнозирования поведения производственно-технологической системы, представленного временными рядами показателей;
- применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) ис-

пользованы методики онтологического моделирования в задачах извлечения значений показателей из баз данных, поддержки принятия решений, методы анализа временных рядов, методики расчета производственных мощностей предприятия в задачах автоматизированной технологической подготовки производства;

- изложены научные положения об эффективных алгоритмах автоматизации технологической подготовки авиастроительного производства на основе энтропийных временных рядов производственных показателей и онтологического моделирования источников данных для решения задач балансировки производственных мощностей и технической диагностики оборудования;
- раскрыты возможности применения прогнозирования и поиска аномалий энтропийных временных рядов в задачах автоматизированной технологической подготовки производства;
- изучены существующие методы и алгоритмы расчета производственных мощностей предприятия для задач автоматизации технологической подготовки производства, методы анализа временных рядов, методы онтологического моделирования;
- проведена модернизация существующих алгоритмов расчета баланса производственных мощностей авиастроительного предприятия.

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

- разработаны и внедрены в промышленную эксплуатацию новые программные средства, позволяющие сократить сроки автоматизированной технологической подготовки производства за счет прогнозирования временных рядов производственных показателей и использования онтологического подхода для извлечения данных в задаче балансировки мощностей в 8 раз;
- определены перспективы использования предложенных моделей и алгоритмов в задачах автоматизированной технологической подготовки производства за счет прогнозирования временных рядов производственных показателей и в задачах поиска дефектов технических систем за счет поиска аномалий в диагностических временных рядах;
- создано программное решение для расчета производственных мощностей авиастроительного предприятия и для диагностики технических систем на основе анализа энтропийных временных рядов показателей системы в процессе автоматизации технологической подготовки производства;
- представлены предложения по дальнейшему совершенствованию автоматизированной технологической подготовки производства на основе использования интеллектуальных технологий, в частности методов онтологического моделирования.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для экспериментальных работ результаты подтверждены вычислительными экспериментами и результатами практического внедрения на предприятии филиал ПАО «Ил» – Авиастар, г. Ульяновск;
- теория построена на известных научных данных, которые в полной мере согласуются с ранее опубликованными данными по теме диссертационного исследования и результатами проведенных экспериментов;
- идея базируется на анализе состояния области автоматизации технологической подготовки производства;

- использованы временные ряды, представленные в международных бенчмарках, для сравнения известных алгоритмов прогнозирования временных рядов с предлагаемым алгоритмом применения энтропийного временного ряда;
- установлено количественное соответствие результатов, полученных автором и существующих алгоритмов прогнозирования временных рядов;
- использованы современные методики оценки эффективности прогнозирования временных рядов на основе международных наборов данных (бенчмарок).

Личный вклад соискателя состоит в: разработке модели балансировки производственных мощностей авиастроительного предприятия, методов и алгоритмов поиска аномалий и прогнозирования временных рядов, разработке математической модели энтропийного временного ряда, планировании экспериментов, в формулировке выводов, апробации и внедрении полученных результатов. Все основные исследования проведены лично автором, либо при его непосредственном участии.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: не рассмотрены возможности интеграции разработанного комплекса с существующими автоматизированными системами предприятия, не приведено обоснование выбора временных рядов по сравнению с другими способами получения коэффициентов.

Соискатель Эгов Е.Н. ответил на замечания, задаваемые ему в ходе заседания вопросы, и привел собственную аргументацию по целесообразности использования прогнозирования временных рядов производственных показателей в задачах автоматизации технологической подготовки производства.

На заседании 21.09.2022 диссертационный совет принял решение: за новые научно обоснованные технические, технологические решения и разработки в автоматизированной технологической подготовке авиастроительного производства присудить Эгову Е.Н. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 4 доктора наук (отдельно по каждой специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 17, против 0.

Защита окончена. Есть ли замечания по процедуре защиты? (Нет).

Поздравляет соискателя с успешной защитой. Благодарит членов совета и всех участников за внимание.

Заседание объявляется закрытым.

Зам. председателя Совета 277.04,
д.т.н., доцент

С.К. Киселев

Ученый секретарь Совета 277.04,
д.т.н., доцент

А.М. Наместников

