

УДК 658.511

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ МОДЕЛЕ-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

© 2016 Д.Ю. Шабалкин¹, О.Ю. Левкина¹, А.Х. Латыпов²

¹ Ульяновский государственный университет

² АО «Авиастар-СП», г. Ульяновск

Статья поступила в редакцию 21.10.2016

В статье проведен анализ этапов технологической подготовки литейного производства, выделены проблемы, решаемые за счет комплексного применения автоматизированных систем. Представлены способы автоматизации стадий обеспечения подготовки производства отливок и некоторые результаты их применения на примере крупнейшего авиастроительного предприятия АО «Авиастар-СП». *Ключевые слова:* литейное производство, технологическая подготовка производства, PDM-системы, CAE-системы, САПР ТП, повышение эффективности.

ВВЕДЕНИЕ

Особенность постановки на производство новой номенклатуры литых заготовок заключается в необходимости выполнить полный цикл производственного процесса: от создания комплекта технологической документации на заготовку и изготовления требуемой оснастки до производства первой партии отливок, которые затем проходят полный контроль для оценки их соответствия установленным в технологической документации требованиям. Цикл технологической подготовки производства отливок является одним из наиболее длительных среди прочих переделов.

В случае необходимости корректировки технологий (средств технологического оснащения (СТО), формы, литниково-питающей системы (ЛПС)) цикл технологической подготовки производства выполняется несколько раз до тех пор, пока не будет получена партия годных отливок. При этом каждый цикл требует затрат значительного количества материальных ресурсов: электроэнергия, формовочный материал, металл, трудозатраты инженеров-технологов и конструкторов, производственного персонала и временных ресурсов. Кроме того, сам процесс производства отливок характеризуется высокой материалоемкостью - вес литниково-питающей системы, которую необходимо проектировать, чтобы изготовить годную заготовку, может превышать вес собственно отливки более чем в 1,7 раза. Поэтому проблема повышения эффектив-

ности технологической подготовки производства литых заготовок является актуальной.

В работах [1, 2] рассмотрены показатели оценки ресурсоемкости производственного процесса изготовления отливок, классифицированы риски, возникающие на каждом его этапе, и предложена модель управления ресурсоемкостью литейного производства за счет изменения параметров ресурсоемкости. При этом несомненный интерес представляет разработка и реализация комплекса мероприятий, обеспечивающих требуемые параметры ресурсоемкости.

Обеспечить требуемые параметры технологической подготовки производства и требования к изготавливаемым отливкам можно за счёт применения на различных стадиях жизненного цикла специализированных автоматизированных систем [3-6].

Однако, эффект от автоматизации одной из стадий (например моделирование процесса литья) может полностью нивелироваться отсутствием автоматизированного управления данными об изделии, ошибками при проектировании и нормировании технологических операций и др.

В этой связи рассмотрим комплексный подход к повышению эффективности организации технологической подготовки литейного производства на базе цифровых технологий.

1. АНАЛИЗ ЭТАПОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

Проведём анализ этапов технологической подготовки производства и выявим факторы, приводящие к снижению эффективности процесса (табл. 1).

На основе проведённого анализа будут предложены подходы к устранению показанных проблем и снижению их негативного воздействия

Шабалкин Дмитрий Юрьевич, кандидат физико-математических наук, директор центра компетенций «Авиационные технологии и авиационная мобильность». E-mail: shabalkindy@ulsu.ru

Левкина Ольга Юрьевна, кандидат технических наук, доцент. E-mail: levkinaou@ulsu.ru

Латыпов Александр Хамитович, главный металлург. E-mail: d080@aviastar-sp.ru

Таблица 1. Факторы, снижающих эффективность традиционной технологической подготовки производства отливок в разрезе этапов

