

УДК 681.5  
DOI:

Е.П. Дьяченко, А.В. Рыбаков, Е.Н. Дьяченко, С.А. Шептунов

## АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ В РАЗЛИЧНЫХ САПР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Рассмотрена классическая модель написания технологий механической обработки деталей с применением станков с ЧПУ, а также переход к автоматизации разработки управляющих программ методом разложения модели детали на конструкторско-технологические элементы. Представлены перспективы развития составления технологиче-

ских процессов с применением информационно-технологической среды.

**Ключевые слова:** станки с ЧПУ, автоматизация подготовки производства, управляющая программа, механическая обработка, информационно-технологическая среда, конструкторско-технологические элементы, типизация поверхностей, САПР.

E.P. Diyachenko, A.V. Rybakov, E.N. Diyachenko, S.A. Sheptunov

## AUTOMATION OF CONTROL PROGRAM DEVELOPMENT FOR NC MACHINES IN DIFFERENT CAD WITH USE OF INFORMATION TECHNOLOGICAL ENVIRONMENT

The purpose of the work is a study of machining processes with the use of NC equipment, data processing structuring to technological requirements and also to geometrical properties of parts manufactured. In this work there is considered a technological model of source data used at majority engineering plants. Trends to the development of pre-production automation to the general technical reequipment of plants are defined. There is offered a method for the decomposition of models including complex surfaces into design-technological elements.

By means of the method of the analysis of modern equipment potentialities there is given a pulse to the automation of pre-production in the used techno-

logical environment based on CAD operation. Control program writing is reduced to the technological parameter setting to each design-technological element taken separately. The concept of expert/section interaction and that of problems solved by them is stated.

It is shown that the parameterization of design-technological forms results in the decrease of temporal costs for pre-production decreasing at that the amount of specialists required and visualizing the process machining.

**Key words:** NC machines, pre-production automation, control program, machining, information technological environment, design technological elements, surface typification, CAD.

Современные тенденции к замещению устаревшего оборудования новыми технологически совершенными станками с программным управлением требуют кардинально нового подхода как к подготовке производства в целом, так и к процессу изготовления необходимых изделий в частности. Эксплуатация программного оборудования подразумевает собой применение информационных технологий (ИТ), а работа технологического бюро (состоящего из программистов и технологов) приводится к новой форме в виде ИТС - информационно-технологической среды [1-3], тем самым отдаляясь от традиционной модели (ТМ) технологии машиностроения.

Нынешние реалии показывают, что ИТС может включать в себя элементы CAD/CAM/CAE с включениями PLM-систем, нормативно-справочную информацию, представленную в виде компьютерной базы знаний, комплексы с ЧПУ, координатно-измерительные машины (КИМ), а также локальную вычислитель-

ную сеть (ЛВС). Новая технологическая среда может работать только при взаимодействии инженера, программиста и оператора станка с ЧПУ. В рамках нашей среды получение из заготовки наиболее технологичным методом изделия, удовлетворяющего требованиям конструкторской документации (КД), достигается комплексом мер при взаимодействии целого ряда специалистов.

С технологическим развитием появляется необходимость в уменьшении времени подготовки производства, сокращении норм на изготовление продукции, вследствие чего происходит сращивание возможностей инженера-технолога, описывающего технологический маршрут, и инженера-программиста, ведущего разработку управляющей программы (УП). При переходе на современную ИТС представление технологического процесса в бумажном виде утрачивает свою актуальность [1]. Технологии обработки хранятся в виде физического кода на электронном носителе.

Инженер-технолог-программист в своем арсенале имеет САМ-систему, отлично взаимодействующую с уже привычными CAD/CAE-модулями. Возможности данных продуктов постоянно растут, позволяя осваивать сложные формы, пополнять нормативно-справочную базу. При этом формирование операционной карты (ОК) технологического процесса существенных изменений не претерпело. Представленные возможности обусловили необходимость разработки методологии проектирования УП на современном программном оборудовании в условиях современной ИТС [4-6].

Далее изменения в технологической подготовке производства разберем на примере производства деталей токарно-фрезерной группы на оборудовании с числовым программным управлением (ЧПУ). Главные технические условия при проектировании и производстве деталей токарно-фрезерной группы на оборудовании с ЧПУ обычно обусловлены жесткими требованиями к качеству получаемой продукции:

- жесткие допуски поверхностей для механической обработки, в том числе при использовании сложных NURBS-технологий;

- позиционный допуск (как зависимый, так и независимый) массива отверстий от 0,01 до 0,05 мм;

- допуски на обработку отдельных элементов (в основном на диаметральные размеры) могут достигать нескольких микронов (например, при изготовлении золотниковых пар TD = 0,008-0,016 мм);

- конусность некоторых поверхностей может быть указана с различной точностью;

- допуск плоскостности фрезеруемых поверхностей может достигать до 0,05 мм;

- допуск на неперпендикулярность торцов детали относительно осей базовых отверстий от 0,01 до 0,05 мм;

- непараллельность и непрямолинейность некоторых поверхностей от 0,02 до 0,05 мм на всю длину детали;

- шероховатость особо ответственных поверхностей может достигать до Ra 2,5 и менее;

- применение фиксированного числа поверхностей, настраиваемых по параметрам ТАУ (технология автоматизированного управления), таких как отверстие, резьба, плоскость, шестигранник и т.д.;

- зависящее от сложности детали количество согласованных между собой отверстий и линейных размеров.

