

Ларин Сергей Николаевич

**МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
ПОДГОТОВКОЙ ПРОИЗВОДСТВА В ОРГАНИЗАЦИОННО-
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ
ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА**

2.5.22. – «Управление качеством продукции. Стандартизация.
Организация производства»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ульяновский государственный университет»

Научный консультант:

Хаймович Ирина Николаевна, доктор технических наук, профессор; федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»

Официальные оппоненты:

Бром Алла Ефимовна, доктор технических наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», кафедра «Промышленная логистика», профессор;

Киселев Эдуард Валентинович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва», кафедра организации производства и управления качеством, заведующий кафедрой;

Полякова Марина Андреевна, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», кафедра обработки материалов давлением имени М.И. Бояршинова, профессор.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет», г. Иркутск.

Защита состоится 23 декабря 2026 года в 10 часов на заседании диссертационного совета 24.2.379.05 на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» по адресу: 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» и на сайте https://ssau.ru/storage/pages/7015/file_6aa3bd4b368812.98265576.pdf

Автореферат разослан «___» _____ 2026 года

Учёный секретарь
диссертационного совета 24.2.379.05,
доктор технических наук, доцент

Ерисов Я.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Эволюция развития производства изделий авиационной техники представляет собой его развертывание во времени и возрастание по сложности по закону, близкому к экспоненциальному. В настоящее время этот процесс определяется переходом от автоматизации производственных процессов к их интеллектуализации, то есть насыщением новыми производственно-технологическими знаниями, к которым адаптируются средства производства, становясь более совершенными и способными к решению задач, отвечающих требованиям настоящего и ближайшего будущего.

Стандарт ISO:9001 является фундаментом обеспечения постоянных улучшений в системах менеджмента качества, он напрямую формирует запросы на улучшения и обеспечивает интеграцию и наращивание передовых инструментов, определяющих текущий уровень научно-технического прогресса при решении задач в области повышения результативности и эффективности организаций.

Одним из магистральных направлений такого развития является формирование среды, в которой сочетание когнитивной обработки информации со стороны человека, цифровизации объектов производства и использования интеллектуальных технологий задает основу создания «умного производства», которое включает в себя производственную деятельность на базе технологий больших данных, интернет-вещей, нейросетей и использования web-пространства как всемирной онтологической базы, в общем, обеспечивает значимое развитие системы управления организацией и, в частности, управление технологической подготовкой производства.

Формирование такой организационно-технической системы (ОТС) позволяет не только обеспечить развитие существующих производственных мощностей на должном уровне и улучшить оперативное решение возникающих проблем в самые короткие сроки, но и создает прямые предпосылки для перехода в цифровое пространство и обеспечивает быструю трансформацию производства.

В первую очередь, создание таких систем управления должно происходить на этапах технологической, конструкторской и организационной подготовки производства.

Способность решения задач по интеллектуализации и информатизации современного производства определяет эффективность действующих процессов технологической подготовки производства (ТПП), при этом необходимо устранить противоречие в ОТС ТПП.

Это противоречие связано с отсутствием методологического инструментария синхронизации процессов формирования требований, относящихся к продукции и обеспечению предложения на уровнях технологической оптимизации при подготовке производства с учетом вопросов качества и организации производства.

Таким образом, отраслевой научно-технической проблемой является необходимость формирования методологического инструментария, обеспечивающего опережающее развитие инструментов ТПП и максимальное сближение и синхронизацию аспектов формирования технического облика продукции на соответствующей ей производственно-технологической базе.

Научная гипотеза состоит в следующем: чтобы устранить данное противоречие необходимо разработать методологию согласованного взаимодействия между подразделениями в ОТС на основе принятия организационно-технических решений (ОТР) с учетом критериев качества технологических процессов. Создание указанной методологии невозможно без совершенствования теории управления организационными системами и внедрения новых информационных систем в организацию производства.

Степень разработанности темы

Значительный вклад в развитие теории управления организационными системами внесли многие отечественные и зарубежные ученые, в том числе Багриновский К.А., Волкович В.Л., Гермейер Ю.Б., Засканов В.Г., Хаймович И.Н., Ириков В.А., Новиков Д.А.,

Морозов В.М., Гришанов Г.М., Arrow K., Croves T., Hart O., Radner R. и другие. Несмотря на большое число публикаций, посвященных организационным системам и их функционирования и взаимодействия, на сегодняшний день не сформирована методология согласованного взаимодействия процессов в ТПП при принятии организационно-технических решений на основе баз знаний и показателей качества проектирования технологических процессов.

Вместе с тем, совершенствование организации производства в процессе технологической подготовки невозможно без разработки моделей и методов оптимизации бизнес-процессов на основе онтологической теории формирования знаний.

Проблемам внедрения новых информационных систем в организации производства посвящено значительное количество работ. Среди наиболее известных работ, посвященных организации производства и методам проектирования и оценки информационных систем в этой области, следует отметить работы российских ученых: Куликовой Л.Ф., Липаева В.В., Вендрова А.М., Орлова С.А., Зиндера Е.З., Тудера И.Ю., Меламеда А.Я., Журавлева Д.Ю. и др. Среди зарубежных можно выделить работы таких авторов, как Booch G., Yourdon E., Jacobson I., Longstreet D., Boem B., Ganter R. и др. В то же время довольно мало внимания уделяется научно-практическому развитию инженерных инструментов управления, организации производственных систем через разработку баз знаний в области ТПП.

Таким образом, вышеперечисленные проблемы являются актуальными, и их решение имеет особо важное значение для теории и практики организации производства.

Целью исследования является повышение результативности процесса технологической подготовки производства изделий авиационной техники на основе формирования методологии согласованного взаимодействия в организационно-технической системе с учетом улучшения показателей качества технологической документации с использованием онтологического подхода.

Данная цель предполагает решение следующих конкретных **задач исследования**:

- провести анализ и оценку действующих механизмов взаимодействия, сформулировать актуальные проблемы, возникающие в задачах организации процессов технологической подготовки производства, определить направления их совершенствования и выявить роль механизмов согласованного взаимодействия в организационной системе;

- разработать комплекс взаимосвязанных математических моделей принятия решений по выбору оптимизированного технологического процесса конструкторскими, технологическими, производственными и информационными службами;

- выявить и представить в форме математической схемы противоречивые ситуации при организации процессов технологической подготовки производства с учетом показателей качества разработанных технологических процессов;

- сформировать концептуальную модель технологической подготовки производства с детализацией технологических процессов по видам организации производства для разработки базы знаний в данной предметной области, обеспечивающих высокое качество организационно-технических решений;

- разработать методику формирования данных с системой оценивания онтологий для конкретных организационно-технических решений;

- разработать методику выбора источников знаний для оценки экспертов и правил онтологии для согласованного взаимодействия в гибкой информационной системе ОТС ТПП (ГИС ОТС ТПП);

- для анализа и синтеза организационно-технических решений в ОТС ТПП провести систематизацию, формализацию и оптимизацию производственных процессов и их элементов в базе знаний;

- обосновать результативность организации механизмов согласованного взаимодействия и показать практическое их применение к решению задач обеспечения высокой надежности изделия как основной характеристики его качества;

- разработать инновационную методологию, реализующую согласованное взаимодействие между подразделениями в ТПП, основанную на уменьшении энтропии информации.

Область исследования соответствует п. 15 «Научно-практическое развитие инженерных инструментов управления, организации производственных систем, а также баз знаний», п. 18 «Разработка научных, методологических и системотехнических принципов повышения эффективности функционирования и качества организации производственных систем», п. 20 «Анализ и синтез организационно-технических решений. Стандартизация, унификация и типизация производственных процессов и их элементов», п. 13 «Научные основы цифровых, автоматизированных комплексных систем управления производством и качеством работ на базе технических регламентов и стандартов» паспорта специальности 2.5.22.

Объектом исследования является организация процессов технологической подготовки производства промышленных предприятий.

Предметом исследования являются механизмы взаимодействия между службами в процессе функционирования организационной системы.

Научная новизна состоит в следующем: разработана методология согласованного взаимодействия подразделений в процессе технологической подготовки производства, ориентированная на повышение качества технологических процессов.

Новизна включает в себя:

1. Определена концептуальная модель технологической подготовки авиационного предприятия, которая отличается от существующих детализацией элементов по типам производства (п. 15 паспорта специальности 2.5.22).

2. Сформирован онтологический подход для гибкой информационной организационно-технической системы технологической подготовки производства, отличающийся формированием правил онтологии с использованием критериев качества организационно-технических решений в технологической подготовке производства (п. 20 паспорта специальности 2.5.22).

3. Разработана структура организационно-технической системы технологической подготовки производства, включающая в отличие от существующих новую систему показателей качества технологических процессов и создание новых связей через информационный отдел (п. 18 паспорта специальности 2.5.22).

4. Разработан комплекс взаимосвязанных математических моделей согласованного взаимодействия в гибкой информационной организационно-технической системе технологической подготовки производства, обеспечивающих повышение качества технологических процессов, отличающийся от существующих выбором между конструкторскими, технологическими, производственными и информационными службами организационно-технических решений по показателю уменьшения энтропии информации (п. 18 паспорта специальности 2.5.22).

5. Разработана методика формирования данных для гибкой информационной организационно-технической системы технологической подготовки производства, которая отличается от существующих наличием оценки онтологий для конкретных организационно-технических решений (п. 15 паспорта специальности 2.5.22).

6. Разработана методика выбора источников знаний для гибкой информационной организационно-технической системы технологической подготовки производства, которая отличается от существующих наличием оценки экспертов и получением новой информации к нормативной базе технологической подготовки через обнаружение скрытых данных (п. 15 паспорта специальности 2.5.22).

7. Подход к анализу и синтезу организационно-технических решений в гибкой информационной организационно-технической системе технологической подготовки производства с использованием стандартизации, унификации и типизации производственных процессов и их элементов, отличающийся использованием экспертного мнения специалистов всех технологических служб, новым кодификатором технологических

элементов, оптимизацией процессов по времени, стоимости и коэффициенту значимости для разных видов производства (п. 13 паспорта специальности 2.5.22).

Теоретическая значимость работы заключается в развитии научно-методологической базы инструментов сквозного управления ТПП на основе синтеза механизмов согласованного взаимодействия участников ОТС и онтологического подхода. Методологическое обеспечение процессов управления организационно-технической системой решает задачу синхронизации развития процессов проектирования, технологической подготовки и производства с инструментами интеллектуальной поддержки принятия решений, что позволяет распространить полученные результаты на широкий класс машиностроительных и самолетостроительных предприятий.

Практическая ценность работы состоит в создании научно-прикладной методологии, направленной на сквозное управление организационно-технической системой ТПП посредством разработки и реализации комплексных решений, действующих на этапах конструкторской и технологической подготовки, планирования и серийного производства, и развивающих следующие аспекты: интеллектуализацию проектирования маршрутных карт на основе онтологии и прецедентного анализа; обеспечение согласованного взаимодействия конструкторских подразделений (КП), технологических подразделений (ТП), производственных подразделений (ПП) и информационного отдела (ИО) посредством системы целевых функций и стимулирующих воздействий; автоматизированный подбор средств производства и поиск релевантных комплектов технологической документации; формирование шаблонной оснастки на основе библиотек прецедентов.

Положения разработанной методологии для внедрения ГИС ОТС ТПП, оформленные в виде моделей и методов, применялись при разработке организационной системы управления проектным производством на АО «Авиастар-СП» (г. Ульяновск). Применение гибкой онтотехнологической платформы привело к следующим результатам: трудоемкость проектирования шаблонной оснастки снизилась в среднем на 20%, металлоемкость изготовления – на 25 %, в отдельных случаях – на 100%; коэффициент релевантности поиска по шаблонной оснастке варьируется в пределах от 0,6 до 0,85, что подтверждено актом внедрения. Результаты диссертации нашли применение в учебном процессе по подготовке инженеров-технологов и специалистов в области информационных технологий в Ульяновском государственном университете.

Методы исследования. Для решения поставленных в диссертационном исследовании задач использовались: методы теории систем и системного анализа, методы сравнительно-сопоставительного анализа, методы математического моделирования, экспертные методы оценки, теория управления, процессное моделирование и логический анализ, а также реальные экспериментальные исследования, проводимые с целью проверки адекватности теоретических положений.

Положения, выносимые на защиту

1. Методология управления технологической подготовкой производства в организационно-технических системах на основе онтологического подхода, ориентированная на уменьшение энтропии информации.
2. Концептуальная модель технологической подготовки производства с детализацией элементов по типам производства.
3. Онтологический подход для ГИС ОТС ТПП на основе новой стандартизации, унификации и типизации производственных процессов.
4. Математические модели согласованного взаимодействия в ГИС ОТС ТПП, обеспечивающие повышение качества технологических процессов через принятие решений руководителем между конструкторскими, технологическими, производственными и информационными службами по показателю уменьшения энтропии информации.
5. Структура гибкой информационной системы ОТС ТПП, включающая новую систему показателей качества технологических процессов и новых связи через информационный отдел.

