

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ «SMART FACTORY» В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ЦЕХЕ №50 ОАО «АВИААГРЕГАТ»

И.В. Прилепский

Открытое акционерное общество «Авиаагрегат»

Россия, 443009, Самара, Заводское шоссе, 55

E-mail: oksup@aviaagregat.net

И.В. Майоров, Я.М. Калмычков, Я.Ю. Шепилов

ООО «Научно-производственная компания «Разумные решения»

Россия, 443013, Самара, Московское шоссе, 17, офис 1201

E-mail: kalmychkov@smartsolutions-123.ru

Ключевые слова: задачи управления, инструментальный цех, мультиагентные технологии, результаты внедрения

Аннотация: Рассматриваются особенности задачи управления цехом №50 ОАО «Авиа-Агрегат». Дается краткий обзор функций мультиагентной системы «Smart Factory» для управления инструментальным цехом. Описываются основные этапы внедрения системы в инструментальном цехе №50. Дается оценка эффективности внедрения.

1. Введение

ОАО «Авиаагрегат», входящий в холдинг «Авиационное оборудование» – одно из крупных современных предприятий авиационного машиностроения, которое специализируется на проектировании и изготовлении шасси, рулевых приводов самолетов, элементов ракетного вооружения, летательных аппаратов, гидроцилиндров для дорожной, строительной, сельскохозяйственной, железнодорожной техники, а также вязкостных муфт для автомобилей УАЗ и ГАЗ и т.д. [1].

Чтобы активно развиваться в условиях острой конкуренции, предприятие постоянно ищет инновационные пути повышения эффективности использования ресурсов, улучшения качества продукции, минимизации сроков поставки, индивидуализации своих решений и т.д. Особенную сложность при этом представляет постепенный переход от массового – к индивидуальному производству продукции «на заказ», что требует более гибкого и оперативного управления в реальном времени заказами, издержками и распределением ресурсов, чтобы избежать простоев и дефицита, в первую очередь, дефицитных кадров и дорогостоящего оборудования.

В этих целях предприятие внедряет новые информационные технологии для управления ресурсами, в числе которых важное значение приобретает мультиагентная система «Smart Factory» для управления цехами машиностроительных предприятий в реальном времени. В настоящей статье описывается успешный опыт внедрения данной системы в инструментальном цехе №50 и первые полученные результаты от ее исполь-

зования, а также перспективы дальнейшего развития системы, в настоящее время интегрированной с модулями Team Center, 1С Предприятие, Симфония и рядом других.

2. Основные задачи управления предприятием

В связи с растущим спросом на продукцию ОАО «Авиаагрегат», предприятию требуется обеспечить высокую эффективность использования своих производственных ресурсов, что во многом зависит от методов и средств, применяемых для планирования производства. При этом важной задачей предприятия является планирование изготовления инструмента и оснастки, необходимой всем цехам основного производства, что является основой бесперебойной работы всего предприятия. В качестве перспективы рассматривается возможность на базе инструментального производства ОАО «Авиаагрегат» создать инструментальный центр компетенций для всех предприятий Холдинга «Авиационное оборудование» и сторонних предприятий.

Инструментальное производство ОАО «Авиаагрегат» представлено цехом №50 (малогабаритная оснастка) и частично №53 (крупногабаритная оснастка).

В цехе №50 используется 130 единиц оборудования, а кадровый состав составляет 112 человек, 84 из которых – производственные рабочие. Цех поделен на участки режущего инструмента, мерительного инструмента и оснастки, а каждый участок, в свою очередь, разделен на группы. Номенклатура цеха – примерно 700 изделий в месяц, а суммарная трудоемкость составляет приблизительно 17 тыс. нормо-часов в месяц.

Основной управленческой задачей цеха №50 в части планирования является необходимость выполнения заказов по изготовлению средств специального технического оснащения (ССТО) точно в срок. Даже небольшие задержки в производстве ССТО приводят к срыву сроков большого объема производства основных изделий.

Основными типовыми причинами срыва сроков производства ССТО являются поступление срочных, незапланированных заказов на изготовление ССТО (40% от всех заказов) и задержки в поставке материалов и комплектующих, что вызывает необходимость постоянного оперативного маневрирования между заказами, чтобы исключить простои оборудования и рабочих и несогласованность действий внутрицехового плана. При этом следует учитывать высокую трудоемкость оперативного управления, наличие человеческого фактора в лице пожилых мастеров и рабочих, превалирование бумажной технологии и отсутствие опыта работы персонала цеха с компьютерными системами.

В результате, уровень изменчивости плана цеха в ходе работы на горизонте планирования оценивается в 25-35% объема, что требует применения развитых методов и средств адаптивного планирования в реальном времени.

3. Предлагаемый подход к решению проблемы

Для решения задачи был предложен мультиагентный подход для адаптивного построения и исполнения планов в реальном времени на основе концепции «живого расписания», механизма ПВ-сетей и метода сопряженных взаимодействий [2, 3].