№ п/п	Наименование этапа	Факторы, приводящие к снижению эффективности	Показатели эффективности
1.	Разработка чертежей отливки (включая ЛПС) и оснастки	<ul style="list-style-type: none"> – Применение неактуальной версии КД (проявляются на этапах 1-9); – Отсутствие CAD – систем проектирования и корректировки электронных моделей ЛПС, оснастки, формы, отливки (проявляется на этапах 1-9); – Ошибки в проектировании ЛПС (проявляются на этапах 6 - 9); – Ошибки в проектировании оснастки (проявляются на этапах 3- 9). 	Трудоёмкость
2.	Разработка технологических процессов на оснастку и отливку	<ul style="list-style-type: none"> – Высокая трудоёмкость при неавтоматизированной подготовке данных, необходимых для проектирования ТП (проявляется на этапе 2); – Недостаточная квалификация и низкая исполнительская дисциплина технологов, приводящая к высокой вероятности возникновения ошибки при назначении параметров и нормировании ТП (проявляются на этапах 3- 9). 	Трудоёмкость
3.	Изготовление оснастки	<ul style="list-style-type: none"> – Низкая точность изготовления, потенциально приводящая к последующим переделкам оснастки (проявляется на этапах 3, 4, 7, 9). 	Трудоёмкость Материалоёмкость
4.	Подготовка литейных форм	<ul style="list-style-type: none"> – Низкая точность формы, потенциально приводящая к последующим переделкам отливки (проявляется на этапах 4, 7, 9). 	Трудоёмкость Материалоёмкость
5.	Приготовление расплава	<ul style="list-style-type: none"> – Несоответствие физико-химических свойств расплава установленным параметрам, приводящее к несоответствию структуры отливок (проявляется на этапах 5-9). 	Трудоёмкость Металлоёмкость Энергоёмкость
6.	Заливка	<ul style="list-style-type: none"> – Ошибки при ручной заливке, влияющие на качество отливки (заполнения формы): неравномерность и непроливы, несоблюдение температурных режимов (проявляется на этапах 6-9). 	Трудоёмкость Металлоёмкость Энергоёмкость
7.	Отверждение в форме, охлаждение и извлечение отливки	<ul style="list-style-type: none"> – Несоответствия качества отливки (физико-технические и химические свойства, требования к геометрическим свойствам) установленным требованиям, приводящие к переделке отливок (проявляется на этапах 7-9). 	Трудоёмкость Металлоёмкость
8.	Удаление ЛПС средствами механообработки	<ul style="list-style-type: none"> – Несоответствия качества отливки (геометрических свойств) установленным требованиям, приводящие к необходимости переделки отливок (проявляется на этапах 8-9); – Увеличение количества металла, формирующее ЛПС, сверх необходимого для обеспечения качества (проявляется на этапах 8-9). 	Трудоёмкость Металлоёмкость
9.	Контроль геометрических, физико-технических и химических свойств отливки	<ul style="list-style-type: none"> – Увеличение длительности цикла из-за переделок отливки по причине несоответствия качества отливки установленным требованиям (Этапы 1-9); – Увеличение количества итераций ТПП (Этапы 1-9) 	Трудоёмкость Металлоёмкость

на технологическую подготовку производства за счёт комплексного применения автоматизированных систем.

Из представленной таблицы можно сделать следующие выводы:

1) проблема, возникшая на каждом из этапов, может оказывать негативное влияние на текущем этапе и на один либо несколько последующих этапов;

2) проблема, возникшая на одном из этапов, может быть выявлена только на этапе контроля свойств отливки.

Таким образом, проблемы каждого из этапов могут приводить к несоответствиям геометрических, физико-технических и химических свойств отливки требуемым параметрам, и возникает необходимость кратных повторений цикла подготовки производства, до тех пор, пока не будут исключено влияние всех приведённых факторов.

Негативные влияния некоторых факторов могут быть минимизированы только при глубокой модернизации производства, например: применение аддитивных технологий и оборудования для изготовления СТО и литейных форм (этапы 3-4), применение нового (в том числе программно-управляемого) плавильно-заливочного оборудования (этапы 5-6) и др. Это приводит к кардинальной перестройке всего литейного производства, затрагивая этап технологической подготовки.