6. Методика формирования данных для ГИС ОТС ТПП на основе оценки онтологий для конкретных организационно-технических решений.

7. Методика выбора источников знаний для ГИС ОТС ТПП на основе системы оценки экспертов и новой информации к нормативной базе технологической подготовки производства через обнаружение скрытых данных.

8. Подход к анализу и синтезу организационно-технических решений в ГИС ОТС ТПП с использованием стандартизации, унификации и типизации производственных процессов и их элементов с оптимизацией процессов по времени, стоимости и коэффициенту значимости для разных видов производств.

9. Результаты комплексной апробации и внедрения методологии на предприятиях аэрокосмической отрасли.

Достоверность результатов. Обоснованность и достоверность научных положений и результатов диссертационного исследования обеспечивается анализом подходов к цифровизации процессов за счет согласованности теоретических положений с выводами, полученными при практическом внедрении результатов исследования, а также апробацией основных результатов работы в печатных трудах и докладах на российских и международных

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на международных и всероссийских конференциях, в том числе: IX Междунар. науч.-практ. конф. «Новые научные исследования» (г. Пенза, 2022 г.); 7th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2021), Информатика, моделирование, автоматизация проектирования (ИМАП-2010), Самолетостроение России. Проблемы и перспективы: материалы симпозиума с междунар. участием. Самара, 2012, Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности: материалы Междунар. науч.-практ. конф. 2014, Энергосбережение, информационные технологии и устойчивое развитие: сб. материалов Междунар. интернет-конф. 2014, 14-я Междунар. конф. «Авиация и космонавтика – 2015».

Личный вклад автора. Все результаты диссертационного исследования получены автором самостоятельно, либо под его научным руководством.

В работах, опубликованных в соавторстве, автором определены ключевые направления исследований, проведена постановка задач и выбор методов их решения, проанализированы и интерпретированы результаты, а также написаны работы. В диссертацию включены только те части совместных работ, которые были выполнены автором самостоятельно. Все заимствованные материалы указаны соответствующими ссылками.

Публикации. Основные результаты представлены в 75 научных трудах – 13 публикаций в журналах, рекомендованных ВАК, 4 публикации в иностранных научных изданиях, в том числе цитируемых в системах Scopus, Web of Science, 6 авторское свидетельство на результат интеллектуальной деятельности, 4 монографии и 49 публикаций в других научных изданиях.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы. Работа содержит 322 страниц текста, включая 65 рисунков, 50 таблиц. Список используемой литературы составляет 101 наименование.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность темы диссертации, сформулирована проблема, определены цель и задачи работы, объект и предмет исследования, методы, научная новизна и практическая ценность работы.

Первая глава посвящена анализу состояния и формированию целей и задач в конструкторско-технологической подготовке производства. Проведен анализ организационно-технических систем в машиностроении, методологический анализ принципов работ технологической подготовки производства, анализ систем автоматизации

в ТПП, сформулированы требования и проблемы разработки инструментария для модернизации технологической подготовки производства.

По результатам анализа выявлены проблемы применения онтологий в ТПП и обосновано использование онтологий для обеспечения поддержки технологической подготовки производства. На основе сформулированных задач разработана методология управления технологической подготовкой производства в организационно-технических системах на основе онтологического подхода, ориентированная на уменьшение энтропии информации (рис. 1).

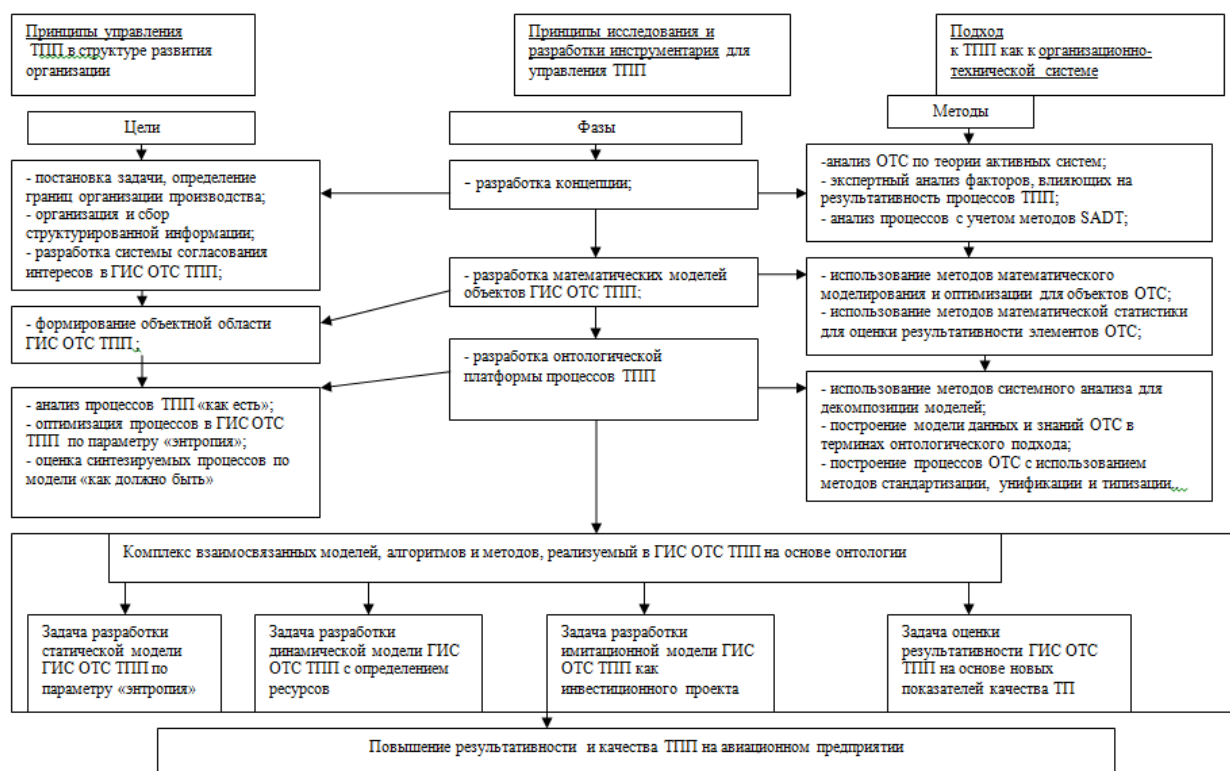


Рисунок 1 – Методология управления технологической подготовкой производства в организационно-технических системах на основе онтологического подхода

Таким образом, в первой главе на основе анализа существующих организационно-технических систем в машиностроении, методологического анализа принципов работ ТПП и анализа систем автоматизации сформулированы основные требования к новой методологии управления технологической подготовкой производства. На основании модели ТПП в нотации IDEF0 обоснована необходимость интеллектуализации ТПП на основе онтологического подхода и введения в организационно-техническую систему нового элемента – информационного отдела, поставлены научно-технические задачи исследования.

Во второй главе выполнен синтез механизмов согласованного взаимодействия в технологической подготовке производства с учетом системы показателей качества.

Структура организационно-технической системы производства полного цикла в дальнейшем называемой гибкой информационной организационно-технической системы технологической подготовки производства (ГИС ОТС ТПП) представляет собой сложную систему управления, включающую разнообразные множества взаимосвязанных и взаимодействующих элементов в пространстве и времени. Эти элементы формируют интегративные свойства системы, которая функционирует для достижения поставленных перед ней целей (рис. 2).

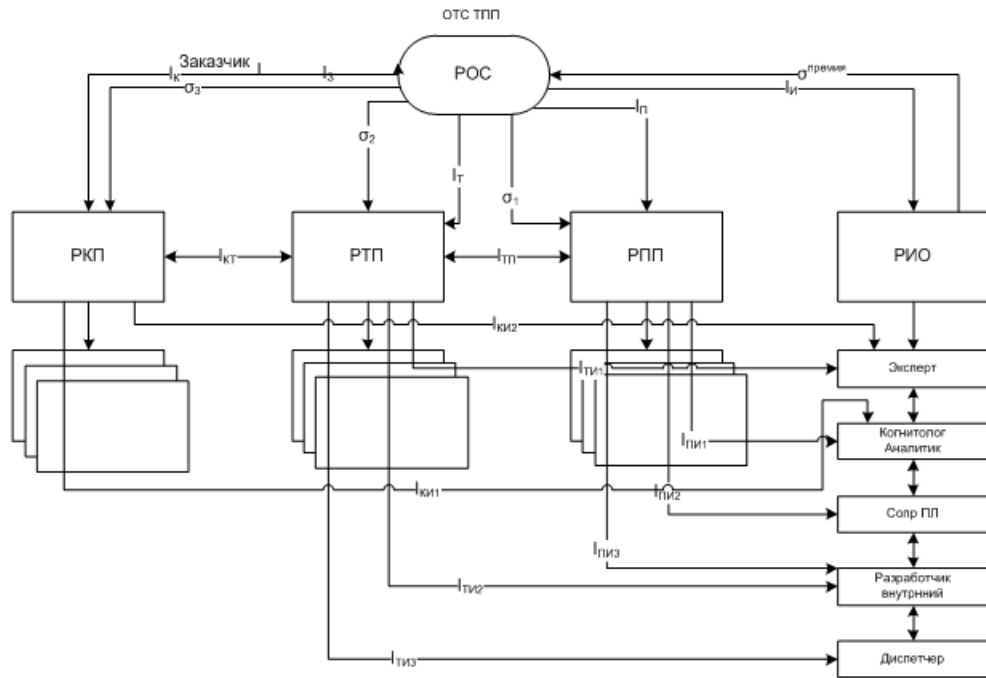


Рисунок 2 – Организационно-техническая система производства полного цикла

В рамках рассматриваемой модели взаимодействия (руководители подразделений, их сотрудники и руководитель организационной системы) анализируем равновесные состояния системы по Нэшу и обосновываем роль руководителя, который выбором параметров организационного механизма взаимодействия в виде оценки показателей качества устанавливает сбалансированное взаимодействие информационных, производственных и функциональных подразделений на основе информационного обмена, побуждая их эффективно управлять деятельностью сотрудников через работу с новым информационным отделом.

В данной системе можно определить целевые функции управляющих элементов: руководителя организационной системы (РОС) (1), руководителя конструкторского подразделения (РКП) (2), руководителя технологического подразделения (РТП) (3), руководителя производственного подразделения (РПП) (4), руководителя информационного отдела (РИО) (5). Целевые функции участников ГИС ОТС ТПП имеют вид:

$$\Phi_o = D(H, y) - \sigma_k(H, \Delta I_k) - \sigma_T(y, \Delta I_T) - \sigma_{II}(y, \Delta I_{II}), \quad (1)$$

$$\Phi_K = \sigma_k(H, \Delta I_k) - \sum_{i=1}^2 \eta_{ik}(\Delta I_{ki}) - \eta_{КТ}(\Delta I_{КТ}), \quad (2)$$

$$\Phi_T = \sigma_T(y, \Delta I_T) - \sum_{i=1}^3 \eta_{iT}(\Delta I_{Ti}) - \eta_{КТ}(\Delta I_{КТ}) - \eta_{ТП}(\Delta I_{ТП}), \quad (3)$$

$$\Phi_{II} = \sigma_{II}(y, \Delta I_{II}) - \sum_{i=1}^3 \eta_{iII}(\Delta I_{IIi}) - \eta_{ТП}(\Delta I_{ТП}), \quad (4)$$

$$\Phi_{II} = \sigma_{II}(p_1) + \sigma_{II}(p_2) + \sigma_{II}(p_3) = \sigma_k(H, \Delta I_k) + \sigma_T(y, \Delta I_T) + \sigma_{II}(y, \Delta I_{II}), \quad (5)$$

где $D(H, y)$ - функция дохода в ГИС ОТС ТПП, $\sigma_k, \sigma_T, \sigma_{II}, \sigma_{II}$ - бюджетные ресурсы подразделений со стороны РОС, $\eta_{ik}, \eta_{iT}, \eta_{iII}$ - функции стимулирования подразделений руководителями за сбалансированное взаимодействие с РИО по поиску документации-аналога, $\eta_{КТ}, \eta_{ТП}$ - функция стимулирования сотрудников подразделений за согласованное взаимодействие между сотрудниками сторонних подразделений, H - качество (надежность) изделия, y - количество выпускаемых изделий, $\Delta I_k, \Delta I_T, \Delta I_{II}$ - количество изменений информации в ТПП при выпуске нового изделия, $\Delta I_{КТ}, \Delta I_{ТП}$ - количества изменений информации из - за согласования интересов в ГИС ОТС ТПП, p_i - показатель качества ТПП

из-за уменьшения количества доработок, p_2 - показатель качества ТПП из-за уменьшения трудоемкости технологического процесса (ТП), p_3 - показатель качества ТПП из-за повышения технологичности (инновационности) использования средств технологического оснащения (СТО).