В разработанном подходе планирование никогда не останавливается, а план лишь уточняется и корректируется, оптимизируется и дополняется по мере прихода новых событий в скользящем режиме на базе фактически выполненных работ или проактивно, когда у системы есть время улучшить результаты, например, до выдачи очередной работы сменно-суточного задания, что также позволяет с опережением формировать про-

гнозные показатели выполнения плана цеха. Переход от статичных планов, построенных на большой горизонт времени вперед, к динамичным, меняющимся непрерывно по событиям в реальном времени, является принципиальным, помогая предприятиям делать шаг к управлению в реальном времени, когда от самого момента времени зависит качество и эффективность работы, заготовка или дефицит по позициям и т.д.

При этом план лишь адаптивно корректируется и оптимизируется по мере появления событий в реальном времени, причем динамическая оптимизация охватывает сколь угодно длинную цепочку изменений, если для этого есть запас времени. Такая автоматизированная адаптация планов «на лету», в ходе их исполнения, осуществляется непрерывно путем выявления конфликтов в доступных ресурсах, проведения переговоров и достижения компромиссов между агентами потребностей и возможностей.

Основные функции системы «Smart Factory» включают:

- ввод заказов на производство инструментов и оснастки и их декомпозиция до уровня отдельных операций с учетом заданных технологий производства;
- автоматическое формирование сменно-суточных заданий для рабочих с учетом их квалификации, возможностей, обеспеченности и приоритетов задач;
- адаптивная корректировка планов по событиям;
- оптимизация распределения ресурсов и планов цеха (при наличии времени);
- мониторинг и контроль выполнения работ в режиме реального времени;
- прогнозирование «узких мест» в производственном плане;
- подготовка отчетов и ведение бизнес-радаров для опережающего оповещения мастеров и менеджеров о проблемах производства.

Повышение оперативности принятия решений при возникновении непредвиденных событий в цехе достигается за счет автоматизации выполнения цепочек изменений в производственном плане путем подвижек и перераспределения задач с учетом технологической взаимосвязей между операциями в реальном времени.

Система предназначена для использования руководством цеха, отделом управления технологической подготовкой производства, сотрудниками планово-диспетчерского бюро (ПДБ) и мастерами цеха, специалистами ОТК и бюро зарплаты, нормировщиками, а также имеется выход и на рабочих цеха через терминал.

Начальник цеха и его заместители осуществляют контроль и управление работой сотрудников цеха, отслеживая работы каждого производственного участка и группы, а также получая сводную и индивидуальную информацию по различным показателям работы цеха, вплоть до каждого рабочего. Начальник цеха может просматривать плановую загрузку и фактическую выработку рабочих, а также корректировать и контролировать все стадии заказов от поступления в цех до выпуска готового изделия, включая технологическую проработку, нормирование и обеспеченность материалами, приемку работы.

Сотрудник отдела управления технологической подготовкой производства (ОУТПП) получает возможность работы с заказами цеха (создание, просмотр и редактирование), формирования планов и отчетов, контроля процесса и сроков производства.

Технолог и нормировщик могут работать с технологическими процессами изготовления изделий, создавать и редактировать, печатать технологии, устанавливать нормы.

Сотрудник ПДБ получает возможность контролировать поступающие заказы, сроки их выполнения, а также обеспеченность заказов материалами, формировать заявки на материалы и покупные изделия с учетом плана производства.

Мастер может получать и корректировать план работы группы рабочих на каждый день, учитывающий персональные квалификации, знания и опыт рабочих при работе с тем или иным оборудованием, при этом он так же может вводить незапланированные события и контролировать загрузку рабочих и оборудования своей группы. Мастер

формирует наряды на выполнение работ, сменно-суточные задания и различные отчеты в электронном и печатном виде.

Сотрудник ОТК получает возможность фиксировать факт выполнения работ, а также годность или брак обработанных изделий с возможной частичной сдачей и повторным предъявлением. Для сотрудников ОТК предусмотрено формирование отчетов по браку и второму предъявлению.

Более подробно предлагаемый мультиагентный подход и функции разработанной системы, а также предшествующий опыт внедрений рассмотрены в [4-6].

4. Доработки «Smart Factory» для ОАО «Авиаагрегат»

4.1. Основные этапы проекта внедрения

Проект внедрения «Smart Factory» был начат в июле 2012 года с этапа разработки технического задания, который длился 3 месяца. В ходе этого этапа был произведен ряд интервью с будущими пользователями системы, включая начальника цеха, сотрудников ПДБ, начальников участков и мастеров, а также технологов и нормировщиков. В результате этапа был сформулирован перечень задач как по доработке «Smart Factory», так и доработке существующих систем предприятия, с целью интеграции систем и поддержки внедрения новых бизнес-процессов.

Далее начался второй этап, который также длился около 3 месяцев и сопровождался закупкой необходимого серверного и клиентского оборудования, включавший доработки системы с учетом выявленной специфики предприятия.

Третий этап включал поставку системы и обучение сотрудников цеха, а также доводку АРМов основных специалистов непосредственно по замечаниям пользователей, что также потребовало около 3 месяцев.