Воздействие других факторов может быть снижено за счёт подходов, основанных на внедрении специализированных автоматизированных систем.

В данной работе рассматриваются подходы к устранению факторов, приводящих к снижению эффективности технологической подготовки литейного производства, за счёт комплексного применения автоматизированных систем в соответствии с принципами модели-ориентированного производства (Model based enterprise (МВЕ) [7].

2. ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА, РЕШАЕМЫЕ ЗА СЧЁТ КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Проблема №1. Обеспечение оперативного информирования об изменениях и доступа к актуальной версии конструкторской и технологической документации (Этап 1)

Внесение изменений в конструкторскую документацию (КД) на изделие на этапе постановки продукции на производство явление частое. Уведомление о внесении изменений осуществляется документом типа «Извещение». Оперативность формирования данного документа и изменённой КД, доведение их до заинтересованных подразделений является важным для любого производства.

Требования к изготовлению отливок определяются, в том числе, в соответствии с технологией последующей механической обработки. Изме-

нения, вносимые в технологические процессы обработки, например изменение схемы базирования, которые могут повлиять на параметры отливки и привести к необходимости пересмотра технологий, должны оперативно доводиться до металлургического производства.

Для производства отливок в силу того, что оно является стартовым переделом при изготовлении изделия и в виду длительного цикла технологической подготовки, своевременность такого информирования является критически важным.

Проблема №2. Итерационный характер технологической подготовки производства (Этапы 4-7)

Традиционная технологическая подготовка литейного производства основывается на эмпирических подходах и зачастую сводится к методу «проб и ошибок». Удостовериться в качестве полученной отливки можно только по завершению собственно производства и проведения установленных контрольных испытаний.

Если при производстве отливки на каком-либо этапе (разработка ЛПС, подготовка металла, формирующего отливку, подготовка форм и т.п.) происходят ошибки – то этот этап приходится повторять заново. Количество таких итераций определяется квалификацией и опытом технолога. При этом могут возникать скрытые дефекты (непроливы, пористость, неоднородность плотности заготовки, остаточные напряжения и т.п.), которые могут быть выявлены только в процессе дорогостоящих испытаний полученной заготовки. Обеспечение требуемых геометрических, физико-технических и химических свойств отливки может достигаться путём многократных корректировок. При этом устранение одного из несоответствий может приводить к появлению новых дефектов.

При этом с увеличением длительности цикла подготовки увеличиваются и затраты ресурсов, таких как формовочные материалы, электроэнергия, металл и др. В условиях мелкосерийного многономенклатурного производства это приводит к существенному увеличению себестоимости детали.

Поскольку при традиционном способе ЛПС проектируется с учетом опыта и знаний технологов, подобный подход не может гарантировать оптимальный расход материала при отливке деталей со сложной геометрией (тонкостенные детали, полые детали).

На затраты металла влияет точность заготовки которая для деталей из отливок достигается за счет последующей механообработки, в результате которой срезается часть металла формирующая отливку (припуски). Это в свою очередь не только повышает материалоемкость, но приводит и к увеличению трудоемкости этапа механообработки отливки.

Качество подготавливаемых форм и формовочных смесей, а также точность изготавливаемой оснастки тоже определяют соответствие

получаемой отливки установленным требованиям технологического процесса. Ошибки при проектировании и изготовлении оснастки, ошибки при подготовке формы приводят к браку, увеличивают длительность цикла технологической подготовки, ведут к росту затрат формовочных материалов.

Проблема №3. Высокая трудоёмкость и риски ошибок при разработке технологической документации (Этап 2)

При изготовлении отливок применяются как типовые, так и единичные технологические процессы (ТП). Комплект технологической документации включает 10-12 документов. Часть данных, вносимых в документы наследуется из конструкторской и технологической документации, часть – является справочными, часть – вносится технологом самостоятельно и является уникальной для данного ТП, часть – рассчитывается по определённым методикам.

Очевидно, что процесс «ручного» формирования технологической документации является длительной процедурой, требующей обращения к значительному количеству исходных документов и чреватой объективными и субъективными рисками появления ошибок, как в описании самого ТП, так и в расчёте трудоёмкости.