Модель принятия организационно-технических решений руководителем ГИС ОТС ТПП:

$$\begin{aligned}\Phi_o &= D(H, y) - \sigma_\kappa(H, \Delta I_\kappa) - \sigma_T(y, \Delta I_T) - \sigma_\Pi(y, \Delta I_\Pi) \rightarrow \max, \\ \sigma_\kappa(H, \Delta I_\kappa) &= \beta_\kappa H / \Delta I_\kappa + b_\kappa \Delta I_\kappa = \beta_\kappa (1 - e^{-\alpha_\kappa \sigma_\kappa}) / \Delta I_\kappa + b_\kappa \Delta I_\kappa \leq \sigma^\Pi, \\ \sigma_T(y, \Delta I_T) &= \beta_T y / 2 \Delta I_T + b_T \Delta I_T \leq \sigma^\Pi, \\ \sigma_\Pi(y, \Delta I_\Pi) &= \sum_{s=1}^S \beta_\Pi^s y / \Delta I_\Pi^s - \sum_{s=1}^S b_\Pi^s \Delta I_\Pi^s \leq \sigma^\Pi, \quad \mathcal{U}(H) = \mathcal{U}_0 + b_y (H - H_0), \\ \Delta I_\kappa &\leq I_\kappa, \Delta I_T \leq I_T, \Delta I_\Pi \leq I_\Pi, \alpha_r \geq 0, H \geq H^3, y_0 \leq y \leq \bar{y},\end{aligned}$$

где β_κ - правильно принимаемые решения, b_κ - коэффициент уровня квалификации.

Руководитель ГИС ОТС ТПП выбирает оптимальную стратегию при условии, что $\frac{\partial \Phi_0}{\partial H} > 0, \frac{\partial \Phi_0}{\partial y} > 0, \frac{\partial \Phi_0}{\partial I_\kappa} > 0, \frac{\partial \Phi_0}{\partial I_T} > 0, \frac{\partial \Phi_0}{\partial I_\Pi} > 0$. Если все условия выполняются, то это означает, что с ростом качества, объема выпускаемой продукции, уменьшения энтропии информации сотрудников подразделений прибыль машиностроительного предприятия увеличивается.

Модель принятия решений в конструкторском подразделении:

$$\begin{aligned}\Phi_K &= \sigma_\kappa(H, \Delta I_\kappa) - \sum_{i=1}^2 \eta_{ik}(\Delta I_{ku_i}) - \eta_{KT}(\Delta I_{KT}) \rightarrow \max, \\ \sigma_\kappa(H, \Delta I_\kappa) &= \beta_\kappa H / \Delta I_\kappa + b_\kappa \Delta I_\kappa, \\ \sum_{i=1}^2 \eta_{ik}(\Delta I_{ku_i}) &= \eta_{i1}(\Delta I_{ku_1}) + \eta_{i2}(\Delta I_{ku_2}), \\ \sum_{i=1}^2 \eta_{ik}(\Delta I_{ku_i}) + \eta_{KT}(\Delta I_{KT}) &\leq \sigma_\kappa(H, \Delta I_\kappa),\end{aligned}$$

где ΔI_{ku_1} - уменьшение энтропии информации при работе с когнитологом-аналитиком, ΔI_{ku_2} - уменьшение энтропии информации при работе с экспертом.

Модель принятия решений в технологическом подразделении:

$$\begin{aligned}\Phi_T &= \sigma_T(y, \Delta I_T) - \sum_{i=1}^3 \eta_{iT}(\Delta I_{Tu_i}) - \eta_{KT}(\Delta I_{KT}) - \eta_{TT}(\Delta I_{TT}) \rightarrow \max, \\ \sigma_T(y, \Delta I_T) &= \beta_T y / 2 \Delta I_T + b_T \Delta I_T, \\ \sum_{i=1}^3 \eta_{iT}(\Delta I_{Tu_i}) &= \eta_{1T}(\Delta I_{Tu_1}) + \eta_{2T}(\Delta I_{Tu_2}) + \eta_{3T}(\Delta I_{Tu_3}), \\ \sum_{i=1}^3 \eta_{iT}(\Delta I_{Tu_i}) + \eta_{KT}(\Delta I_{KT}) + \eta_{TT}(\Delta I_{TT}) &\leq \sigma_T(y, \Delta I_T),\end{aligned}$$

где ΔI_{Tu_1} - уменьшение энтропии информации при работе с экспертом, ΔI_{Tu_2} - уменьшение энтропии информации при работе с разработчиком витрин, ΔI_{Tu_3} - уменьшение энтропии информации при работе с диспетчером, определяющим последовательность ТП.

Модель принятия решений в производственном подразделении:

$$\begin{aligned}\Phi_\Pi &= \sigma_\Pi(y, \Delta I_\Pi) - \sum_{i=1}^3 \eta_{i\Pi}(\Delta I_{\Pi u_i}) - \eta_{TT}(\Delta I_{TT}) \rightarrow \max, \\ \sigma_\Pi(y, \Delta I_\Pi) &= \sum_{s=1}^S \beta_\Pi^s y / \Delta I_\Pi^s - \sum_{s=1}^S b_\Pi^s \Delta I_\Pi^s, \\ \sum_{i=1}^3 \eta_{i\Pi}(\Delta I_{\Pi u_i}) &= \eta_{1\Pi}(\Delta I_{\Pi u_1}) + \eta_{2\Pi}(\Delta I_{\Pi u_2}) + \eta_{3\Pi}(\Delta I_{\Pi u_3}), \\ \sum_{i=1}^3 \eta_{i\Pi}(\Delta I_{\Pi u_i}) + \eta_{TT}(\Delta I_{TT}) &\leq \sigma_\Pi(y, \Delta I_\Pi),\end{aligned}$$

где $\Delta I_{\Pi u_1}$ - уменьшение энтропии информации при работе с сопровождающим площадки, $\Delta I_{\Pi u_2}$ - уменьшение энтропии информации при работе с разработчиком витрин, $\Delta I_{\Pi u_3}$ - уменьшение энтропии информации при работе с диспетчером, определяющим последовательность ТП.

Модель принятия решений в новом информационном отделе:

$$\Phi_{\Pi} = \sigma_{\Pi}(p_1, p_2, p_3) = \sigma_{\Pi}^1(p_1) + \sigma_{\Pi}^2(p_2) + \sigma_{\Pi}^3(p_3) \rightarrow \max,$$

$$\sigma_{\Pi}^1(p_1) \leq \sigma_{\Pi}(y, \Delta I_{\Pi}),$$

$$\sigma_{\Pi}^2(p_2) \leq \sigma_T(y, \Delta I_T),$$

$$\sigma_{\Pi}^3(p_3) \leq \sigma_K(H, \Delta I_K).$$

На высокотехнологичном предприятии возможно изготовление деталей с десятком и более исполнений. Это связано со спецификой производства технических средств, где постоянно изменяются требования к изготавливаемым изделиям.

Для нахождения показателей p_1, p_2, p_3 могут использоваться следующие методы организации производства (рис. 3).

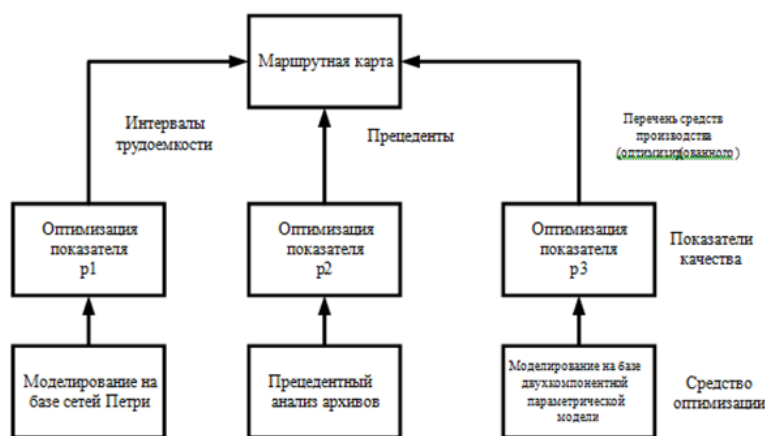


Рисунок 3 – Заполнение маршрутной карты данными, полученными от средств оптимизации показателей p_1, p_2, p_3

Используя теоретико-множественный подход и принцип разбиения множества свойств создаваемого изделия, можно модель качества маршрутной карты в общем случае представить как

$$K = (p_1, p_2, \dots, p_n).$$

В этой модели приобретает значение удовлетворение каждого показателя (параметра) предъявленным выше требованиям, возможность достаточно простых описаний самих составляющих параметров и возможность их количественного оценивания.

Получение оптимальной в смысле наилучших показателей качества маршрутной карты может быть обеспечено созданием методов или средств, которые позволят привести эти показатели к необходимым значениям.

Переход к максимальным (минимальным) критериям приводит к использованию принципа равномерности, суть которого состоит в поиске такой совокупности параметров качества, при которых нормированные значения всех показателей становятся равными между собой.

Однако выполнение этого условия при большом количестве параметров является сложной задачей. В связи с этим вносятся ограничения такого рода, чтобы добиться минимума по каждому параметру, не затрагивая при этом вариаций по другим, причем все усилия направляются на конкретную область существования параметров и, зная интервалы возможных изменений, их значения сводятся к минимуму. В этом случае нормированные

значения каждого показателя образуют область существования комплексного критерия качества (вектора $\bar{P}$), процентные составляющие которой можно установить экспертным путем.

С этой целью наиболее удобно использовать аддитивность критериев, когда целевая функция $\bar{P}$ образуется путем сложения нормированных значений составных критериев. Так как показатели качества p_i могут иметь различную физическую природу, то и их размерность может различаться. Нормируемость показателей позволяет привести их к безразмерному виду. Нормирование может выражаться как отношение «натурального» показателя к некоторой нормирующей величине, измеряемой в тех же единицах, что и сам критерий качества.

Нормирование может осуществляться на основе использования как директивных значений показателей, заданных заранее, так и максимальных значений показателей, достигаемых в своей области существования.

Отметим, что получение безразмерной формы показателей носит, как правило, субъективный характер и должно обосновываться в каждом случае.

Пусть существуют k показателей качества p_i и применяется аддитивный критерий. Тогда целевая функция задачи оптимизации маршрутной карты принимает вид

$$P_{\text{opt}} = \sum_{j=1}^k z_j w_j,$$

где z_j – нормированное значение составляющего показателя качества; w_j – значимость соответствующего показателя качества, или его весомость среди других показателей.

Определение весовых коэффициентов w_j сводится к использованию либо формальных процедур, либо экспертных оценок.

Оптимизация маршрутной карты заключается в сведении каждого из выбранных параметров показателей качества, то есть вектора $\bar{P} = (p_1, p_2, \dots, p_k)$, к некоторому множеству $(p_{1\min}, p_{2\min}, \dots, p_{k\min})$, при котором вектор $(p_{1\min}, p_{2\min}, \dots, p_{k\min})$ имеет наилучшее значение в смысле выбранного критерия оценки качества производимого изделия. При этом в общем случае каждый из показателей качества p_i может зависеть от других параметров: $p_1 = v_1 (v_1, v_2, \dots, v_n)$, $p_k = f_k(t_1, t_2, \dots, t_m)$, которые влияют на значения показателей $p_1, p_2, \dots, p_k$, а эти, в свою очередь, на качество маршрутной карты и производимого изделия.

Отсюда задача построения оптимальной маршрутной карты, по которой строится технологический процесс выпуска промышленного изделия, является однокритериальной.

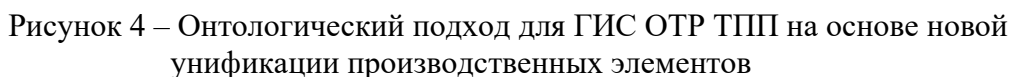
В качестве критерия принимается выбор множества параметров, наиболее полно отражающий эффективность технологического процесса и выпускаемого изделия. Этот критерий можно принять за целевую функцию, которую необходимо максимизировать при минимизации ее составных параметров.