С июня 2013 года система находилась сначала в опытной эксплуатации, а с октября 2013 была переведена в штатную эксплуатацию.

4.2. Наиболее важные доработки «Smart Factory»

4.2.1. Доработки справочника ДСЕ и технологий. В отличие от базовой версии системы «Smart Factory», в которой одна и та же технология дублировалась для нескольких заказов, что существенно затрудняло повторное использование технологий, в доработанной системе для хранения информации о структуре деталей-сборочных единиц (ДСЕ) был реализован специальный справочник, исключающий дублирование данных. Для изделий из справочника ДСЕ пользователь может создавать технологии на АРМ Технолога, экран которого представлен на рис. 1.

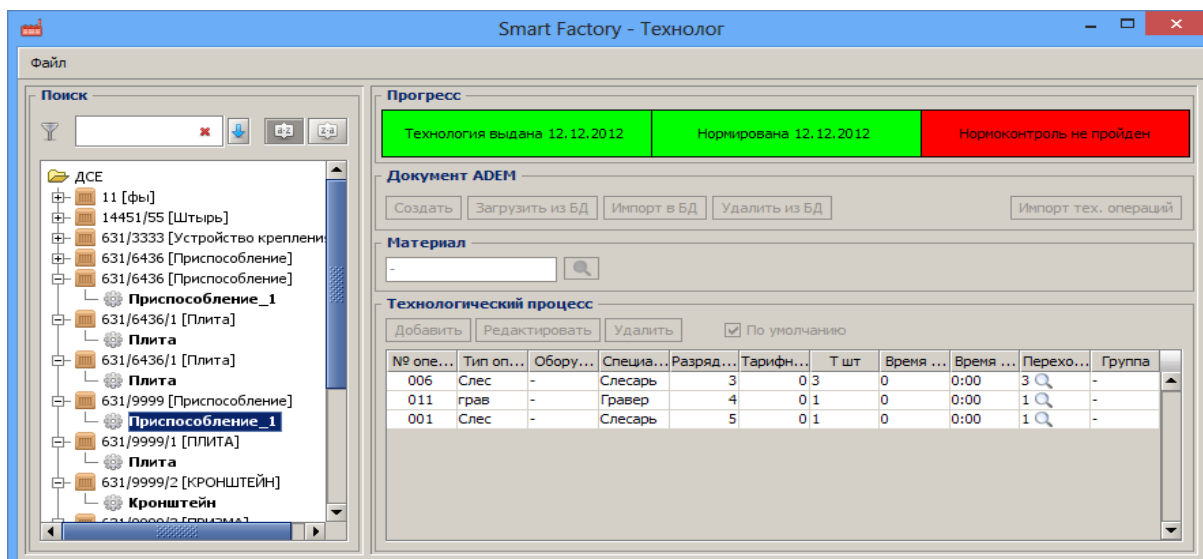


Рис. 1. Экран АРМ Технолога, позволяющий вводить и изменять технологии изделий.

Это единое хранилище технологической информации, где можно сохранять версии технологий и осуществлять их быстрый поиск, что ускоряет работу технологов.

4.2.2. Доработки процессов адаптивной обработки событий. Анализ бизнес-процессов предприятия позволил выявить специфику обработки непредвиденных событий, вносящих турбулентность в работу цеха, включая:

- поступление нового внепланового заказа;
- изменение сроков выполнения уже спланированных заказов;
- задержка материалов для заказов;
- смена приоритета в заказах;
- поломка оборудования или отсутствие рабочего.

Каждое событие потребовало введения определенных этапов согласования планов между различными участниками процесса планирования как на этапе планирования, так и выполнения заказов, когда в ответ на поступающие данные о возникающих событиях производится корректировка расписания в реальном времени. На АРМ Мастера была улучшена обработка событий за счет возможности обработки нескольких событий одновременно и автоматического планирования некоторых создаваемых событий. В заказ добавлена возможность учета нескольких типов приоритетов, созданы справочники для работы с этими приоритетами.

4.2.3. Изменения в общей структуре системы. В рамках доработки системы был произведен переход с СУБД PostgreSQL на СУБД Oracle, что позволило повысить общую производительность и стабильность работы системы. На уровне БД также было реализовано обеспечение интеграции с внешними системами посредством обмена данными между таблицами с помощью механизма срабатывания триггеров. Для работы с БД с целью повышения удобства использования был реализован собственный, созданный в рамках проекта, модуль управления данными, включающий наборы данных, необходимых для планирования.

4.2.4. Доработки модуля планирования. В ходе второго этапа проекта для обеспечения большей гибкости и расширяемости системы был доработан модуль планирования. Его можно разделить на три основные части: управление планированием, платформа планирования и специальная логика агентов. Управление планированием отвечает за обработку поступающих событий и подготовку к непосредственному планированию, в том числе, загрузку данных, обновление мира агентов по настройкам, предо-

ставление данных для планирования. Платформа планирования служит базовой инфраструктурой планирования и предоставляет необходимые механизмы для создания, работы и взаимодействия агентов. Этот модуль также отвечает за обеспечение жизненных циклов агентов, передачу сообщений, управление логикой агентов. Основная часть алгоритмов и структур данных для планирования сосредоточена в модуле реализации логики агентов. Агенты представляют собой классы автономных программных объектов, которые преследуют свои интересы, имеют различные ограничения и предпочтения, а также реализуют собственные сценарии действий (активности). Данная структура позволила ускорить и упростить внесение изменений в логику работы системы адаптивного планирования загрузки цеха.