Рассмотрим пути решения проблем организации технологической подготовки литейного производства с использованием современных подходов.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ МОДЕЛЕ-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Рассмотрим способ автоматизации стадий обеспечения подготовки производства отливок и некоторые результаты его применения на примере крупнейшего авиастроительного предприятия АО «Авиастар-СП».

Решение проблемы №1 Применение систем управления данными об изделии для управления технологическими данными об изделии

Средством автоматизации управления конструкторскими и технологическими данными об изделии являются системы класса PDM. Наиболее распространённой в отечественной авиационной отрасли является PDM-система TeamCenter Engineering (TCE) компании Siemens. В подавляющем большинстве случаев она используется только для управления электронными конструкторскими документами (ЭКД).

Предприятие-изготовитель организует защищённый доступ к TCE конструкторского бюро (с использованием инструментов совместной работы TCE) для обеспечения доступа к ЭКД и обмена служебной информацией. За счёт такого

цифрового взаимодействия управление главного конструктора завода-изготовителя обладает актуальной электронной документацией на изделие и имеет возможность оперативно решать вопросы с конструкторским бюро.

Очевидно, что этого не достаточно для организации технологической подготовки производства. Вопрос об использовании PDM-систем для управления технологическими данными об изделии является в настоящее время одним из наиболее актуальных [8]. Одним из решений, применяемых на авиастроительных предприятиях, является автоматизированная система конструкторско-технологической подготовки производства (АС КТПП) «БД ЭОИ» разработки АО «Авиастар-СП» и Ульяновского государственного университета. Основные функциональные возможности системы и принципы её работы подробно описаны в ряде работ [9].

Применительно к технологической подготовке производства отливок АС КТПП «БДЭОИ» позволяет на основе электронного определения изделия¹:

- 1) обеспечить доступ к актуальной (при необходимости к архивной) версии ЭКД;
- 2) обеспечить доступ к технологическому маршруту изготовления детали;
- 3) обеспечить доступ и ведение ведомости подготовки производства и ведомости плазово-шаблонного оснащения;
- 4) формировать и вести конструкторско-технологические спецификации на детали, включающие разработанные электронные модели отливки, ЛПС и другие документы и данные, увязанные с конструкторскими моделями;
- 5) формировать и вести конструкторско-технологические спецификации на средства технологического оснащения.

Тем самым обеспечивается оперативный доступ к структурированному описанию детали в соответствии с актуальной версией КД и необходимым, связанным с ней, данным для проектирования технологического процесса и разработки комплекта технологической документации.

За счёт автоматизации указанных функций на АО «Авиастар-СП» обеспечивается сокращение длительности цикла технологической подготовки производства до 38%.

Решение проблемы №2 Применение систем инженерного анализа и оптимизации процесса литья на стадии технологической подготовки производства

Как отмечалось выше, процесс технологической подготовки носит итерационный характер. Сокращение таких итераций является одной из главных задач повышения эффективности

¹ Под электронным определением изделия понимается совокупность электронных документов, описывающих структуру изделия, входящие в него элементы на каждом этапе его жизненного цикла

организации технологической подготовки производства. Это может быть обеспечено за счёт проведения моделирования и комплексного инженерного анализа процесса литья.

Среди специализированных CAE-систем одним из наиболее мощных средств моделирования процессов литья, является программный продукт ProCast. Система базируется на методе конечных элементов, что обеспечивает высокую точность описание геометрии отливки и формы расчетной модели, учет большинства процессов теплового, кристаллизационного, металлургического, напряжено-деформированного характера [10].

ProCast позволяет моделировать следующие виды технологий:

- 1) литье в песчаные формы;
- 2) литье в кокиль;
- 3) литье в оболочковые формы;
- 4) литье по выплавляемым моделям;
- 5) литье под высоким давлением;
- 6) литье под регулируемым давлением (включая литье под низким давлением, с противодавлением и вакуумным всасыванием);
- 7) литье по газифицируемым моделям;
- 8) центробежное литье;
- 9) непрерывное и полунепрерывное литье;
- 10) тиксолитье (литье металла в твердожидком состоянии).

