УДК 658.6

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА ПРИ РЕОРГАНИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

[1,2]Хаймович И.Н., [1,2]Ковалькова Е.А.

[1]ФГАОУ ВО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), Самара, e-mail: kovalek68@mail.ru;

[2]ЧОУ ВО «Международный институт рынка», Самара

Создание научно обоснованных технологических методов формализации разработки программных систем является актуальной научно-технической проблемой. В рамках названной выше проблемы первоочередными являются задачи, направленные на формализацию начального этапа жизненного цикла программного проекта – анализа предметной области, важнейшей составной частью которого является моделирование предметной области. При этом целью моделирования является построение формализованных моделей, адекватно отражающих предметную область в соответствии с целями и задачами проекта. Для решения этой задачи была разработана структура жизненного цикла программного проекта. Внося элементы жизненного цикла в структуру существующей конструкторско-технологической подготовки производства, мы проводим реинжиниринг бизнес-процессов. Затем по получившейся модели выполняем оценку существующих процессов конструкторско-технологической подготовки производства с помощью выявления связей между критическими факторами успеха и ключевыми бизнес-процессами.

Ключевые слова: конструкторско-технологическая подготовка производства, бизнес-процесс, критический фактор успеха, реинжиниринг

INFORMATION SYSTEM DESIGN AND TECHNOLOGICAL PREPARATION OF PRODUCTION UNDER BUSINESS PROCESS REENGINEERING

[1,2]Khaymovich I.N., [1,2]Kovalkova E.A.

[1]Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Samara State Aerospace University named after Korolev (National Research University), Samara, e-mail: kovalek68@mail.ru;

[2]International Market Institute, Samara

Creating a science-based technological methods of formalizing the development of software systems is an actual scientific and technical problem. As part of the priority issues referred to above are the objectives aimed at formalizing the initial phase of a software project lifecycle – analysis of the subject area, the most important part of which it is the simulation domain. In this case the purpose of modeling is to build formal models that adequately reflect the subject area, in accordance with the purposes and objectives of the project. the structure of the software project life cycle was developed to solve this problem. Introducing elements of the life cycle of the structure of the existing design and technological preparation of production, we carry out reengineering of business processes. Then, the resulting model, perform an assessment of existing processes of design and technological preparation of production with the help of the links between critical success factors and key business processes.

Keywords: design and production planning, business process, a critical success factor, reengineering

Рост сложности объектов автоматизации, каковыми являются машиностроительные предприятия, а также переход от частичной автоматизации к комплексным интегрированным решениям, учитывающим специфические особенности конкретного предприятия, приводят к увеличению количества и сложности проектов по комплексной автоматизации предприятий. При разработке сложных программных систем необходимо снизить зависимость качества результатов от таких субъективных факторов, как квалификация исполнителей, их опыт, понизить риск неуспешного завершения проекта. Для этого необходимы промышленные технологические методы разработки программных систем, позволяющие с самых первых этапов проекта подключать большое количество специалистов средней квалификации и получать предсказуемые во времени и качественные результаты. Из всех видов обеспечения, составляющих комплексное решение для автоматизируемого предприятия, наиболее зависимыми от персональных особенностей объекта автоматизации являются информационное (ИО) и программное обеспечение (ПО).

На сегодняшний день существует острая потребность в научно обоснованных технологических методах разработки программных систем, позволяющих планировать параметры программного проекта и гарантировать необходимое качество результатов, т.е. необходима глубокая

формализация технологии выполнения всех этапов проекта. Существующие сегодня методы, безусловно, решают задачу разработки программного обеспечения, однако не обладают в достаточной степени промышленными свойствами.

Классическая схема моделирования предметной области заключается в построении функциональной модели «как есть», что позволяет собрать и представить в формализованном виде информацию о существующем состоянии предметной области, преобразовании ее в модель «как надо», что соответствует реорганизации бизнес-процессов и построении концептуальной модели данных.

Поставленная задача создания информационной системы с реинжинирингом бизнес-процессов представляет собой комплекс проблемно-ориентированных подзадач:

- Декомпозиция предметной области: выделение основных элементов интегрированной математической модели машиностроительного предприятия, их взаимосвязей и определение функциональных и информационных потоков.
- Формализация предметной области: выбор математических средств формализации и построение модели автоматизированной системы по организации производства «как есть» и «как надо» средствами визуального моделирования.
- Проектирование структур данных для компьютерного представления интегрированной математической модели.
- Проектирование архитектуры автоматизированной системы функционирования машиностроительного предприятия на базе построенной модели «как надо».
- Выбор программных и аппаратных средств и методов разработки.
- Разработка (программирование) модулей автоматизированной системы.