4.2.5. Контроль обеспеченности материалами и комплектующими. В ходе проекта был доработан функционал контроля обеспеченности материалами и комплектующими (рис. 2), необходимый для повышения эффективности планирования. За счет предоставления системе сведений о наличии или дате поступления материала и комплектующих, необходимых для производства изделия, повышается адекватность плана. Заказы, необеспеченные материалом, имеют более низкий приоритет и вытесняются обеспеченными заказами или заказами с известной датой поставки материала.

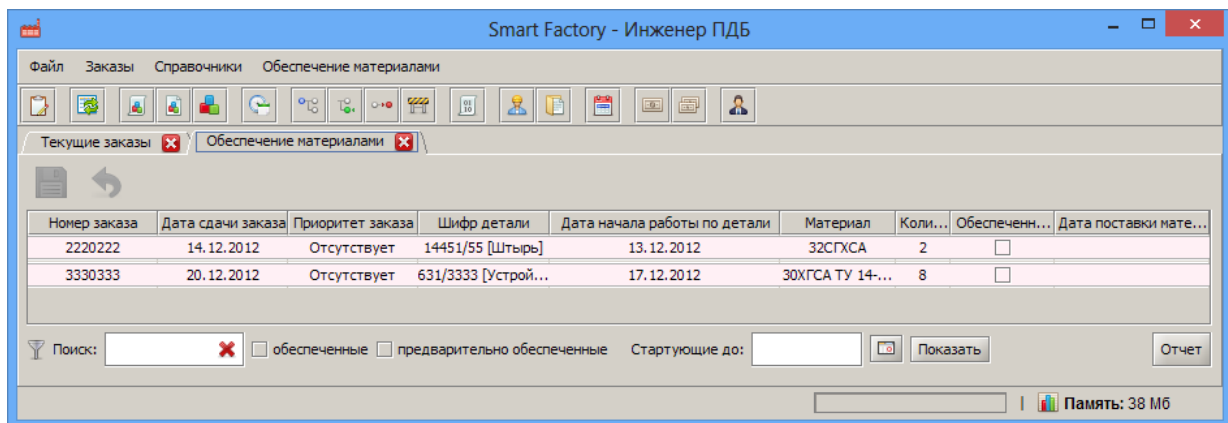


Рис. 2. Экран контроля обеспеченности материалом и комплектующими.

Данный функционал позволяет не только влиять на план производства, исходя из плана поставок или событий от поставщика (изменение даты поставки, факт поступления материала), но и строить согласованный план поставок, исходя из плана производства.

4.2.6. АРМЫ цехов-смежников. Для указания времени готовности услуг, производимых смежными цехами для цеха №50, был разработан специализированный АРМ, основными функциями которого являются:

- просмотр текущих заказов цеха №50, выполняемых для выбранного цеха;
- просмотр перечня услуг, выполняемых данным цехом для цеха №50;
- проставление планируемой даты готовности услуг.

Для повышения точности планирования пользователь может устанавливать дату начала и завершения каждой операции-услуги, что вызовет в системе создание события, которое обработается модулем планирования с последующей корректировкой плана. Тем самым, другие цеха, которые еще пока не имеют своих планировщиков, также получают возможность работать согласованно в едином сводном плане предприятия.

4.2.7. Штрихкодирование нарядов на работу. Доведение заданий до рабочих осуществляется путем печати персональных нарядов на каждую работу на бланке строгой отчетности. После выполнения каждого задания рабочий должен отнести деталь

вместе с нарядом на технологический контроль, где контролер должен проверить ее и отметить в системе факт годности или брака. Для повышения скорости поиска информации о задании, снижения количества ошибок была добавлена функция штрихкодирования нарядов и возможность идентификации их на АРМ ОТК по штрих-коду, что существенно упрощает работу сотрудников ОТК и не требует поиска операций и т.д.

4.2.8. Справочник коэффициентов норм. Нормы времени выполнения работ по изготовлению изделия зависят от количества изделий в партии. Для этого инженеры по нормированию используют специальный коэффициент, на который нужно умножить норму, исходя из количества изделий в партии и типа изделия. В «Smart Factory» технология прорабатывается и нормируется для изделия, а не для конкретного заказа, соответственно, такие коэффициенты норм следует учитывать непосредственно в системе. Для этого был разработан специальный справочник коэффициентов масштабирования норм, вид которого представлен на рис. 3.