В рамках процесса технологической подготовки производства отливок на АО «Авиастар-СП» в соответствии с выбранной методикой литья и на основе модели детали (хранится в АС КТПП «БДЭОИ») в CAD – системе NX осуществляется моделирование геометрии отливки, ЛПС, оснастки, формы.

Далее средствами системы ProCast в соответствии с выбранной технологией литья осуществляется моделирование и анализ параметров процесса литья (проливаемость, затвердевание и охлаждение расплава) с учётом обеспечения заданных конструкторской документацией требований к геометрическим параметрам детали, физико-техническим и химическим характеристикам.

За счёт итерационного варьирования (подбора) отдельных параметров технологического процесса (вида литья, вида расплава, температурных полей заливки, и т.д.) и геометрических характеристик отливки и оснастки определяются оптимальные параметры, обеспечивающие требуемые характеристики отливки при минимальном необходимом количестве металла.

Задача определения технологических параметров решается в виртуальной среде без трудовых и ресурсных затрат на изготовление оснастки, приготовление расплава, выполнение заливки, проведение геометрического и структурного контроля полученной отливки. Количество циклов физических повторений наиболее затратных стадий технологической подготовки производства при этом сокращается.

Таким образом обеспечивается:

- 1) сокращение металлоемкости за счет минимизации припусков и оптимизации ЛПС;
- 2) сокращение трудоёмкости и материалоёмкости при подготовке форм за счёт сокращения количества итераций ТПП;
- 3) сокращение затрат электроэнергии за счет сокращения числа итераций ТПП;
- 4) сокращение материалоёмкости за счет достижения требуемых свойств при минимальном необходимом количестве металла;
- 5) повышение качества отливки - отсутствие скрытых дефектов отливки (пористость, непроливы, неоднородность, остаточные напряжения) при заданной технологии за счёт моделирования и оптимизации процесса затвердевания и охлаждения расплава.

Как показал пилотный проект, выполненный на АО «Авиастар-СП» с участием УлГУ, только за счёт оптимизации ЛПС удалось обеспечить сокращение металлоёмкости отливок в среднем на 20%.

Следующим шагом должно быть формирование комплекта технологической документации, в котором отражены найденные в процессе моделирования технические решения.

Решение проблемы №3 Применение систем автоматизированного проектирования технологических процессов

Как уже отмечалось, проектирование технологического процесса и формирование комплекта технологической документации требуют значительных трудозатрат для получения, обработки и представления структурированной информации.

В условиях цифрового производства, когда данные (любых форматов и типов) об изделии структурировано хранятся в PDM-системе, а оптимальные параметры технологического процесса определяются с помощью моделирования и проведения инженерного анализа в CAE – системе, целесообразно применять системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП/САРР – системы).

В авиационной отрасли для проектирования директивных технологических процессов агрегатной и окончательной сборки используется САПР ТП «Темп», разработанная сотрудниками МАТИ им. К.Э. Циолковского, существенно доработанная и адаптированная для формирования рабочих технологических процессов на АО «Авиастар-СП». Методология САПР ТП «Темп» основана на формировании базовых и комплексных технологических модулей (БТМ и КТМ) – представленные в программном виде алгоритмы проектирования технологических операций и переходов [11].

Это позволяет за счёт разработки БТМ и КТМ (информационного обеспечения) технологических процессов литейного производства адаптировать предлагаемый разработчикам подход

к проектированию технологических процессов, в том числе для изготовления отливок.

В ходе развития САПР ТП «Темп» АО «Авиастар-СП» обеспечена интеграция с АС КТПП «БД ЭОИ». Таким образом, на основе полученных из АС КТПП «БД ЭОИ» конструкторских и технологических данных об изделии, полученных в системе ProCast параметров технологического процесса и с учётом разработанного информационного обеспечения в САПР ТП «Темп» формируется технологический процесс, и осуществляется автоматизированное формирование комплекта технологической документации.