Качество маршрутной карты определяется следующими показателями: количеством доработок, приводящих к незапланированным затратам и которые необходимо произвести, чтобы изделие полностью отвечало предъявляемым к нему требованиям заказчика (p_1); трудоемкостью выполнения технологического процесса по маршрутной карте и наличием возможности ее уменьшения при сохранении качества изделия (p_2); выбором технологического оборудования для исполнения ТП согласно маршрутной карте, способного обеспечить высокую технологичность, экономичность затрат, преемственность новых идей и возможность их практического воплощения (p_3).

Задачу оптимального формирования данных маршрутной карты технологического процесса можно в общем виде представить как

$$\begin{aligned} F(\bar{P}) &\rightarrow \max, \\ p_1 &\rightarrow \min, \\ p_2 &\rightarrow \min, \\ p_3 &\rightarrow \min. \end{aligned}$$

В третьей главе разработана концептуальная модель ТПП с детализацией элементов по типам производства на основе нового этапа планирования ТП с учетом критериев качества (рис. 5).



В третьей главе разработана концептуальная модель ТПП с детализацией элементов по типам производства на основе нового этапа планирования ТП с учетом критериев качества (рис. 5).

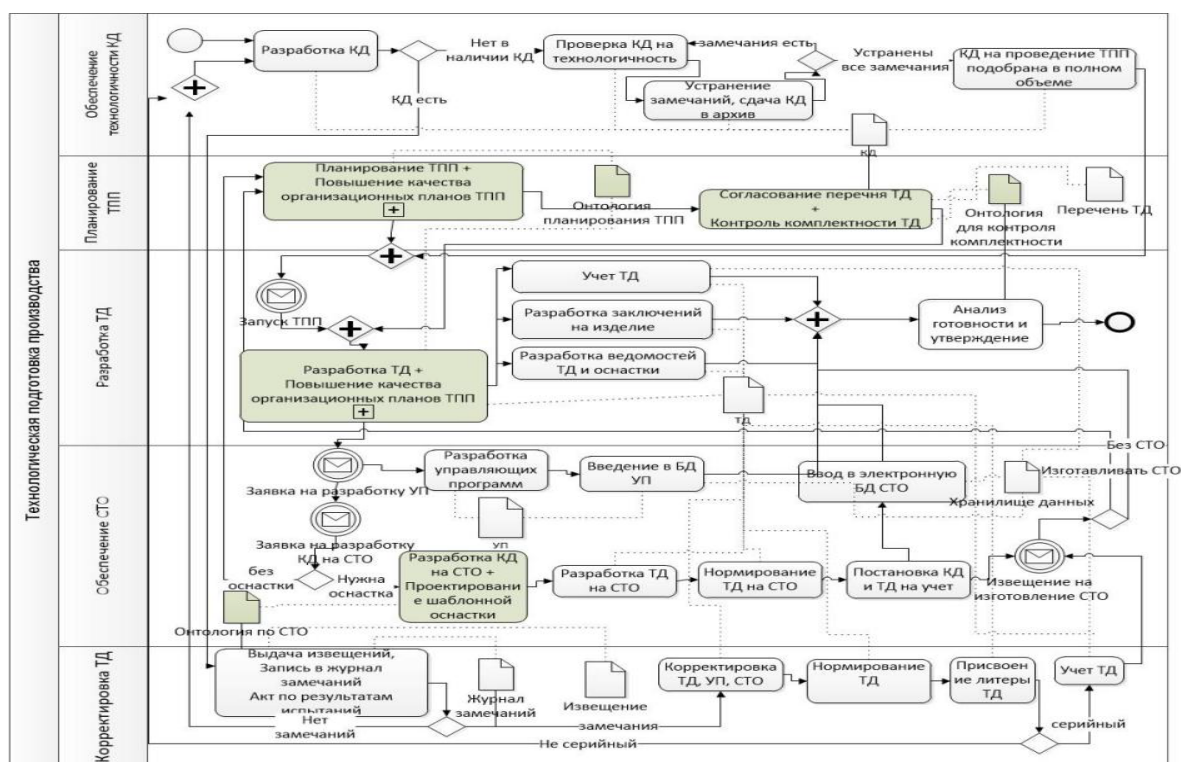


Рисунок 5 – Концептуальная модель ТПП с новым этапом «Планирование»

В четвертой главе разработана методология информационного управления технологической подготовкой производства на основе онтологического подхода. Теоретически обоснована и практически внедрена интегрированная модель гибкой онтотехнологической платформы поддержки производства, состоящая из функциональной, информационной и структурной частей. Функциональное представление платформы осуществлено с точки зрения конечного пользователя и включает контроль процесса подготовки комплекта ТД, поиск оптимального релевантного комплекта, проектирование шаблонной оснастки и анализ рисков.

Разработана методика формирования данных на всех этапах жизненного цикла онтологии: от анализа необходимости до синхронизации и тестирования (рис. 6).

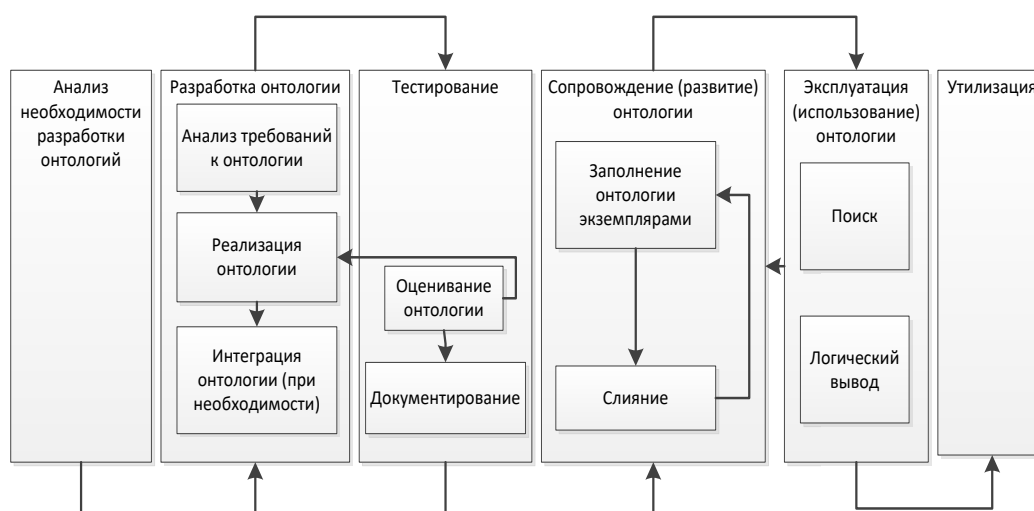


Рисунок 6 – Методика формирования данных для модели гибкой онтологической платформы на этапах жизненного цикла онтологии

Методика выбора источников знаний для ГИС ОТС ТПП показана на рис. 7.

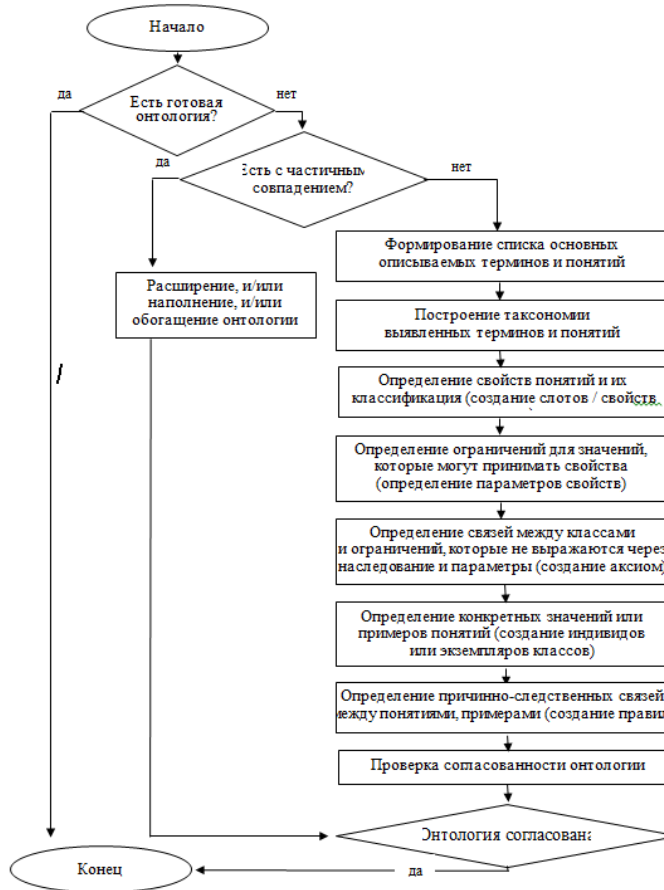


Рисунок 7 – Методика выбора источников знаний для ГИС ОТС ТПП

Разработан метод формирования данных для интегрированной модели гибкой онтологической платформы ГИС ОТС ТПП на всех этапах жизненного цикла онтологии. Все методологии создания онтологий укладываются в схему основных этапов жизненного цикла любой системы: анализ, разработка, тестирование, сопровождение, эксплуатация, утилизация.

Стоимость процесса обработки представим в виде суммы стоимостных оценок операций:

$$S_{\Sigma} = \min_{\tau c} \sum_{N=1}^{N_k} \left[\tau_{N1}(C_{N1} + C_{N2}) + \sum_{\rho=1}^{l_N} \tau_{N3}^{\rho} C_{N3}^{\rho} \right] + C_{пр},$$

где C_{N1} – стоимость работы оборудования в N – ой операции; C_{N2} – стоимость использования технологической оснастки в N – ой операции; C_{N3}^{ρ} – стоимость ρ - го инструмента; $\tau_{N1}, \tau_{N2}, \tau_{N3}^{\rho}$ – время работы оборудования, технологической оснастки, инструмента в N – ой операции; l_N – число инструментов в N – ой операции; N_k – число операций в технологическом процессе; $C_{пр}$ – стоимость затрат на проектирование.

В пятой главе сформирован инструментарий для реализации методологии информационного управления ТПП на основе согласованного взаимодействия в ГИС ОТС ТПП и онтологического подхода. Проведена систематизация процесса технологической подготовки производства, формализация ее элементов на основе алгоритма поиска комплектов технологической документации и оптимизация ТПП за счет выбора комплекта технологической документации.

Комплект технологической документации кодируется с учетом кода организации-разработчика, кода характеристики документа и порядкового регистрационного номера (рис. 8). Виды технологического процесса по организации классифицируются следующим

образом: 0 – без указания, 1 – единичный процесс (операция), 2 – типовой процесс (операция), 3 – групповой процесс (операция). Код вида технологического процесса по методу выполнения задается согласно классификатору технологических операций машиностроения и приборостроения (литье металлов и сплавов, обработка давлением, обработка резанием, термообработка, фото-химико-физическая обработка, порошковая металлургия, получение покрытий, пайка, электромонтаж, сборка, сварка и др.) и состоит из трех фасетов: кода выполняемого действия, кода предмета труда и кода дополнительной информации.

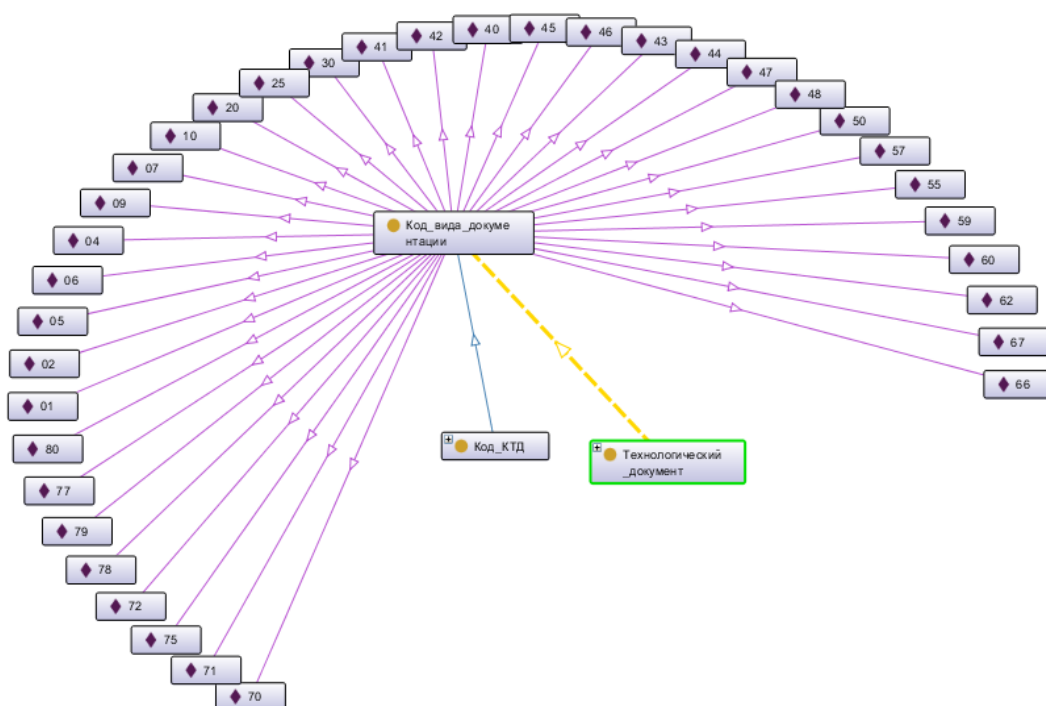


Рисунок 8 – Представление в онтологии индивидов – кодов вида документации

Код вида технологического процесса по методу выполнения задается согласно классификатору технологических операций машиностроения и приборостроения и состоит из трех фасетов (частей): кода выполняемого действия, кода предмета труда. Технологический переход идентифицируется тройкой фасетов, причем первый и второй являются обязательными, а третий может быть пустым. Первый фасет в первых двух цифрах кода содержит указание на вид технологического процесса (рис. 9).