Решение подзадачи декомпозиции предметной области по организации производства целесообразно проводить по иерархической структуре объектов моделирования: изделия, ресурсов, процесса, документов [1].

Родительской структурой верхнего уровня является «Проект». Узлами промежуточных уровней являются агрегаты и сборочные единицы. На нижнем уровне иерархии располагаются неделимые детали. Таким образом, определим модель любого изделия, изготавливаемого на производстве, следующим образом:

$$PL = <\{M^{sl}(U_i)\}, \rho>, \qquad (1)$$

где $M^{sl}(U_i) = <\{U_j|U_i\rho > U_j\}>$.

При этом U_i – элемент изделия: сборочная единица, деталь, агрегат т.д.; $\rho \in M^{sl}\times M^{sl}$ – отношение полного порядка (древовидное отношение), определяющее иерархию элементов изделия; $\{U_j|U_i\rho > U_j\}$ – множество элементов (деталей, сборочных единиц, агрегатов) U_j, входящих в состав вышестоящего элемента (сборочной единицы, агрегата) U_i.

Наиболее эффективную концепцию функционального описания этапов производства реализует процессный подход, который предполагает управление производством через применение системы (сети) процессов и менеджмент процессов. Так как каждый подпроцесс можно также представить отдельной сетью процессов, данная структура в общем случае носит многоуровневый характер. Сеть процессов LC производства описывается как

$$LC = <\{M^{sl}(P_i)\}, \psi>, \qquad (2)$$

где $M^{sl}(P_i) = <\{P_j|P_i\psi > P_j\}, M^{\psi}(P_i)>$.

Элементы модели имеют следующее семантическое значение в рамках предметной области организации производства: P_i – процесс; при этом P_i – *неделимая технологическая операция*, если не существует пары подпроцессов P_k и P_l таких, что $P_i\psi > P_k \in P_i\psi > P_l$. $\psi \in M^{sl}\times M^{sl}$ – отношение полного порядка (древовидное отношение), определяющее декомпозицию процессов. $\{P_j|P_i\psi > P_j\}$ – множество технологических подпроцессов P_j, реализующих процесс P_i. $M^{\psi}(P_i)$ – модель отношения, определяющего последовательность выполнения подпроцессов, реализующих процесс P_i.

Для каждого процесса на производстве должно быть определено исполняющее и контролирующее подразделение организационной структуры. Таким образом, требуется задать модель организационной структуры предприятия **OS**. Очевидно, что организационная структура предприятия также представляет собой иерархию.

$$\mathbf{OS} = <\{M^{sl}(O_i)\}, \varphi>, \qquad (3)$$

где $M^{sl}(O_i) = <\{O_j|O_i\varphi > O_j\}, S_i, \theta(S_i)>$.

При этом O_i – подразделение завода: цех, отдел, бюро, бригада и т.д.; $\varphi \in M^{sl}\times M^{sl}$ – отношение полного порядка (древовидное отношение), определяющее иерархию оргструктур; $\{O_j|O_i\varphi > O_j\}$ – множество подразделений O_j, входящих в структуру вышестоящего подразделения O_j; S_i – множество сотрудников (должностей), работающих *непосредственно в* данном подразделении, т.е. $S_i \cap S_j = \varnothing$, $\forall j|O_i\varphi > O_j$; $\theta(S_i)$ – отношение частичного порядка, задающее внутреннюю подчиненность (субординацию) сотрудников подразделения O_i.

Определим структуру моделей процессов P_j при изменении жизненного цикла изделия.

$$P_j = \left(A\left(P_j\right),\ P_a^E\left(P_j\right),\ P_a^C\left(P_j\right)\right), \qquad (4)$$

где $A(P_j) = \{a_i(P_j)\}$ – множество дескриптивных атрибутивных свойств; $P_a^E(P_j) = \left\{p_i^E(P_j)\right\}$ – множество параметров управления, воздействие на которые через отображение **E** влияет на течение процесса P_j, т.е. обеспечивает управляемость процесса; $P_a^C(P_j) = \left\{p_i^C(P_j)\right\}$ – множество параметров контроля, значения которых обеспечивают наблюдаемость процесса P_j через отображение **C**.