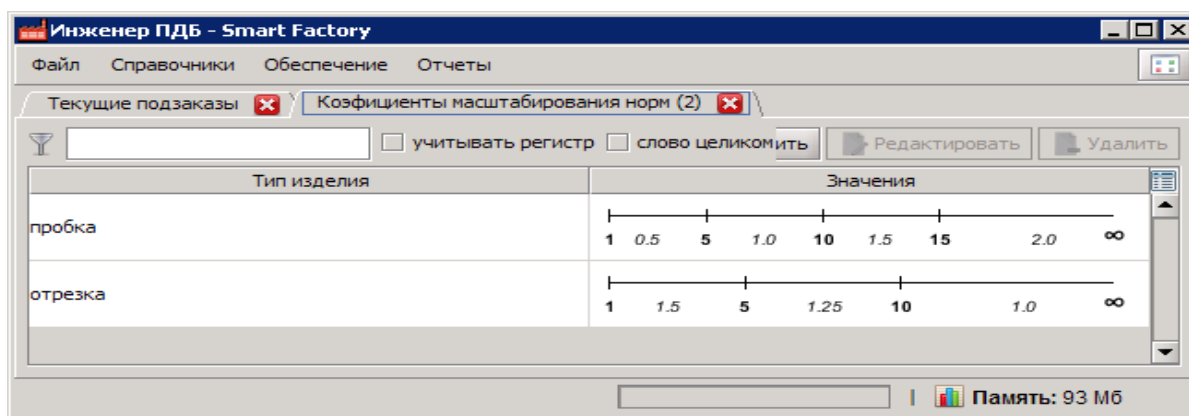


Рис. 3. Экран справочника коэффициентов масштабирования норм.

Этот справочник позволяет добавлять группы изделий и указывать коэффициенты для этих групп, в зависимости от количества изделий в партии.

4.2.9. Интеграционные возможности. Для ускоренного ввода в систему всей необходимой для планирования информации были разработаны интеграционные компоненты, позволяющие импортировать данные из различных систем предприятия. В табл. 1 приведен перечень справочников для систем, из которых поддерживается импорт данных в «Smart Factory». Справочники, в которых информация изменяется редко, импортируются посредством экспорта XML-файла из внешней системы и импорта этого файла в «Smart Factory» при необходимости.

Таблица 1. Перечень справочников и систем, из которых поддерживается импорт.

Справочники	Системы
Материалы и комплектующие	Симфония
Операции	Adem
Оборудование	Симфония
Сотрудники	1С
Специальности	1С
Подразделения	1С
Состав изделия	TeamCenter
Технология	Adem
ММС	TeamCenter

Данные, которые изменяются постоянно, импортируются с помощью триггеров, настроенных в базе данных внешней системы и срабатывающих при добавлении, изменении и удалении записей. При срабатывании триггер формирует XML-данные и передает их посредством протокола HTTP в «Smart Factory». Получив данные, система сравнивает их с записями в БД и при нахождении различий обновляет или создает записи.

Например, при увольнении рабочего система автоматически получит извещение о том, что его надо удалить из планировщика и не будет на него планировать операции.

4.2.10. Другие доработки. Уже в процессе внедрения был разработан АРМ Администратора, отвечающий за ведение справочника пользователей и предоставление доступа пользователям к определенному функционалу. АРМ Администратора позволяет вести справочник ролей пользователей, вести справочник пользователей и сопоставлять роли и функциональные возможности системы. Кроме того, доработаны выгрузка отчетных форм в MS Excel, удобство работы с данными (групповая обработка элементов, отслеживание связанных сущностей, сквозной поиск по всем полям элементов), подсчет веса заготовок, учет расхода материала и др.

5. Внедрение системы «Smart Factory»

Работы по вводу системы в опытную эксплуатацию начались с технического оснащения рабочих мест пользователей. Так же в ходе внедрения были проведены работы по переводу технологической документации из бумажной формы в электронную для нескольких основных изделий, производимых цехом. Т.к. новая номенклатура у цеха появляется каждый месяц, работы по наполнению и поддержке этих справочников ведутся в оперативном режиме и в настоящий момент времени, но теперь уже сотрудниками цеха при поддержке информационной службы предприятия.

Одной из проблем, возникшей в начале проекта, был низкий уровень компьютерной грамотности у будущих пользователей, для решения этой проблемы было проведено обучение, которое в дальнейшем повторялось многократно для каждого рабочего места системы, требуя большого желания, терпения и соответствующей квалификации исполнителя. На этом этапе были так же разработаны руководства пользователей и регламент их взаимодействия с системой, поскольку с внедрением системы начали кардинально меняться бизнес-процессы предприятия.

Непосредственно запуск системы в работу цеха осуществлялся поэтапно.

Предварительно была реализована возможность импорта журнала заказов цеха из MS Excel. Затем, после проведения обучения, технологи перевели технологическую информацию о первых 20-ти наиболее приоритетных отобранных изделиях из плана участка мерительного инструмента. Отработка бизнес-процесс на небольшом количестве заказов для участка мерительного инструмента позволила собрать новые замечания и новые требования к системе, которые сразу же дорабатывались. В ходе такого многоитерационного процесса были поэтапно учтены все требования, и далее система была запущена для обработки всех заказов, поступающих на участок мерительного инструмента. На большем и быстро растущем объеме данных система начала замедляться, но причины были быстро выявлены и замечания пользователей устранены путем оперативной оптимизации программного кода.