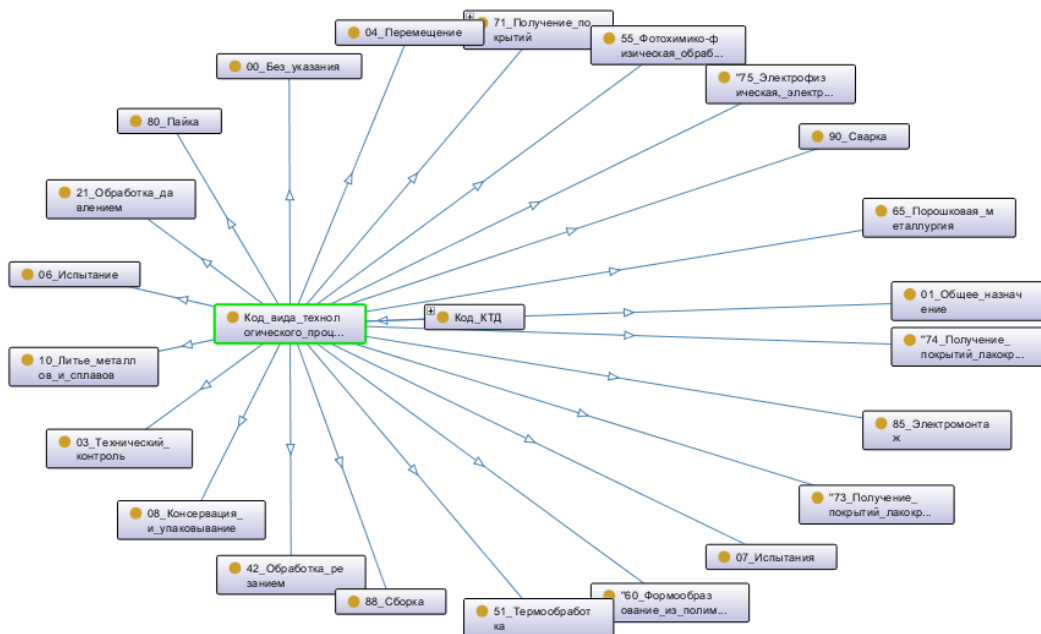


Рисунок 9 – Представление классов в онтологии для кодов вида технологического процесса

Перед формализацией поиска прецедентного комплекта ТД разработана классификация технологических процессов по способу их формирования (рис. 10). ТП разделяются на конфигурируемые – допускающие замену оператора и замену цеха через классификатор ТП (для диспетчера) – и неконфигурируемые.

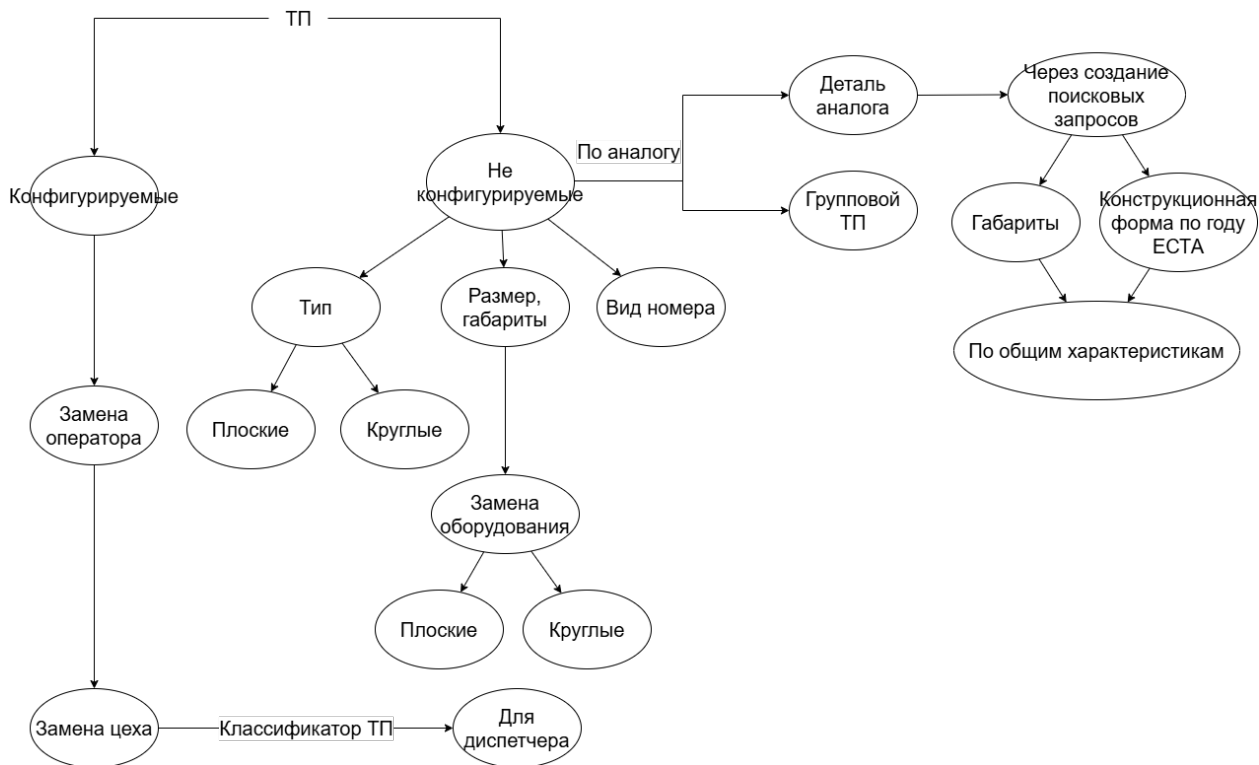


Рисунок 10 – Классификация технологических процессов в задачах поиска прецедентного комплекта технологической документации

Анализ и синтез ОТР осуществляется по следующему алгоритму. Введено множество прецедентных комплектов:

$$Set = \{Name, Type_{doc}, Type_{org}, Deg, Step, Ent, Codes\},$$

где Set – комплект ТД, состоящий из Name – названия изделия, Type_doc – кода вида документов технологического процесса, Type_org – кода вида технологического процесса или операции по организации, Deg – степени детализации описания технологического процесса, Step – стадии разработки технологической документации, Ent – типа производства и Codes – множества кодов технологических переходов (согласно классификатору технологических переходов),

$$Codes = \{F_1, F_2, F_3\},$$

где F_1 – фасет 1 «Выполняемое действие», F_2 – фасет 2 «Предмет труда», F_3 – фасет 3 «Дополнительная информация». Поиск прецедента выполняется в четыре шага с последовательным сокращением множества: отбор по названию изделия, степени детализации, стадии разработки и типу производства; отбор по коду вида технологического процесса; определение процентов соответствия операций прецедентного комплекта ТД искомому (допустимый процент вхождения переходов искомого комплекта ТД P_1 и допустимый процент дополнительных операций P_2); формирование итогового множества релевантных комплектов ТД. Результатом поиска является множество Sets.

Проведена оптимизация комплекта технологической документации за счет извлечения релевантных комплектов технологической документации. Выбор лучшего комплекта среди релевантных представлен как задача оптимизации:

$$\beta_1 V + \beta_2 S + \beta_3 T \rightarrow \min,$$

где V – объем работ, выраженный через количество операций в ТП, S – стоимость выполнения ТП, рассчитанная через нормо-часы, T – время выполнения, $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – настраиваемые коэффициенты, зависящие от используемой стратегии управления производством.

Альтернативный вариант целевой функции:

$$\frac{ST}{V} \rightarrow \min$$

используется в случае близости выбранных критериев.

Выделены подходы к автоматизированной технологической подготовке.

Обоснована и разработана методика формирования вида нового комплекта технологической документации. Для формализации опыта по выбору состава документов КТД предложено: ввести коэффициенты значимости для каждого вида документа и рассматривать сумму коэффициентов как вес комплекта; ввести понятия допустимого W_d и рекомендованного веса W_r комплекта ТД. Расчет веса комплекта позволяет начинающему технологу ориентироваться в необходимости использования дополнительных документов в текущем комплекте.

Значения коэффициентов расставляются технологом, который, исходя из обязательности документов в наборах ГОСТ, должен учесть следующее:

для единичных ТП

$$W_{mk} \approx W_{кти} \approx W_d < W_r;$$

$$W_{ти} \approx W_{кти} \approx W_{ок} \approx W_{воп} < W_d$$

для типовых

$$W_{mk} \approx W_d;$$

$$W_d \leq W_{mk} + W_{вти} \approx W_{mk} + W_{кти} \approx W_{ктти} + W_{вти} < W_r$$

Таблица 1 – Пример коэффициентов для видов ТД

Вид документа	Код вида документа	Коэффициент		
		Обозначение	Значение	
			Ед.	Тип.
Титульный лист	ТЛ	$W_{ТЛ}$		
Карта эскизов	КЭ	$W_{КЭ}$		
Технологическая инструкция	ТИ	$W_{ТИ}$		
Маршрутная карта	МК	$W_{МК}$		
Карта технологического процесса	КТП	$W_{КТП}$		
Карта типового (группового) технологического процесса	КТТП	$W_{КТТП}$		
Операционная карта	ОК	$W_{ОК}$		
Карта типовой (групповой) операции	КТО	$W_{КТО}$		
Карта технологической информации	КТИ	$W_{КТИ}$		
Комплектовочная карта	КК	$W_{КК}$		
Технико-нормировочная карта	ТНК	$W_{ТНК}$		
Карта кодирования информации	ККИ	$W_{ККИ}$		
Карта наладки	КН	$W_{КН}$		
Ведомость технологических маршрутов	ВТМ	$W_{ВТМ}$		
Ведомость оснастки	ВО	$W_{ВО}$		
Ведомость оборудования	ВОБ	$W_{ВОБ}$		
Ведомость материалов	ВМ	$W_{ВМ}$		
Ведомость специфицированных норм расхода материалов	ВСН	$W_{ВСН}$		
Ведомость удельных норм расхода материалов	ВУН	$W_{ВУН}$		
Технологическая ведомость	ТВ	$W_{ТВ}$		
Ведомость применяемости	ВП	$W_{ВП}$		
Ведомость сборки изделия	ВСИ	$W_{ВСИ}$		
Ведомость операций	ВОП	$W_{ВОП}$		
Ведомость деталей (сборочных единиц) к типовому (групповому) технологическому процессу	ВТП (ВТО)	$W_{ВТИ}$		
Ведомость деталей, изготовленных из отходов	ВДО	$W_{ВДО}$		
Ведомость дефектации	ВД	$W_{ВД}$		
Ведомость стержней	ВСТ	$W_{ВСТ}$		
Ведомость технологических документов	ВТД	$W_{ВТД}$		
Ведомость держателей подлинников	ВДП	$W_{ВДП}$		
Допустимый вес		W_d		
Рекомендованный вес		W_r		

Дополнительно учитываются удельные приведенные затраты за весь жизненный цикл объекта

$$C = \sum_{1}^n S_{fi} + E_n \sum_{1}^n K_i ,$$

где S_{fi} – текущие функционально необходимые затраты; E_n – нормативный коэффициент эффективности; K_i – удельные капитальные затраты; n – этапы жизненного цикла.

В шестой главе представлена практическая реализация разработанной методологии организации технологической подготовки производства на основе онтологического

подхода для самолетостроительного производства, в частности для задачи проектирования шаблонной оснастки.

Рассмотрим пример формирования показателей p_1 , p_2 и p_3 при формировании нового ТП из базового с использованием онтологии.

В качестве улучшений базового ТП были в технологическом отделе разработаны правила (рис. 11), которые создали систему ограничений ΔH_{OKP} для онтологии.