Весьма актуальной задачей представляется сокращение времени написания технологических процессов, а также повышение качества УП, разрабатываемых для деталей токарно-фрезерной группы в условиях современной ИТС, посредством построения таблиц принятия решений, в которых предусмотрены требования конструкторской документации, итоговая чистота поверхности, допуски расположения и формы.

Поставленная производственная задача решается при помощи:

- выявления главных особенностей задания показателей точности при прототипировании деталей токарно-фрезерной группы и отображения их основного влияния на операционный и маршрутный технологический процесс на оборудовании с ЧПУ;

- обнаружения и структуризации множества КТЭ (конструкторско-технологических элементов) выбранной детали токарно-фрезерной группы с учетом заложенных требований КД к изображению формы записи обработки КТЭ единой детали и отдельно взятых форм;

- структурирования всего объема ТАУ, используемых при обработке КТЭ, с учетом заложенных конструктором требований к качеству обработки детали;

- формирования принципов построения операционной технологии при использовании таблицы решений на основе разработанных методологических рекомендаций, работающих на постоянной основе, с последующим выводом УП на станок с ЧПУ.

На рис. 1 представлена традиционная схема взаимодействия специалистов цеха при создании технологического процесса механической обработки деталей токарно-фрезерной группы. При этом прослеживается, что процесс протекает при перманентном взаимодействии инженера-технолога, программиста станков с ЧПУ и оператора. Можно заметить, что технолог не может отслеживать качество выпускаемых программ, т.е. работу программиста. Также под знаком вопроса остается определение норм времени на подготовку производства при составлении той или иной программы.