Структура элемента P_j представляет общее описание функциональной модели со связями с информационной моделью.

Согласно заданию, элементы множества $A(P_j)$ содержат общее описание процесса, опирающееся на некоторый нормативный документ. Это требование реализуется через отношение η_P документирования процессов.

$$\eta_P = \{(a_i(P_j), D_k)\},\ \forall P_j \qquad (5)$$

– документирование процессов, где D_k – документация предприятия.

Процедуры управления процессами и их контроля согласно требованиям стандартов ISO 9000 также должны быть задокументированы. Это реализуется через следующие отношения.

$$\eta_{PE} = \left\{\left(p_i^E(P_j),\ D_k\right)\right\}, \forall p_i^E(P_j) \qquad (6)$$

– документирование параметров управления;

$$\eta_{PC} = \left\{\left(p_i^C(P_j), D_k\right)\right\}, \forall p_i^C(P_j) \qquad (7).$$

– документирование параметров контроля.

Документирование осуществляется через систему отчетности. Структура отчета:

$$R = (t,\ \{d_i\},\ \xi), \qquad (8)$$

где t – момент времени актуальности отчета (статус или жизненный цикл документа); $\{d_i\}$ – множество показателей отчета (данные); ξ – специальное отношение на множестве $\{d_i\}$, определяющее форму («бланк») отчета.

При этом $\{\xi_i\}$ – реестр отчетов предприятия.

Для форм отчетов также вводится отношение документирования:

$$\eta_R = \{(\xi_i, D_k)\},\ \forall \xi_I. \qquad (9)$$

Система отчетности предприятия включает в себя отчеты по параметрам процессов, состояниям элементов состава изделия и средствам обеспечения. Каждому отчету ставится также в соответствие подразделение или сотрудник, ответственный за составление данного отчета:

$$\mu_{PEn} = \left\{\left(p_i^E(P_j),\ \xi_k,\ O_m\right)\right\}, \forall p_i^E(P_j); \qquad (10)$$

$$\mu_{PC} = \left\{\left(p_i^C(P_j),\ \xi_k, O_m\right)\right\}, \forall p_i^C(P_j); \qquad (11)$$

$$\mu_{PL} = \{(a_i(U_j),\ \xi_k,\ O_m)\},\ \forall a_i(U_j); \qquad (12)$$

$$\mu_{EQ} = \{(a_i(E_j),\ \xi_k,\ O_m)\},\ \forall a_i(E_j). \qquad (13)$$

По проведенной декомпозиции предметной области проводится формализация, т.е. выполнение второй задачи создания информационной системы, методами визуального моделирования с реорганизацией бизнес-процессов из модели «как есть» в «как надо».

При формировании функциональной модели в качестве входных и выходных дуг будут использоваться элементы иерархической структуры изделия (из формулы (1)), в качестве функций – элементы сети процессов (из формулы (2)), дугами механизмов и управления будут элементы организационной структуры предприятия (из формулы (3)) и производственные ресурсы.

Данные для информационной модели рассмотрим далее.

Высокая сложность объектов автоматизации и требования по минимизации времени разработки в условиях конкуренции определяют корпоративный характер работ, начиная с обследования и моделирования предметной области. При этом коллективный характер работы и большая размерность предметной области предъявляют дополнительные требования к методам моделирования, чтобы их можно было использовать в составе промышленных технологий программных систем для машиностроительных предприятий: обеспечить необходимый и достаточный уровень детализации функциональной и информационной моделей при ее коллективном построении [5].

При моделировании предметной области в организации производства машиностроительного предприятия в качестве функциональной рассматривается модель процессов, а в качестве информационной – модель информационных потоков [6].

Введем обозначения элементов, участвующих в моделировании предметной области.

Пусть P_i – процесс в функциональной модели, $\{a_{pi}\}$ – атрибуты процесса, $\{a_{di}\}$ – атрибуты документа, тогда отношение соответствия для любого a_{pi} определим как

$$L = \{(a_{pi},\ a_{di})\}.$$

Отношения соответствия для процесса P_i определим через флаги состояний S –

начало процесса, E – окончание процесса. Обозначим их как статусы процесса.

$$L(P_i) = \begin{cases} S(0 \wedge 1); \\ E(0 \wedge 1). \end{cases}$$

Если процесс не начался, то $S = 0$, $E = 1$. Если процесс осуществляется, то $S = 1$, $E = 0$. Если процесс завершен, то $S = 1$, $E = 1$.