№	Условие	Правило	Прим.
1	Если свойство изделие ТП изделие = Корпус и операция = Изменение операции фрезерная (5) фрезерная на фрезерной ЧПУ	Уменьшение КИМ на 5%	Технологический_процесс(?x) ^ изделие(?x, Корпус) ^ Операции_ТП(?x, ?y) ^ наименование_операции(?y, "фрезерная") ^ тип_операции_в_ТП(?y, "базовый") ^ Квалификация(?y, ?kv) ^ swrlb:add(?n_kv, ?kv, -1) ^
2	Изменение операции фрезерная на фрезерная ЧПУ	Уменьшение профиля и размера заготовки на 10 мм с каждой стороны	КИМ(?y, ?kim) ^ swrlb:multiply(?n_kim, ?kim, 0.95) ^ T(?y, ?t) ^ swrlb:multiply(?n_t, ?t, 0.75) ^ Ширина(?y, ?r) ^ swrlb:add(?n_r, ?r, -10) ^
3	Изменение операции фрезерная на фрезерная ЧПУ	Уменьшение разряда выполняемых работ на 1 (разряд)	Подготовительно-заключительное_время (?y, ?pz) ^ swrlb:multiply(?n_pz, ?pz, 0.4) ^
4	Изменение операции фрезерная на фрезерная ЧПУ	Уменьшение подготовительно заключительного времени на 40%	Операция_ТП(?z) ^ наименование_операции(?z, "фрезерная ЧПУ") -> Операции_ТП(?x, ?z) ^ тип_операции_в_ТП(?z, "рекомендованный") ^ Квалификация(?z, ?n_kv) ^
5	Изменение операции фрезерная на фрезерная ЧПУ	Уменьшение времени изготовления на 25 %	T(?z, ?n_t) ^ КИМ(?z, ?n_kim) ^ Ширина(?z, ?n_r) ^ Подготовительно-заключительное_время (?z, ?n_pz)
6	Изменение операции токарная на токарная ЧПУ	Уменьшение КИМ на 5%	Технологический_процесс(?x1) ^ изделие(?x1, Корпус) ^ Операции_ТП(?x1, ?y1) ^ наименование_операции(?y1, "токарная") ^ тип_операции_в_ТП(?y1, "базовый") ^ Квалификация(?y1, ?kv1) ^ swrlb:add(?n_kv1, ?kv1, -2) ^ КИМ(?y1, ?kim1) ^ swrlb:multiply(?n_kim1, ?kim1, 0.95) ^ T(?y1, ?t1) ^ swrlb:multiply(?n_t1, ?t1, 0.75) ^ Ширина(?y1, ?r2) ^ swrlb:add(?n_r2, ?r2, -20) ^ Подготовительно-заключительное_время (?y1, ?pz1) ^ swrlb:multiply(?n_pz1, ?pz1, 0.4) ^ Операция_ТП(?z1) ^ наименование_операции(?z1, "токарная ЧПУ") -> Квалификация(?z1, ?n_kv1) ^ КИМ(?z1, ?n_kim1) ^ T(?z1, ?n_t1) ^ Ширина(?z1, ?n_r2) ^ Подготовительно-заключительное_время (?z1, ?n_pz1) ^ тип_операции_в_ТП(?z1, "рекомендованный")

Рисунок 11 – Правила для нового ТП

После работы информационной системы онтологий получили следующие 2 замены в новом технологическом процессе (рис. 12).

Условие: Изменение операции с «Фрезерная» на «Фрезерная ЧПУ»

№	Наименование	Старый показатель	Новый показатель
1	Операция	Фрезерная	Фрезерная ЧПУ
2	Оборудование	БН82	БН82 с ЧПУ
3	Трудоемкость	1,15	0,9
4	КИМ (коэф. использования материала)	0,8	0,95
5	Разряд	4	3
6	Оснастка	шаблон	-
7	Заготовка	60x400	60x380
8	Кол-во доработок	0	1

Условие: Изменение операции с «Токарная» на «Токарная ЧПУ»

№	Наименование	Старый показатель	Новый показатель
1	Операция	Токарная	Токарная ЧПУ
2	Оборудование	1К62	1К62 с ЧПУ
3	Трудоемкость	2,56	2,2
4	КИМ (коэф. использования материала)	0,8	0,95
5	Разряд	4	2
6	Оснастка	скоба	-
7	Заготовка	60x400	60x380
8	Кол-во доработок	0	1

Рисунок 12 – Изменения в новом ТП

Для расчета показателей качества маршрутных карт по рис. 12 получаем следующее.

Рассчитываем показатель p_3 по формуле $R_{i_{\text{ц}}}$, связанной с изменением рабочих центров, т.е. меняются атрибуты в онтологии операция, оборудование, разряд и оснастка у двух операций, т.е. $p_3 = 2 \cdot 4 = 8$ (ед.) изменений.

Рассчитываем показатель p_2 по формуле T_j , связанной с изменением трудоемкости в ОКП, т.е. меняются атрибуты в онтологии трудоемкость, КИМ и заготовка у двух операций, т.е. $p_2 = 2 \cdot 3 = 6$ (ед.) изменений.

Рассчитываем показатель p_1 по формуле $M_{\text{мп}}$, связанной с изменением количества доработок в конструкторской документации, т.е. меняются атрибуты в онтологии количество доработок у двух операций, т.е. $p_1 = 2 \cdot 1 = 2$ (ед.) изменений.

В итоге имеем, что при внедрении нового ТП для уменьшения энтропии придется внести 2 изменения в конструкторском отделе при изменении КД, 6 изменений в производственном отделе при изменении трудоемкости изготовления изделия для адаптации нового ТП в цехе, 8 изменений в технологическом отделе при работе новых рабочих центров.

На рис. 13 представлен график, отражающий ситуации, когда наиболее эффективным критерием построения расписания обслуживания запросов является критерий минимума всех непроизводительных времен (группировка по партиям, группировка транспортировочных операций, минимизация времени контрольной операции и т. п.). Его применение обеспечивает существенное снижение непроизводительных потерь времени для всей производственной системы и повышение эффективности ее работы и загрузки до 30 %.

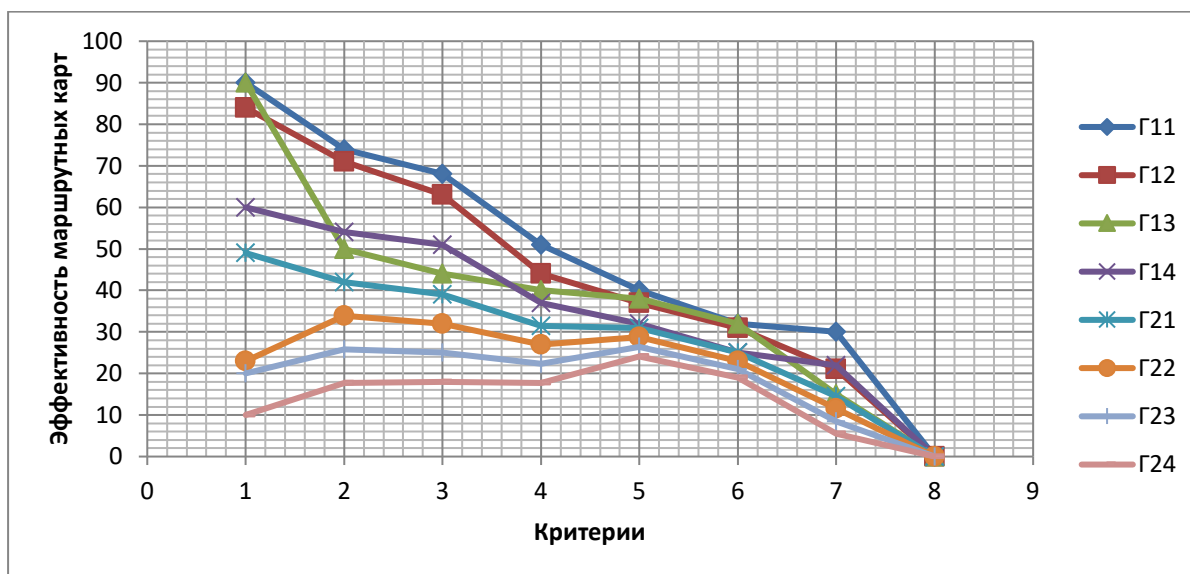


Рисунок 13 – Влияние партий запусков на эффективность работы ГИС ОТС ТПП

Процесс проектирования шаблонной оснастки, как правило, выполняется вручную. При этом могут возникать ошибки и издержки по времени, которые выражаются в доработках, повторях и исправлениях. Отсутствие редактируемой и обновляемой базы производственного опыта и современных средств поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки обуславливает сдерживание сроков и снижение качества шаблонной оснастки, что недопустимо на современном самолетостроительном производстве.

Разработана схема формирования моделей прецедентов шаблонов оснастки путем пооперационных переходов в пошаговом итерационном режиме (рис. 14).

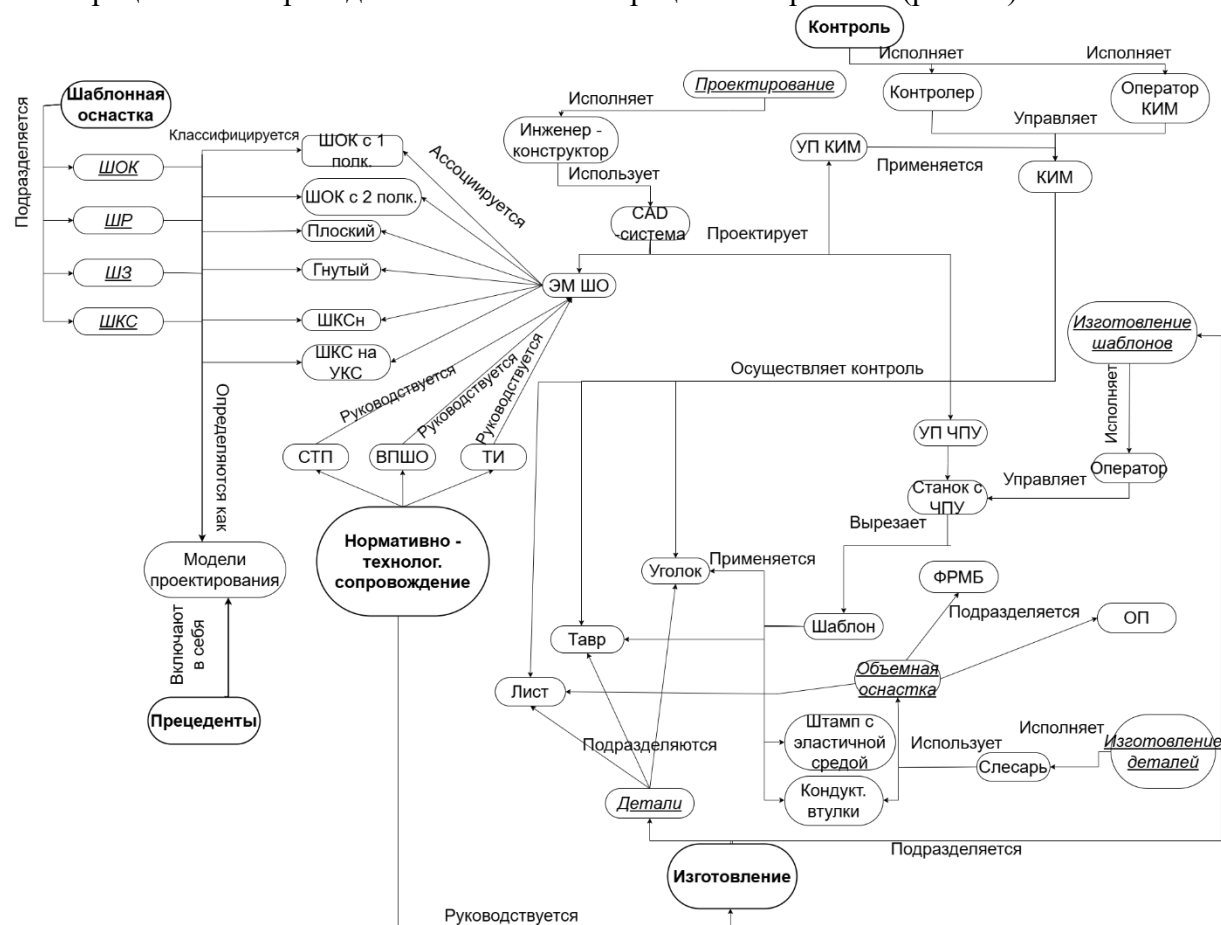


Рисунок 14 – Схема формирования моделей прецедентов шаблонов оснастки в интерактивном режиме

Рассмотрен пример применения модели сбалансированного взаимодействия в ГИС ОТС ТПП. При работе с аналогом в информационном отделе получены показатели качества, на основе которых распределены стимулирующие выплаты в целевых функциях руководителей подразделений (таблицы 2-4).