Следующим важным этапом стал запуск системы на участке режущего инструмента, в процессе которого так же были выявлены новые замечания, связанные с особенностями производства режущего инструмента. После устранения этих замечаний в ходе

аналогичных итераций, в работу были включены участок оснастки и отдел технологического контроля, а также другие подразделения.

В целом, в процессе внедрения было получено 162 замечания, из них 58 – новые требования для доработки системы, не учтенные в ходе подготовки ТЗ на первом этапе.

В процессе внедрения разработка велась по гибкой методологии Agile, что позволило поставлять доработки и новые функциональные возможности каждые две недели, без остановки функционирования системы.

6. Краткое описание процесса планирования заказов

Рассмотрим процесс работы над заказами с использованием системы подробнее.

На основе ведомости подготовки производства и заказов цехов ОУТПП при наличии конструкторской документации открывает заказы на производство ССТО. Раз в месяц из этих заказов формируется план на проработку и изготовление ССТО, который доступен для ПДБ цеха №50. Совместно с Начальником цеха в ПДБ среди заказов из полученного плана устанавливаются внутрицеховые приоритеты, исходя из оперативных заводских совещаний и реальной потребности в производстве.

Технологи цеха в Системе просматривают заказы и для каждого заказа формируют структуру изделия (на основании чертежа) и разрабатывают технологию. Затем инженеры ПДБ просматривают обработанные технологами заказы и проверяют для них обеспечение материалом. Из заказов, для которых материала и комплектующих нет в наличии, в Системе формируется ведомость потребности, которая распечатывается и отправляется в управление материально-технического снабжения и комплектации. В ответ на нее снабженцы передают в цех возможные сроки поставки материала, которые вводятся в Систему. Затем инженеры по нормированию труда в Smart Factory просматривают все проработанные технологом и обеспеченные в ПДБ заказы (нормы зависят от материала), рассчитывают трудовые нормативы на каждую технологическую операцию (ТО) и вносят их в Систему (Рис. 4).

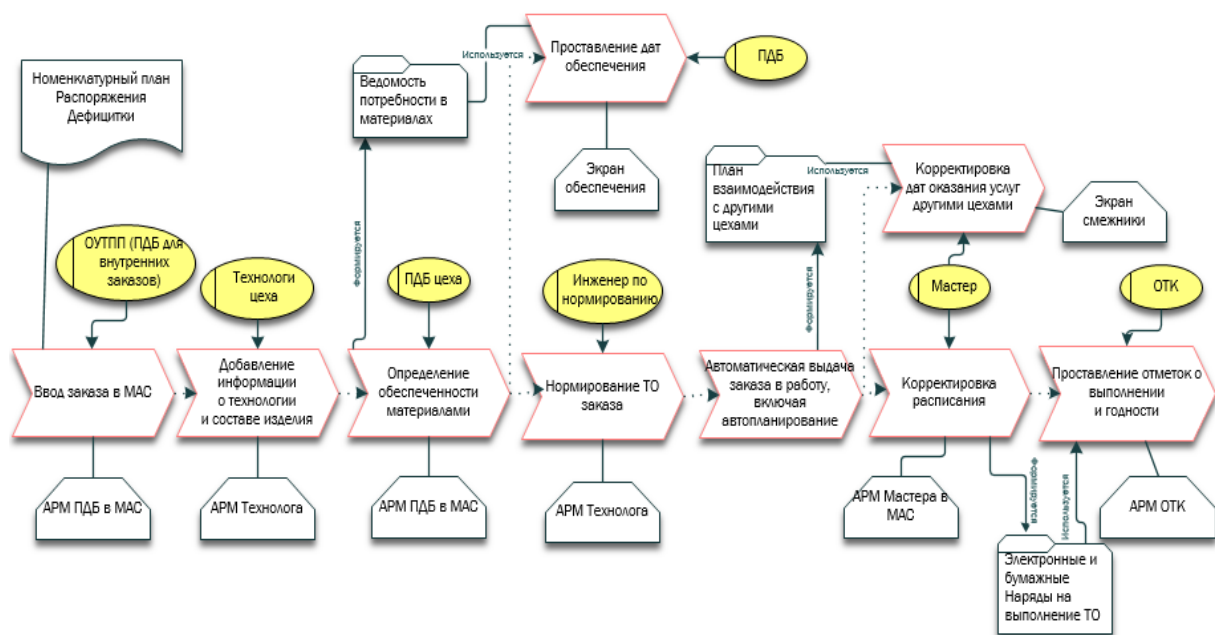


Рис. 4. Схема процесса обработки заказов на изготовление ССТО.