Пусть D_i – документ в информационной модели, тогда атрибутами документа являются элементы жизненного цикла документа:

$$\{a_{di}\} = \{P, \text{И}, \text{У}, \text{Д}\},$$

где P – документ на разработке; У – документ на утверждении; И – документ на изменении; Д – действующий документ.

Отношения соответствия для документа D_i определим через флаги состояний 0 – документ не принадлежит элементу жизненного цикла, 1 – документ принадлежит элементу жизненного цикла. Обозначим соответствия как статусы документа.

$$M(D_i) = \begin{cases} \text{Р}(0 \wedge 1); \\ \text{И}(0 \wedge 1); \\ \text{У}(0 \wedge 1); \\ \text{Д}(0 \wedge 1). \end{cases}$$

В модели информационных потоков должно быть последовательное изменение статуса (жизненного цикла документа):

$$P \rightarrow \text{У} \rightarrow \text{И} \rightarrow \text{Д}.$$

В этих обозначениях признак необходимости соответствия функциональной модели информационной заключается в следующем:

1) должно существовать отношение соответствия статуса документа статусу процесса:

$$PD = \{(P_i D_j)\} = \begin{cases} S_i = 0, & \text{если } D_j = 1 \wedge P_j = 0; \\ S_i = 1, & \text{если } P_j = 1 \wedge \text{И}_j = 1 \wedge \text{У}_j = 1. \end{cases}$$

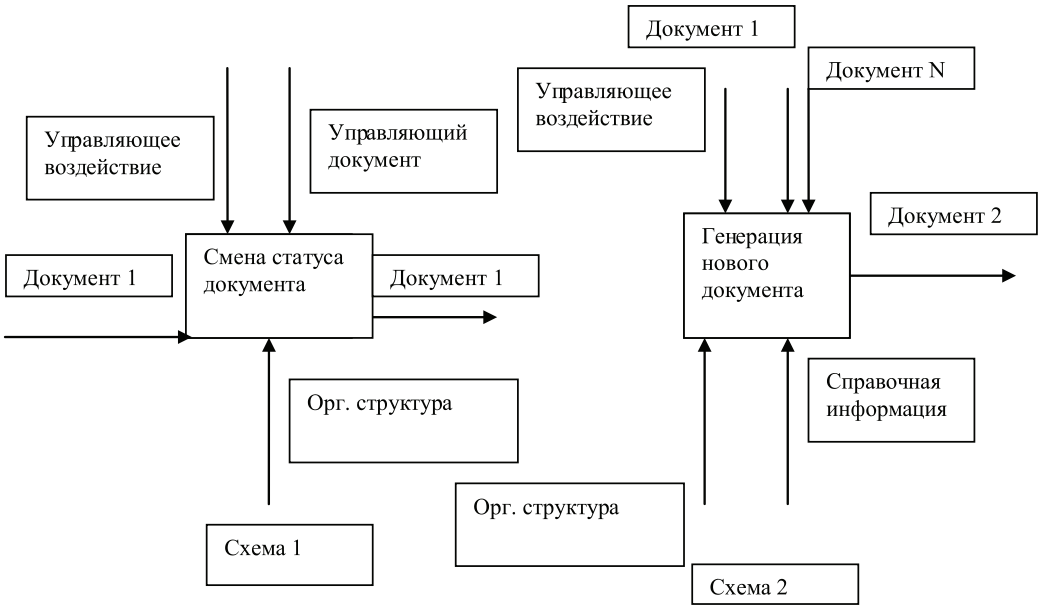

Рис. 1. Схемы определения признака достаточности модели: схема 1 – при смене статуса документа; схема 2 – при генерации нового

Таблица определения атрибутов документа специалистами предприятия

Наименование документа	Главный конструктор	Главный инженер	Главный технолог	Конструктор	Технолог
Чертеж детали	У		У	РИ	Д
Извещение об изменении					
Разрешение на изменение		У			
Сборочный чертеж	У		У	РИ	Д
Операционная карта			У		РИ
Маршрутная карта			У		РИ
Карта эскизов			У		РИ

Условные обозначения: Р – документ на разработке, У – документ на утверждении, И – документ на изменении, Д – действующий документ.