По итогам опытной эксплуатации показано, что трудоёмкость разработки, корректировки и нормирования технологического процесса в САПР ТП «Темп» с учётом информационного взаимодействия с АС КТПП «БД ЭОИ» в 1,7-2,1 раза ниже, чем традиционным способом.

Совокупный экономический эффект от применения описанного способа организации технологической подготовки литейного производства на АО «Авиастар-СП» за счёт автоматизации основных этапов предстоит оценить при полномасштабном внедрении на предприятии. Однако полученные предварительные результаты достаточно убедительно показывают его состоятельность.

Представленный способ снижает влияние (проявление) субъективных факторов (таких как опыт и квалификация персонала) на эффективность организации технологической подготовки производства, однако требует формирования и развития у специалистов, наряду со знаниями в предметной области, профессиональных компетенций в сфере инженерного анализа, компьютерного проектирования и моделирования, организации производства.

Для решения этих задач Ульяновский государственный университет осуществляет подготовку и переподготовку специалистов в интересах АО «Авиастар-СП».

Для специалистов, уже работающих на предприятии, проводятся программы повышения квалификации в области применения цифровых технологий в профессиональной деятельности. В 2014 году в рамках Президентской программы повышения квалификации инженерных кадров прошли подготовку 15 специалистов АО «Авиастар-СП». Ими были получены компетенции в области применения систем трехмерного проектирования для разработки электронных моделей отливок и форм, а также в области использования систем инженерного анализа процессов литья. В рамках этой программы 4 специалиста прошли стажировку на базе ведущего инжинирингового центра в г. Екатеринбурге, а 2 человека стажировались на базе инжинирингового центра MECAS ESI в Чехии.

Повышение квалификации сотрудниками АО «Авиастар-СП» сделало возможным эффектив-

ную практическую апробацию представленного в данной статье организационно-технического решения; сформирована команда современных инженеров, способных решать сложные технологические задачи с применением передовых автоматизированных систем.

Совместно с АО «Авиастар-СП» определены необходимые профессиональные компетенции, разработаны рабочие программы специальных дисциплин, ведётся целевая практико-ориентированная подготовка студентов Ульяновского государственного университета. Акцент сделан на приобретение студентами компетенции в области применения современных цифровых технологий в организации и управлении производством и применения современных систем конструкторско-технологической подготовки.

Сотрудники предприятия принимают непосредственное участие в подготовке специалистов: являются консультантами при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ, привлекаются к преподаванию специальных дисциплин.

Подобный механизм обучения стал возможным благодаря участию УлГУ и АО «Авиастар-СП» с 2014 года в программе «Новые кадры для ОПК».

В июне 2016 года завершили подготовку и были трудоустроены на предприятие 12 бакалавров по направлениям «Авиастроение» и «Автоматизация технологических процессов и производств» и 5 магистров по направлению «Системный анализ и управление».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные предварительные результаты применения описанного способа организации технологической подготовки литейного производства на АО «Авиастар-СП» позволяют сделать вывод о его эффективности.

В ходе пилотного применения предлагаемого организационно-технического решения получены следующие результаты:

1) обеспечено сокращение цикла конструкторско-технологической подготовки производства до 38% за счёт организации информационного взаимодействия с КБ и управлением данными об изделии на основе АС КТПП «БД ЭОИ»;

2) обеспечена в виртуальной среде оптимизация параметров процесса литья, обеспечивающая требуемые характеристики отливки при минимальном необходимом количестве металла за счёт применения системы инженерного анализа; обеспечено сокращение металлоёмкости отливок в среднем на 20% за счёт применения системы инженерного анализа ProCast;

3) сокращена трудоёмкость разработки, корректировки и нормирования технологического процесса в 1,7-2,1 раза за счёт применения САПР ТП «Темп»;

4) сформирована и выполняется программа подготовки и переподготовки кадров, направленная на формирование профессиональных компетенций в сфере инженерного анализа, компьютерного проектирования и моделирования, организации производства.