После нормирования заказы выдаются мастеру и автоматически планируются в Системе, исходя из срока сдачи, общего приоритета по изделию, а также специального приоритета начальника цеха. Мастера каждый день просматривают новые заказы, корректируют расписание (если требуется) и печатают наряды на каждую операцию заказа для каждого рабочего. Получив наряд, рабочий приступает к выполнению задания в указанное время. По завершении операции рабочий относит наряд и детали на контрольный стол отдела технологического контроля (ОТК), где производится проверка качества и в Системе фиксируется факт выполнения операции и годность детали. Для этого сотрудник ОТК считывает штрих-код с наряда сканером штрих-кодов, в Системе открывается окно фиксирования годности/брака, где контролер при необходимости корректирует информацию о работе.

Когда последняя операция заказа была отмечена на ОТК завершенной, заказ в Системе считается выполненным.

7. Результаты внедрения

В настоящее время в Системе ежедневно работает 15 человек, в числе которых: руководство цеха, ПДБ, инженеры по нормированию, мастера, технологи, нормировщики, контролеры и сотрудники ОУТПП.

В системе заведено 130 сотрудников, причем 84 из них – производственные рабочие, на которых планируются задания. Общее количество моделей различных ДСЕ в базе данных – 20687. За период внедрения сотрудниками ОУТПП введено 3369 заказов, из них 371 заказ не был обработан технологами, 153 заказа не обеспечено материалами и покупными изделиями, запланировано и в работе – 154, выполнено и сдано – 2673. 18 заказов было аннулировано.

Запланированные и выполненные заказы содержат 11857 операций (заданий рабочим), из них запланировано 4143, а выполнено 7327. Горизонт планирования при этом составляет 2 месяца.

Планирование одной выполненной операции занимает 1 секунду, а планирование всего объема операций – 2 минуты. При этом перестроение плана производства при изменении приоритета среднего по количеству операций заказа составляет 4 секунды. Непредвиденные события, такие как поступление нового заказа, изменение приоритета существующего заказа, недоступность ресурсов, вводятся в систему в среднем 4 раза в день.

При работе сервер приложения занимает от 1 до 3,5 ГБ оперативной памяти, в зависимости от частоты обращений к данным и их разнообразию. Клиентская часть может использовать от 140 МБ до 1 ГБ оперативной памяти.

Одним из результатов внедрения является снижение временных затрат сотрудников на действия, связанные с обеспечением процесса управления инструментальным производством. В среднем процесс подготовки производства и планирования сократился в 1,5 раза. Результаты хронометража затрат времени сотрудников цеха на основных этапах планирования работ «до» и «после» внедрения приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты замеров длительности процесса работы над заказами в Системе

Этапы работы	Оценка	После внедрения	До внедрения
ОУТПП. Формирование плана заказов на следующий месяц	Длительность на процесс	16 часов	24 часа
	Результаты	При необходимости, все участники процесса имеют возможность просмотреть план в электронном виде.	Необходимо распечатать и отнести в ПДБ цеха
ТБЦ. Технологическая проработка заказа на новое изделие	Длительность на заказ (при повторном использовании / в первый раз)	0,1 / 0,4 часа	0,3 часа
	Результаты	Формируется цифровая модель технологии изготавливаемого заказа. Технология может быть заполнена на основе введенных в Систему подобных заказов, обеспечено повторное использование информации. Нет необходимости использовать бумажные формы.	Формируется список технологических операций в MS Word, результатом является печатная форма.
БТЗ. Нормирование заказа на новое изделие	Длительность на заказ	0,5 часа	1 час
	Результаты	На нормирование одного заказа в среднем уходит 30 минут. Отпала необходимость выписывать наряды вручную. Нет необходимости вписывать вручную нормы в технологическую карту. Расценка в наряде подсчитывается автоматически.	Наряды на работу выписываются вручную, сверяясь с информацией из бумаги «технологии изделия». Приходится дублировать информацию по нормам для мастеров. Приходится самостоятельно рассчитывать расценку по каждому наряду.
ПДБ. Проверка обеспеченности материалами	Длительность на заказ	0,1 часа	0,3 часа
Мастер. Планирование работ и доведение задания до исполнителя	Длительность на сутки	0,1 часа	0,5 часа
	Результаты	Используются результаты работы системы планирования при распределении заданий по рабочим, необходимо лишь сверить назначение и распечатать наряды на работу. Вся необходимая информация сосредоточена на одном экране и всегда перед глазами. Имеется механизм контроля загрузки каждого рабочего. Освободилось время для дополнительного контроля и улучшения процесса производства.	Сверяясь с технологической картой, вручную вписывались фамилии рабочих в наряды и доводились до каждого рабочего, не имея возможности видеть текущую загрузку рабочих своей группы и гибко планировать. Много времени уходило на анализ полученных данных и заполнения необходимых печатных форм вручную.
ОТК. Ежедневное проставление отме-	Длительность на сутки	0,2 часа	0,4 часа

ток о годности изделий и факта выполнения работ	Результаты	С помощью сканирования штрих-кодов на нарядах контроллер быстро находит соответствующие операции в Системе и проставляет количество годных изделий. Расписывается на наряде и ставит отметку о предъявлении. Ведет автоматический журнал сдачи.	Контролер расписывается на наряде и ставит отметку о предъявлении, ведет журнал сдачи, сообщает мастерам результаты.
---	------------	---	--