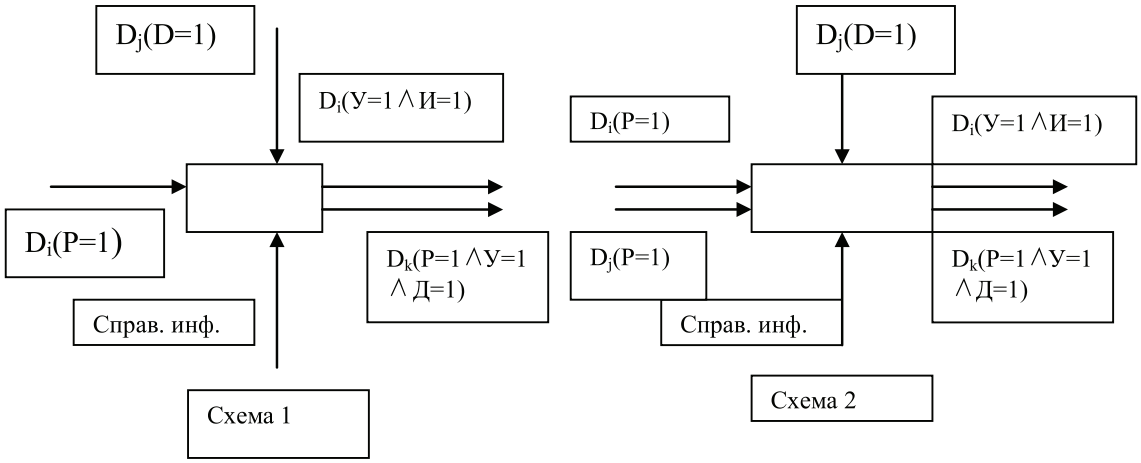

Рис. 2. Схемы для определения нижнего уровня декомпозиции модели в терминах жизненного цикла документа

Признак достаточности определяется как декомпозиция предметной области до схемы 1 и 2 (рис. 1).

Глубина детализации, т.е. достаточность декомпозиции моделей в терминах жизненного цикла документа: статус документа должен меняться последовательно по схеме: *P* → У → И → Д, т.е. декомпозиция в модели должна доходить до схемы 1 и 2 (рис. 2).

Для проверки признаков надо отследить изменения статуса документов по таблице, которая заполняется сотрудниками предприятия.

Рассмотренные схемы приводят к изменению существующей методологии моделирования предметной области IDEF0, в которой документ может являться либо входным элементом, либо управляющим, и не реализуется вариант одновременного нахождения документа в этих состояниях [2, 3, 4].

Требования по необходимости и достаточности должны соблюдаться для моделей «как есть» и «как надо». Составление моделей «как надо» с реинжинирингом существующих бизнес-процессов является следующим этапом по формализации предметной области. Для этого проводим ранжирование существующих бизнес-процессов и составляем список ключевых процессов, в которых выделяем функции, обеспечивающие достижение стратегических целей реализации бизнес-процессов (наиболее прибыльные) и затратные центры реализации бизнес-процессов, которые не оправдывают затрачиваемых на них средств [9, 10].

Ранжирование бизнес-процессов, имеющих стратегическую важность для организации, с возможностью их улучшения проводится экспертно. Вводим понятие «критические факторы успеха».

Критические факторы успеха (КФУ) – это небольшое число целей, которые непосредственно вытекают из главной (повышение производительности, уменьшение издержек, сокращение жизненного цикла изделия, повышение качества продукции, повышение качества обслуживания) и являются критическими по отношению к успеху организации.

Для выявления взаимосвязи КФУ и ключевых бизнес-процессов их сводят в таблицу. Затем, рассматривая каждый КФУ, выбирают из списка те бизнес-процессы, которые позволяют достичь его. Далее определяется общее количество КФУ для процесса: повышение производительности (1), уменьшение издержек (2), сокращение жизненного цикла изделия (3), повышение качества продукции (4), повышение качества обслуживания (5), высококвалифицированные и мотивированные сотрудники (6), количество КФУ(7), оценка работы (8). Ранжирование бизнес-процессов относительно КФУ следующее: 5 – отличная работа, 4 – хорошая работа, 3 – удовлетворительная работа, 2 – неадекватная работа, 1 – плохая работа.