Таблица 2. Показатели в целевой функции руководителя конструкторского подразделения

Показатели	Значения
$\eta_{1K}(\Delta I_{ku_1})$ - стимулирование когнитолога – аналитика в РИО	0,11
$\eta_{2K}(\Delta I_{ku_2})$ - стимулирование эксперта в РИО	0,11
$\eta_{KT}(\Delta I_{KT})$ - стимулирование за согласование интересов между конструкторским и технологическим подразделениями	0,12

В этом случае в целевой функции руководителя технологического подразделения стимулирующие выплаты распределятся в равных долях следующим образом (табл. 3).

Таблица 3. Показатели в целевой функции руководителя технологического подразделения

Показатели	Значения
$\eta_{1T}(\Delta I_{Tu_1})$ - стимулирование эксперта в РИО	0,1
$\eta_{2T}(\Delta I_{Tu_2})$ - стимулирование разработчика витрин в РИО	0,1
$\eta_{3T}(\Delta I_{Tu_3})$ - стимулирование диспетчера в последовательности записей ТП в РИО	0,1
$\eta_{KT}(\Delta I_{KT})$ - стимулирование за согласование интересов между конструкторским и технологическим подразделениями	0,1
$\eta_{TP}(\Delta I_{TP})$ - стимулирование за согласование интересов между производственным и технологическим подразделениями	0,11

В этом случае в целевой функции руководителя производственного подразделения стимулирующие выплаты распределятся в равных долях следующим образом (табл. 4).

Таблица 4. Показатели в целевой функции руководителя производственного подразделения

Показатели	Значения
$\eta_{1P}(\Delta I_{Pu_1})$ - стимулирование сопровождающего площадки в РИО	0,04
$\eta_{2P}(\Delta I_{Pu_2})$ - стимулирование разработчика витрин в РИО	0,04
$\eta_{3P}(\Delta I_{Pu_3})$ - стимулирование диспетчера по последовательности ТП в РИО	0,04
$\eta_{TP}(\Delta I_{TP})$ - стимулирование за согласование интересов между производственным и технологическим подразделениями	0,04

Стимулирующие выплаты в целевой функции руководителя конструкторского подразделения распределены между когнитологом-аналитиком в РИО, экспертом в РИО и за согласование интересов между конструкторским и технологическим подразделениями. Аналогично распределены выплаты для руководителя технологического и производственного подразделений. Найденные значения целевых функций позволили достичь требуемых заказчиком показателей качества (надежности) N и количества изделий y .

Показано, что благодаря сбалансированному взаимодействию по целевым функциям в ГИС ОТС ТПП с введением в систему нового информационного отдела удалось распределить стимулирующие выплаты в системе и добиться требуемых заказчиком показателей качества и количества изделий. Сбалансированное взаимодействие может быть достигнуто и в случае использования нескольких конструкторско-технологических решений, что позволяет определить область компромисса при принятии решений в современных условиях, если при текущем уровне производства не получится достигнуть требований заказчика.

В дальнейшем рекомендуется: внедрять ГИС ОТС ТПП и гибкую онтологическую платформу на предприятиях авиационной и машиностроительной отрасли для сквозного управления технологической подготовкой производства; использовать онтологический подход и разработанные модели при модернизации систем управления качеством, стандартизации и организации производства; интегрировать предложенные решения с PLM-, MES- и ERP-системами в рамках программ цифровой трансформации; применять разработанные критерии и алгоритмы оптимизации при формировании маршрутных карт и комплектов технологической документации, а также при проектировании шаблонной оснастки.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Основные научные результаты и выводы диссертационного исследования заключаются в следующем:

1. Решена отраслевая научно-техническая проблема, заключающаяся в обеспечении согласованного взаимодействия подразделений в организационно-технической системе технологической подготовки производства авиационной техники на основе онтологического представления знаний и снижения энтропии информации, что обеспечивает синхронизацию формирования технического облика изделий и их реализации на производственно-технологической базе.

2. Разработана структура гибкой информационной организационно-технической системы технологической подготовки производства (ГИС ОТС ТПП), включающая информационный отдел и формализованные связи взаимодействия между руководителем организационной системы, конструкторским, технологическим и производственным подразделениями, обеспечивающая реализацию механизма согласованного взаимодействия и распределение стимулирующих воздействий по целевым функциям руководителей подразделений для достижения заданных показателей качества N и объёма выпуска изделий y .

3. Разработаны математические модели принятия организационно-технических решений руководителями всех подразделений ГИС ОТС ТПП, позволяющие определять область компромисса равновесных стратегий по Нэшу с учётом ресурсов, стимулов за согласованное взаимодействие и показателей качества технологических процессов; показано, что при росте качества, увеличении объёма выпуска и уменьшении энтропии информации обеспечивается повышение результативности процессов технологической подготовки производства машиностроительного предприятия.

4. Сформирована система показателей качества технологической подготовки производства, включающая количество доработок p_1 , трудоёмкость p_2 и выбор средств производства p_3 , увязанная с изменениями информации и энтропией; на примере формирования нового технологического процесса показано, что значения $p_1=2$, $p_2=6$, $p_3=8$ позволяют количественно оценивать нагрузку и качество решений в конструкторском, технологическом и производственном подразделениях и использовать эти оценки для настройки стимулирующих воздействий.

5. Разработан онтологический подход к поддержке технологической подготовки производства, включающий концептуальную модель предметной области, информационно-логическую модель и онтологию технологических процессов, операций и документации; показано, что применение онтологий при поиске прецедентных комплектов

технологической документации обеспечивает коэффициент релевантности в пределах 0,6–0,85, что существенно сокращает время проектирования и согласования комплектов ТД и повышает качество принимаемых решений.

6. Теоретически обоснована и практически реализована интегрированная модель гибкой онтотехнологической платформы поддержки производства, состоящая из функциональной, информационной и структурной частей с хранилищем онтологий и методикой формирования данных на всех этапах жизненного цикла онтологии (анализ, разработка, тестирование, сопровождение, эксплуатация, утилизация), обеспечивающая интеллектуальную поддержку принятия решений при подготовке комплектов технологической документации, поиске релевантных прецедентов, проектировании шаблонной оснастки и анализе рисков.

7. Разработаны методы и алгоритмы формирования и использования данных в ГИС ОТС ТПП, включая методику выбора источников знаний на основе оценки экспертов и обнаружения скрытых данных, формализацию кодов технологических процессов и операций, а также алгоритм поиска множества релевантных прецедентных комплектов ТД по системе предикатов принадлежности, следования, эквивалентности и предопределения; показано, что реализация указанных методов обеспечивает автоматизированный поиск и комплектование технологической документации в архиве предприятия.

8. Разработаны алгоритмы формирования и оптимизации технологических процессов на основе прецедентного подхода и моделей сетей Петри, а также критерии выбора лучшего комплекта технологической документации по целевой функции $\beta_1 \cdot V + \beta_2 \cdot S + \beta_3 \cdot T \rightarrow \min$ или $(ST)/V \rightarrow \min$; показано, что использование критерия минимизации непроизводительных времён при построении расписаний обслуживания запросов обеспечивает снижение непроизводительных потерь времени и повышение эффективности работы производственной системы и её загрузки до 30%.

9. Обоснована и разработана методика формирования состава нового комплекта технологической документации с введением коэффициентов значимости видов документов и понятий допустимого и рекомендованного веса комплекта W_d и W_r с учётом удельных приведённых затрат за весь жизненный цикл изделия, обеспечивающая оптимизацию состава комплектов ТД для единичных и типовых технологических процессов в соответствии с требованиями ЕСТД и позволяющая технологу обоснованно формировать комплект документации с учётом баланса полноты описания процесса и затрат.

10. Разработана математическая модель производственной онтологии для проектирования шаблонной оснастки, включающая интегральную модель прецедента и систему показателей качества конструкции; показано, что практическое использование модели обеспечивает снижение трудоёмкости проектирования шаблонной оснастки в среднем на 20%, снижение металлоёмкости изготовления до 25%, а в отдельных случаях до 100%, при сохранении требуемых показателей качества изделий; коэффициент релевантности поиска прецедентов по шаблонной оснастке находится в пределах 0,6–0,85, что подтверждает эффективность предложенных решений и их практическую значимость для предприятий авиационной промышленности.

11. Положения разработанной методологии для внедрения ГИС ОТС ТПП, оформленные в виде моделей и методов, применялись при разработке организационной системы управления проектным производством на АО «Авиастар-СП» (г. Ульяновск). Применение гибкой онтотехнологической платформы привело к следующим результатам: трудоёмкость проектирования оснастки снизилась в среднем на 20%, металлоёмкость изготовления – на 25%, в отдельных случаях – на 100%; коэффициент релевантности поиска по шаблонной оснастке варьируется в пределах от 0,6 до 0,85, что подтверждено актом внедрения. Результаты диссертации нашли применение в учебном процессе по подготовке инженеров-технологов и специалистов в области информационных технологий в Ульяновском государственном университете.

Перспективы дальнейших исследований. Перспективы дальнейших исследований связаны с развитием методологии и ее масштабированием на предприятия авиационной, машиностроительной и других наукоемких отраслей. Приоритетными

направлениями являются расширение онтологии за счет новых видов продукции, технологических процессов, оборудования и средств технологического оснащения; разработка методов автоматического пополнения и актуализации базы знаний на основе анализа производственных данных и экспертных оценок; совершенствование моделей оценки качества и снижения энтропии информации с учетом неопределенности, рисков и динамики производственной системы.

Представляет научный интерес интеграция ГИС ОТС ТПП с PLM-, MES- и ERP-системами, создание цифровых двойников процессов технологической подготовки производства, применение методов машинного обучения для выявления скрытых зависимостей и прогнозирования качества технологических решений, а также проведение расширенных производственных испытаний для оценки экономической эффективности, надежности и тиражируемости предложенных решений.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Монографии

1. Ларин, С.Н. Онтологический подход к представлению знаний в системах технологической подготовки наукоемких производств: монография / С.Н. Ларин; ФГБОУ ВО «УлГУ». – Ульяновск: УлГУ, 2021. – 260 с. – ISBN 978-5-88866-839-9.
2. Ларин, С.Н. Оптимизация проектных решений подготовки производства в условиях функционирования автоматизированной системы конструкторско-технологического анализа / С.Н. Ларин. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2008. – 140 с. – ISBN 978-5-93424-403-4.
3. Ларин, С.Н. Автоматизированное проектирование и управление конструкторско-технологическими разработками в научно-производственных объединениях / С.Н. Ларин – Москва; Миасс: Межрегиональный совет по науке и технологиям, 2010. – 160 с. – ISBN 978-5-904197-12-4.
4. Ларин, С.Н. Разработка методов и средств планирования процесса химико-гальванического производства / С.Н. Ларин, Р.Г. Бильданов. – Ульяновск: Колор-Принт, 2023. – 176 с. ISBN 978-5-88866-936-5.

В изданиях, рекомендованных ВАК

5. Ларин С.Н., Баранова Н.Н. Средства онтологической поддержки моделирования технологической себестоимостью // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2024. Т. 26, № 2(118). С. 31–38.
6. Ларин С.Н., Баранова Н.Н. Практическая реализация онтологического инжиниринга в технологической подготовке наукоемких производств // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2024. Т. 26, № 3(119). С. 39–47.
7. Ларин С.Н., Бильданов Р.Г. Оценка экономических потерь при неблагоприятных сценариях выполнения технологического процесса производства радиофармацевтических лекарственных препаратов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2021. Т. 23, № 6(104). С. 72–77.
8. Ларин С.Н., Зрячев С.А. Разработка базы знаний послепродажного обслуживания авиационной техники // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2020. Т. 22, № 5(97). С. 48–53.
9. Ларин С.Н., Зрячев С.А. Формирование моделей послепродажного обслуживания авиационной техники с целью автоматизации процессов технического обслуживания и ремонта авиационной техники // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2020. Т. 22, № 5(97). С. 54–59.
10. Ларин С.Н., Карпаев С.А., Федоров А.А. Математическая модель оценки рисков в процессе выбора исполнителя технологической операции на производстве //

Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19, № 4-2. С. 238–242.

11. Ларин С.Н., Карпаев С.А., Федоров А.А. Практическая реализация моделей системы оперативного календарного планирования многономенклатурного производства // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18, № 1-2. С. 220–224.

12. Ларин С.Н., Карпаев С.А., Федоров А.А. Разработка модели проектирования технологических процессов с проекцией на план производства // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18, № 4-3. С. 444–450.

13. Ларин С.Н., Гришин М.В., Лебедев А.В., Павлов П.Ю., Федоров А.А. Разработка классификатора технологической оснастки заготовительно-штамповочного производства // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, № 6-2. С. 423–429.