В настоящей статье описаны основные составляющие организационно-технического решения по повышению эффективности технологической подготовки производства отливок. Направлениями дальнейших работ по данной тематике должны стать:

1) разработка методики и проведение оценки экономического эффекта от применения данного решения;

2) исследование, разработка и апробация организационно-технических решений по применению современного программно-управляемого оборудования изготовления литейной оснастки и плавно-заливочного оборудования;

3) разработка предложений по совершенствованию бизнес-процесса, организационной и функциональной структуры подразделений, задействованных в обеспечении технологической подготовки литейного производства изделий авиационной техники на основе принципов модели-ориентированного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полянсков Ю.В., Шабалкин Д.Ю., Левкина О.Ю. Минимизация ресурсоемкости производственного процесса изготовления литых заготовок на авиастроительном предприятии на основе математической модели // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 1(2). С. 269-273.
2. Полянсков Ю.В., Левкина О.Ю., Шабалкин Д.Ю. Способ организации заготовительного производства на авиастроительном предприятии // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2014. № 3(30). С. 102-106.
3. Воронин Ю.Ф., Камаев В.А., Матюхина А.В. Устойчивость технологического процесса - основа качества в литейном производстве // Перспективы развития строительного комплекса. 2014. С. 166-171.
4. Чернышов Е.А., Решетов В.А., Романов А.Д. Развитие систем автоматизированного проектирования в литейном производстве // Литейные процессы. 2013. № 18. С. 170-175.
5. Левкина О.Ю. Применение информационных технологий в организации конструкторско-технологической подготовки литейного производства авиастроительного предприятия // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2013. № 1. С. 115-122.
6. Леушин И.О., Решетов В.А. Опыт использования математического моделирования в технологической подготовке литейного производства // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: техника и технологии. 2014. Т. 7. № 4. С. 430-435.
7. Model Based Enterprise. URL: <http://model-based-enterprise.org> (дата обращения 14.09.2016).
8. Организация подготовки производства с помощью PDM систему TEAMCENTER / В.Г. Смелов, В.В. Кокарева, А.Н. Малыхин, О.Н.Малыхина / Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 6(4). С. 966-972.
9. Интегрированная автоматизированная система конструкторско-технологической подготовки производства как основа цифровой производственной системы / Д.Ю. Шабалкин, В.В. Назаров, А.М. Топорков, Ю.В. Полянсков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1(5). С. 1647-1654.
10. Абдуллин А.Д. Компьютерное моделирование литейных процессов с применением программного комплекса ProCast // Литейное производство. 2011. № 6. С. 19-21.
11. Разработка информационного обеспечения для проектирования и моделирования технологических процессов сборки изделий авиационной техники / О.С. Самсонов, М.О. Шенаев, М.Е. Саутенков, Д.С. Воронцов, А.Н. Петрина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1(5). С. 1601-1608.

ORGANIZATION OF FOUNDRY PROCESS ENGINEERING FOR AIRCRAFT GOODS USING PRINCIPLES OF MODEL- BASED ENTERPRISE

© 2016 D.Y. Shabalkin¹, O.Y. Levkina¹, A.Kh. Latypov²

¹ Ulyanovsk State University,
² CJSC "Aviastar-SP", Ulyanovsk

The article analyzes stages of foundry process engineering, highlights the challenges to be solved using complex automated systems. We propose automation methods of the cast staging and demonstrate their application by an example of the largest aircraft enterprise CJSC «Aviastar-SP».

Keywords: Foundry, process engineering, PDM-systems, CAE-systems, CAD- systems, efficiency.

Dmitry Shabalkin, Candidate of Physics and Mathematics, Director of the Competence Center "Aviation Technologies and Aviation Mobility". E-mail: shabalkindy@ulsu.ru

Olga Levkina, Candidate of Technics, Associate Professor. E-mail: levkinaoy@ulsu.ru

Alexandr Latypov, Chief Metallurgist. E-mail: d080@aviastar-sp.ru