Дорогостоящие и наиболее прибыльные процессы войдут в модель «как надо», и по ним проводим декомпозицию до необходимого и достаточного уровня.

Таким образом, данные критерии позволяют решить поставленные задачи и удовлетворить требованию по обеспечению уровня детализации совместно построенной функциональной модели и модели потока данных при корпоративном моделировании предметной области.

Список литературы

1. Гречников Ф.В., Хаймович И.Н. Разработка информационных систем управления конструкторско-технологической подготовкой производства как интегрированной базы информационных и функциональных структур // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2008. – № 3. – С. 34–41.

2. Зверев А.В., Росляков Е.М., Некрасов И.Н. Совершенствование организации технической эксплуатации инженерных систем сложных объектов на основе применения концепции управления жизненным циклом // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 3–3. – С. 487–483.

3. Лелюхин В.Е., Колесникова О.В. Интегрированная система управления дискретным машиностроительным производством на платформе 1с: УПП // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–12. – С. 2558–2562.

4. Мокина Е.Е., Марухина О.В., Шагарова М.Д. Подходы к разработке информационной системы поддержки формирования документов при оказании высокотехнологичной медицинской помощи // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–9. – С. 1857–1861.

5. Хаймович И.Н. Автоматизация проектирования объектов заготовительно-штамповочного производства компрессорных лопаток авиационных двигателей // Известия вузов. Авиационная техника. – 2014 – № 2. – С. 44–48.

6. Хаймович И.Н. Методология организации согласованных механизмов управления процессом конструкторско-технологической подготовки производства на основе информационно-технологических моделей: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Самара, 2008. – 26 с.

7. Хаймович И.Н., Клентак Л.С. Усовершенствование методов сглаживания сложных поверхностей с использованием интерполяционных сплайнов // Фундаментальные исследования. –2013. – № 10–12. – С. 2634–2638.

8. Хаймович И.Н., Хаймович А.И. Проектирование и реализация системы автоматизированного проектирования штамповки компрессорных лопаток из титановых сплавов // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. – 2015. – № 2. – С. 37–43.

9. Хаймович И.Н., Хаймович А.И. Процедурные правила разработки и согласования бизнес-процессов кузнечно-штамповочного производства // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королева (национального исследовательского университета). – 2008. – № 1(14). – С. 248–252.

10. Khaimovich I.N. Computer aided design of blank forging production facilities for aircraft engine compressor blades // Russian Aeronautics. – 2014. – № 57(2) – P. 169–174.

References

1. Grechnikov F.V., Khaimovich I.N. Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. Obrabotka metallov, 2008, no 3, pp. 34–41.

2. Zverev A.V., Roslyakov E. M., Nekrasov I. N. Fundamentalnye issledovaniya, 2016, no 3–3, pp. 487–483.

3. Lelyukhin V.E., Kolesnikova O.V. Fundamentalnye issledovaniya, 2015, no 2–12, pp. 2558–2562.

4. Mokina E.E., Maruhina O.V., Shagarova M. D. Fundamentalnye issledovaniya, 2015, no 2–9, pp. 1857–1861.

5. Khaimovich I.N. Izvestiya vuzov. Aviatsionnaya tehnika, 2014, no 2, pp. 44–48.

6. Khaimovich I.N. Metodologiya organizatsii soglasovannykh mekhanizmov upravleniya protsessom konstruktorsko-tekhnologicheskoy podgotovki proizvodstva na osnove informatsionno-tekhnologicheskikh: Avtoref. dis. dok. tekhn. Nauk, Samara, SSAU, 2008. 26 p.

7. Khaimovich I.N., Klentak L.S. Fundamentalnye issledovaniya, 2013, no. 10–12, pp. 2634–2638.

8. Khaimovich I.N., Haimovich A.I. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tsvetnaya metallurgiya, 2015, no. 2, pp. 37–43.

9. Khaimovich I.N., Khaimovich A.I. Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. Akademika S.P. Koroleva (natsionalnogo issledovatelskogo universiteta), 2008, no. 1 (14), pp. 248–252.

10. Khaimovich I.N. Computer aided design of blank forging production facilities for aircraft engine compressor blades // Russian Aeronautics. 2014, no. 57(2), pp. 169–174.