14. Ларин С.Н., Чернова М.М., Пузакина Е.Ю., Тимирзянов В.В. Функционально-ценностный анализ структурной организации и принципов построения конструкторско-технологической подготовки производства // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, № 4-2. С. 446–450.

15. Ларин С.Н. Стандартизация технологической подготовки производства при использовании онтологического подхода / С.Н. Ларин, Н.Н. Баранова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2024. - № 8. - С. 111-119.

16. Ларин С.Н. Повышение качества технологической документации в организационно-технических системах подготовки производств / С.Н. Ларин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2024. - № 4. - С. 14-18.

17. Ларин С.Н. Формирование организационно-технических структур в сложных производственных системах полного цикла / С.Н. Ларин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2024. - № 2. - С. 584-589.

В иностранных научных изданиях, в том числе цитируемых в системах Scopus, Web of Science

18. Zryachev, S. Creating a Decision Support System for After-Sales Support of Aircraft /S. Zryachev, S. Larin // Proceedings of the 7th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2021): ICIE: International Conference on Industrial Engineering, Sochi, 17-21 мая 2021 года. Vol. 2. - Челябинск: Springer, 2022. - P. 308-314.

19. Zryachev S., Larin S. Creation of a joint group and a decision support system to improve the after-sales support of civil aircraft // Journal of Physics: Conference Series. 2021. P. 012029.

20. Zryachev S.A., Larin S.N. Review of modern means of flight data analysis from aircraft manufacturers // 18th International Conference "Aviation and Cosmonautics – 2019": Abstracts. Moscow, 2019. P. 401–402.

21. Larin S., Bildanov R., Smagin A. Ontological tools for modeling the quality of radiopharmaceuticals production // Lecture Notes in Electrical Engineering. 2022. Vol. 857. P. 214–223.

Другие наиболее значимые публикации

22. Ларин С.Н., Бильданов Р.Г., Сельцов Е.В. Структурно-функциональное представление платформы онтологического моделирования процесса технологической подготовки производства // Автоматизация в промышленности. 2023. № 5. С. 44–48.

23. Ларин С.Н., Бильданов Р.Г. Практическая реализация алгоритмов планирования // Технология машиностроения. 2023. № 1. С. 47–57.

24. Ларин С.Н., Сельцов Е.В. Повышение качества технологической документации в рамках онтологической платформы поддержки производства // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2022. № 6. С. 24–32.

25. Ларин С.Н., Бильданов Р.Г. Трехкомпонентная модель организации планирования электрохимического производства // Символ науки. 2022. № 2-2. С. 13–16.
26. Ларин С.Н., Смагин А.А., Липатова С.В., Булаев А.А. Концепция архитектуры онтологической платформы поддержки технологического процесса подготовки производства // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2021): тр. междунар. науч.-техн. конф. Самара, 2021. С. 110–113.
27. Ларин С.Н., Смагин А.А., Бильданов Р.Г., Булаев А.А. Проектирование средства проверки выполнения этапов производства радиофармпрепаратов // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2021): тр. междунар. науч.-техн. конф. Самара, 2021. С. 113–117.
28. Ларин С.Н., Зрячев С.А. Создание системы поддержки принятия решений для послепродажного обслуживания авиационной техники // Пром-Инжиниринг: тр. VII Всерос. науч.-техн. конф. Челябинск, 2021. С. 276–281.
29. Ларин С.Н., Зрячев С.А. Разработка системы поддержки принятия решений послепродажного обслуживания авиационной техники // 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика»: тез. докл. Москва, 2020. С. 344–345.
30. Ларин С.Н., Карпаев С.А., Смагин А.А. Модель производственного процесса на базе сетей Петри // Ученые записки УлГУ. Сер.: Математика и информационные технологии. 2020. № 2. С. 13–19.
31. Ларин С.Н., Зрячев С.А. К вопросу о текущем положении технического обслуживания и ремонта авиационной техники // Восьмые Чарновские чтения: сб. трудов VIII Всерос. науч. конф. по организации производства. 2019. С. 163–169.
32. Ларин С.Н., Липатова С.В. Онтологическое решение задачи проверки комплектности технологической документации // Цифровые технологии в экономике и промышленности (ЭКОПРОМ-2019): сб. трудов нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. 2019. С. 661–670.
33. Ларин С.Н., Зрячев С.А. Обзор современных средств анализа полётной информации от производителей авиационной техники // 18-я Междунар. конф. «Авиация и космонавтика – 2019»: тез. М., 2019. С. 89–90.
34. Ларин С.Н., Зрячев С.А. Состояние теории и практики технического обслуживания и ремонта авиационных компонентов // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 8. С. 14–17.
35. Ларин С.Н., Карпаев С.А. Алгоритмическая интерпретация моделей системы оперативного календарного планирования многономенклатурного производства // Гибридные и синергетические интеллектуальные системы: материалы III Всерос. Поспеловской конф. с междунар. участием. 2016. С. 269–277.
36. Ларин С.Н., Карпаев С.А., Федоров А.А. Взаимодействие системы автоматизированного проектирования технологических процессов с системой производственного плана // Системы управления жизненным циклом изделий авиационной техники: тез. докл. V Междунар. науч.-практ. конф. 2016. С. 55–57.
37. Ларин С.Н., Карпаев С.А. Модель управления потоками задач в оперативно-производственном планировании многономенклатурного предприятия // Приборостроение в XXI веке – 2015: сб. материалов XI Междунар. науч.-техн. конф. Ижевск, 2016. С. 581–587.
38. Ларин С.Н., Карпаев С.А. Совершенствование автоматизированной системы управления оперативно-производственным планированием // Интегрированные системы управления: сб. науч. тр. науч.-техн. конф. 2016. С. 13–21.
39. Ларин С.Н., Карпаев С.А. Разработка модели балансировки мощностей многономенклатурного производства // Автоматизация процессов управления. 2016. № 3(45). С. 79–87.
40. Ларин С.Н., Гришин М.В., Соснин П.И. Онтологии проектирования шаблонной оснастки в авиационном производстве // Онтология проектирования. 2016. Т. 6, № 1(19). С. 7–28.

41. Ларин С.Н. Практическая реализация моделей зрелых производственных процессов в контексте автоматизированного управления потоками конструкторско-технологических работ // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. 2016. № 6. С. 435–440.
42. Ларин С.Н., Карпаев С.А. Разработка справочников объектов оперативно-производственного планирования на основе онтологического подхода // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. 2016. № 6. С. 441–444.
43. Ларин С.Н., Гришин М.В. Средства онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки в современном российском авиастроении // 14-я Междунар. конф. «Авиация и космонавтика – 2015»: тез. М., 2015. С. 479–481.
44. Ларин С.Н., Гришин М.В., Кочергин В.И., Ларин С.Н. Онтология как средство проектирования шаблонной оснастки в условиях подготовки наукоемкого производства // Автоматизация процессов управления. 2015. № 1(39). С. 89–98.
45. Ларин С.Н., Гришин М.В., Соснин П.И. Средства онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки в условиях авиационных производств // В мире научных открытий. 2015. № 4(64). С. 10–42.
46. Ларин С.Н., Гришин М.В., Соснин П.И. Онтология проектирования шаблонов авиационных деталей // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. 2015. № 5. С. 381–384.
47. Ларин С.Н., Гришин М.В. Практическая реализация повышения эффективности подготовки авиационных производств с использованием САПР шаблонной оснастки // Энергосбережение, информационные технологии и устойчивое развитие: сб. материалов Междунар. интернет-конф. 2014. С. 92–99.
48. Ларин С.Н., Гришин М.В. Теоретические основы процессов повышения эффективности подготовки авиационных производств // Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности: материалы Междунар. науч.-практ. конф. 2014. С. 335–338.
49. Ларин С.Н., Чернова М.М. Автоматизация технологического аудита // Ракетно-космическая техника. 2013. Т. 1, № 2(3). С. 17.
50. Ларин С.Н., Пузакина Е.Ю. Адаптация методологии зрелых производственных процессов (СММІ) для автоматизированного управления потоками технологических работ // Самолетостроение России. Проблемы и перспективы: материалы симпозиума с междунар. участием. Самара, 2012. С. 327–329.
51. Ларин С.Н., Тимирязев В.В. Повышение производительности производства и уменьшение времени простоя оборудования при использовании средств оперативно-календарного планирования производства // Самолетостроение России. Проблемы и перспективы: материалы симпозиума с междунар. участием. Самара, 2012. С. 369–370.
52. Ларин С.Н., Чернова М.М. Инструментальные средства поддержки проведения технологического аудита промышленных предприятий // Самолетостроение России. Проблемы и перспективы: материалы симпозиума с междунар. участием. Самара, 2012. С. 426–428.
53. Ларин С.Н., Чернова М.М., Пузакина Е.Ю. Процедурная модель процесса автоматизированного проектирования средств технологического оснащения // Автоматизация процессов управления. 2012. № 3. С. 63–68.
54. Ларин С.Н., Пузакина Е.Ю. Практическое применение методологии зрелых производственных процессов для автоматизированного управления потоками технологических работ // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва. 2012. № 5-2(36). С. 292–296.
55. Ларин С.Н., Чернова М.М. Автоматизация процессов проведения технологического аудита на промышленных предприятиях // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С. П. Королёва. 2012. № 5-2(36). С. 304–308.

56. Ларин С.Н., Тимирзянов В.В. Исследование процессов оперативно-календарного планирования в условиях многономенклатурных производств // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва. 2012. № 5-2(36). С. 320–325.
57. Ларин С.Н., Маклаев В.А., Соснин П.И. Методологический базис конструкторско-технологических решений с позиций зрелости производственных процессов // Автоматизация процессов управления. 2011. № 4. С. 55–65.
58. Ларин С.Н., Карпушин А.Н. Средства управления технологической подготовкой производства в среде TechWiq // Информатика, моделирование, автоматизация проектирования (ИМАП-2010): сб. науч. тр. Российской школы-семинара аспирантов, студентов и молодых ученых. 2010. С. 265–269.
59. Ларин С.Н. Практическая реализация исследований в области оптимизации технологических процессов // Программные продукты и системы. 2010. № 1. С. 25.
60. Карпушин А.Н., Ларин С.Н., Соснин П.И. Комплекс средств аспектно-ориентированного проектирования систем потоков работ конструкторско-технологической подготовки опытного приборостроительного производства // Автоматизация процессов управления. 2010. № 4. С. 35–41.
61. Ларин С.Н., Козырев С.А. Разработка автоматизированной системы оперативно-календарного планирования в опытном производстве // Программные продукты и системы. 2009. № 4. С. 26.
62. Ларин С.Н., Попов П.М. Оптимизация проектных решений подготовки производства в условиях функционирования автоматизированной системы конструкторско-технологического анализа. Самара, 2008.
63. Ларин С.Н. Информационное сопровождение процессов сборки приборных комплексов // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2008. № 1. С. 1–6.
64. Ларин С.Н., Кириллов А.В. Структура интегрированной автоматизированной системы определения оптимального технологического процесса // Автоматизация процессов управления. 2008. № 3. С. 49–53.
65. Ларин С.Н. Комплексная оценка технологичности изделий в приборостроении // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2007. № 6(142). С. 33–37.
66. Ларин С.Н. Методические аспекты обеспечения стабильности функционирования производства // Автоматизация процессов управления. 2007. № 2. С. 103–106.
67. Ларин С.Н. Система конструкторско-технологического анализа // Судостроение. 2004. № 6(757). С. 53–56.

Патенты

68. Ларин С.Н. Пат. № 2307719. Способ изготовления гнутых изделий из листового проката алюминиевых сплавов с радиусами менее наименьших, установленных по предельно допустимым деформациям крайних волокон./ Ларин С.Н., Корнев А.И./
69. Зрячев С.А., Ларин С.Н. Интеллектуальное формирование технологических карт технического обслуживания и ремонта авиационной техники: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2021613564. 11.03.2021.
70. Ларин С.Н., Булаев А.А., Смагин А.А., Липатова С.В. Программное средство проверки комплектности набора технологической документации на основе онтологического подхода: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019665021. 18.11.2019.
71. Ларин С.Н., Булаев А.А., Смагин А.А., Липатова С.В. Программное средство выбора набора технологической документации на основе онтологического подхода: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019665022. 18.11.2019.
72. Соснин П.И., Маклаев В.А., Ларин С.Н., Лапшов Ю.А. Программный инструментарий контроля поручений: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2015610236. 12.01.2015.

73. Соснин П.И., Маклаев В.А., Святков К.В., Ларин С.Н. Формирователь интерфейсных прототипов для отладки программ: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2015610594. 14.01.2015.