В результате, в ходе внедрения были получены следующие основные результаты:

- эффективность использования ресурсов цеха увеличена на 10-15%;
- уменьшена трудоемкость цикла управления от заказа до наряда до 25% за счет использования единой системы и сокращения дублирования информации;
- снижение трудоемкости на немерность до 80% за счет частичного исключения работы по дефициту (до 15% от общей трудоемкости цеха);
- снижена в 2-3 раза трудоемкость планирования срочных заказов за счет адаптивного планирования в режиме реального времени;
- сокращены на 40% сроки разработки технологической документации и ее поиска;
- введенные данные по объектам и технологическим процессам используются повторно, что приводит к постепенному росту производительности труда технологов и нормировщиков;
- план работы цеха может теперь в любой момент перестраиваться и пересчитываться быстро, гибко и с учетом индивидуальных особенностей каждого заказа и ресурса;
- важные субъективные знания мастеров о станках, технологиях и рабочих (плохо формализуемые) становятся объективными и могут быть использованы для повышения качества планирования;
- принимаемые решения становятся более надежными, обоснованными и точными, избавленными от ошибок людей;
- сокращены затраты за счет сокращения сроков разработки изделий, поиска информации, на бумагу и копировальную технику, коммуникацию и отчеты по готовности работ и др.

8. Перспективы развития

Основные направления дальнейшего развития мультиагентной системы «Smart Factory» для ОАО «Авиаагрегат»:

- тиражирование «Smart Factory» на другие подразделения (цех 53 и далее);
- на этапе продажи оценивать влияние новых заказов на контрактные обязательства, назначать реалистичные сроки и стоимость работы;
- интегрально оценивать загрузженность по группам ресурсов (токари, слесари, токарные станки, шлифовальные станки и т.д.) и принимать решение о найме/увольнении сотрудников, введении сверхурочной работы, приобретении или перераспределении станков и т.д.;
- доработка и внедрение терминала рабочего, для получения ССЗ и фиксации отметок о выполнении, изменении длительности операций или вводе информации о невозможности выполнения операции;
- разработка мобильного терминала для мастера, позволяющего оперативно реагировать на события при работе в цехе;

- внедрение новых управленческих моделей предприятия, включая методы поддержки стимулирования, трансфера знаний и т.д.;
- разработка интерфейса для управленческих ЖК-панелей в цехе, отображающих информацию о текущем положении дел и прогнозе развития ситуации на участках;
- создание интерактивного стратегического планировщика завода на большой горизонт планирования на основе мультиагентной технологии;
- построение p2p сети мультиагентных планировщиков цехов предприятия;
- создание онтологии машиностроительного производства для специфики предприятия, а также развитие логики адаптивного планирования для цехов и подразделений;
- построение подсистемы имитационного моделирования производственного процесса, позволяющей ответить на вопросы вида «что будет, если», в частности, при выводе инструментального производства в самостоятельный центр компетенций;
- создание мультиагентных планировщиков других подразделений, позволяющих увязать план производства с планом закупок, бюджетом и кредитами и др.;
- интеграция с другими информационными системами предприятия.

9. Заключение

Внедрение «Smart Factory» в цехе №50 ОАО «АвиаАгрегат» позволило уменьшить трудоемкость планирования деятельности цеха, более эффективно использовать материалы и трудовые ресурсы, а также получить ряд других важных результатов.

При этом новая возможность адаптивно перераспределять задачи в режиме реального времени в соответствии с изменяющимися потребностями основного производства является одним из важнейших факторов в исполнении запланированных сроков.

Опыт разработки и внедрения системы в инструментальном цехе доказал эффективность заложенных подходов и открывает перспективы ее использования для цехов основного производства.

Список литературы

1. Сайт ОАО «Авиаагрегат». – Режим доступа: <http://aviaagregat-samara.com/>
2. Скобелев П. О. Открытые мультиагентные системы для оперативной обработки информации в процессах принятия решений // Автометрия. 2002. № 6. С. 45-61.
3. Виттих В. А., Скобелев П. О. Метод сопряженных взаимодействий для управления распределением ресурсов в реальном масштабе времени // Автометрия. 2009. № 2. С. 78-87.
4. Скобелев П. О. Мультиагентные технологии в промышленных применениях: к 20-летию основания Самарской научной школы мультиагентных систем. // Мехатроника, автоматизация, управление. 2010. №12. С. 33-46.
5. П.О. Скобелев. Интеллектуальные системы управления ресурсами в реальном времени: принципы разработки, опыт промышленных внедрений и перспективы развития // Приложение к теоретическому и прикладному научно-техническому журналу «Информационные технологии». 2013. №1. С. 1–32.
6. Тюрин И.Ю., Вылегжанин А.С., Андреев М.В., Кольбова Э.В., Скобелев П.О., Шепилов Я.Ю. «Опыт разработки и внедрения мультиагентной системы для оперативного управления инструментальным цехом ОАО «Ижевский мотозавод – Аксион-Холдинг» // Мехатроника, автоматизация, управление. 2012. № 11. С. 15-19.