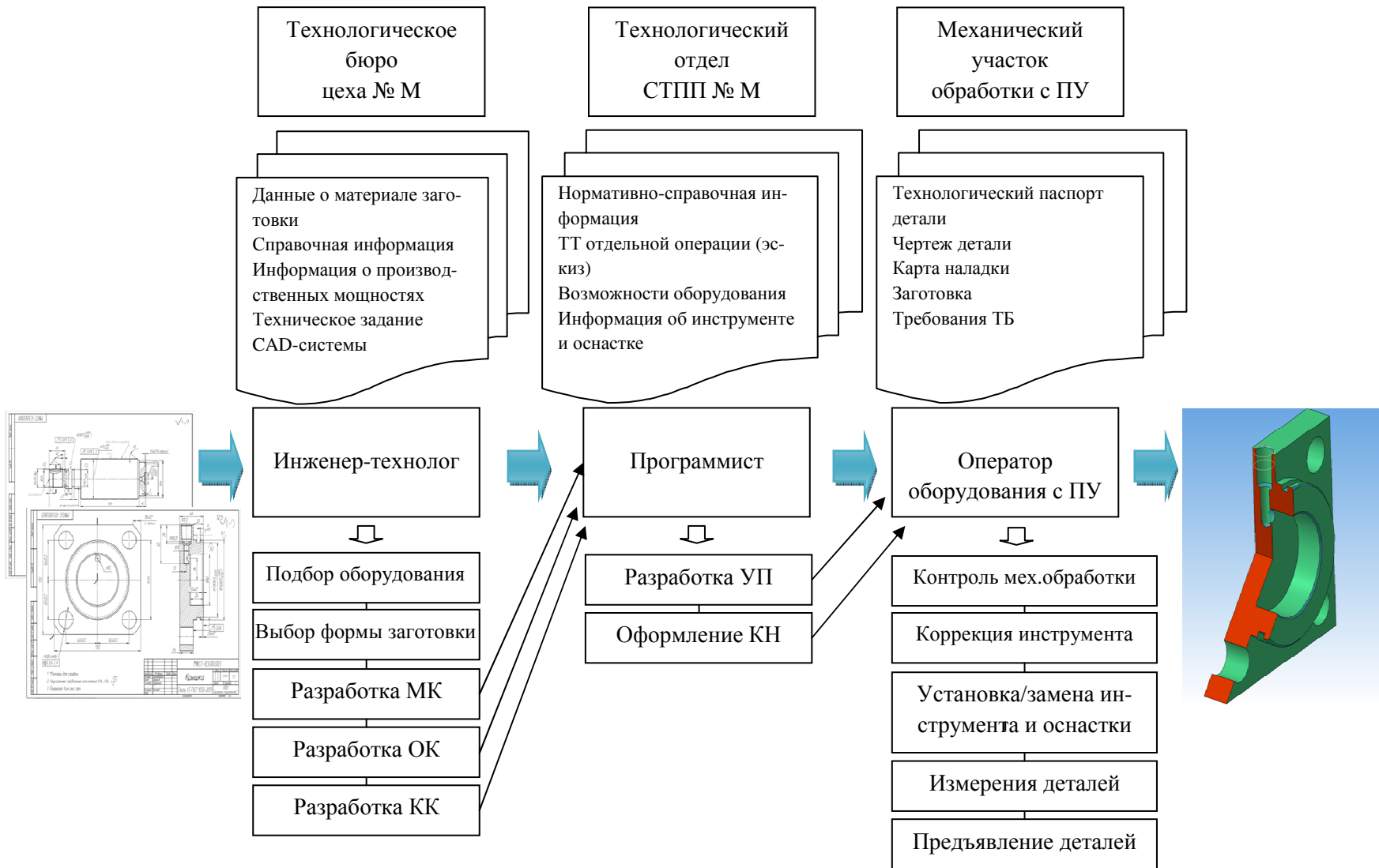


Рис. 1. Методы и формы взаимосвязей в условиях классической технологической модели (ТМ)

CAD/CAM-системы, плотно вошедшие в повседневную реальность, без которых не обходится работа программных станков, твердо занимают свою нишу, так как именно они позволяют с достаточной точностью прорисовывать траекторию движения инструмента, выбирать рекомендуемые режимы резания, оборудование, тем самым сокращая время на подготовку производства. Внедрение продуктов автоматизации подготовки производства не отменяет правил написания технологических процессов и предварительно требует глубокой разработки операционной карты изготовления детали токарно-фрезерной группы.

Описываемый принцип организации технологической подготовки производства в ИТС показан на рис. 2. Здесь четко прослеживаются используемые связи, видна оптимизация необходимых при этом специалистов, а также показана модель формирования управляющей программы при помощи CAD/CAM/CAE/PLM-систем (на основе выбранной технологической среды SolidWorks).

Для каждого отдельно взятого элемента, из множества которых состоит готовая деталь, разработано четкое описание геометрических форм, точности их изготовления, допуски форм и взаимного расположения относительно друг друга. Качество готовой детали складывается из суммы погрешностей изготовления каждого отдельно взятого элемента. Разработана принципиальная схема составления и задания необходимых характеристик (как геометрических, так и точностных) каждому элементу будущей детали.

В настоящее время используется несколько вариантов составления УП, каждый из которых заслуживает отдельного внимания, поэтому собственный метод написания управляющих программ на основе описаний отдельных конструкторских элементов должен отличаться выигрышем во времени, соблюдением постоянно растущих требований КД к деталям, проработкой сложных переходов и т.д. Требования, предъявляемые к готовой продукции и качеству ее обработки, точно описаны и представлены в 4 группах. В представленном методе используется подход, учитывающий несколько фундаментальных способов задания методов обра-

ботки материала, распространяющийся на создание как отдельно взятого конструкторского элемента, так и группы элементов, подвергаемых совместной обработке.

Процесс подготовки производства на машиностроительном предприятии в условиях использования современной ИТС можно разбить на два этапа:

1. Разработка операционной карты при написании технологического процесса механической обработки, которая может быть представлена, например, в виде технологического дерева.

2. Проработка ОК с последующей трансформацией ее в УП для выбранного станка с ЧПУ в выбранной САМ-системе. (По ряду причин в данной статье за основу САПР взята система SolidWorks, но также возможен и гибкий переход к производителям других САПР.)

Процесс применения конструкторско-технологических элементов подходит для представления почти всех деталей токарно-фрезерного направления. С его помощью представляется возможным сложные многоповерхностные детали разбивать на элементарные составляющие. Впоследствии обработка деталей на центрах с ЧПУ фактически производится поэтапно, однако наглядно представляется как выполнение одной операции. Каждому КТЭ необходимо задать параметрические характеристики, по которым и будет производиться обработка поверхности.

Новые производственные реалии устанавливают нам главную тенденцию к обработке токарно-фрезерными центрами с ЧПУ деталей наибольшей сложности, сводя к минимуму коэффициент последующих операций. При рациональном подходе остаточным явлением остается слесарная доработка отдельных поверхностей, которая в дальнейшем должна быть исключена.

Описанный метод разработки управляющих программ может быть использован на большинстве машиностроительных предприятий, применяющих передовое оборудование. Предложенная схема минимизирует количество требуемых специалистов при разработке технологического процесса, а также в значительной мере экономит время подготовки производства сложных деталей токарно-фрезерной группы.

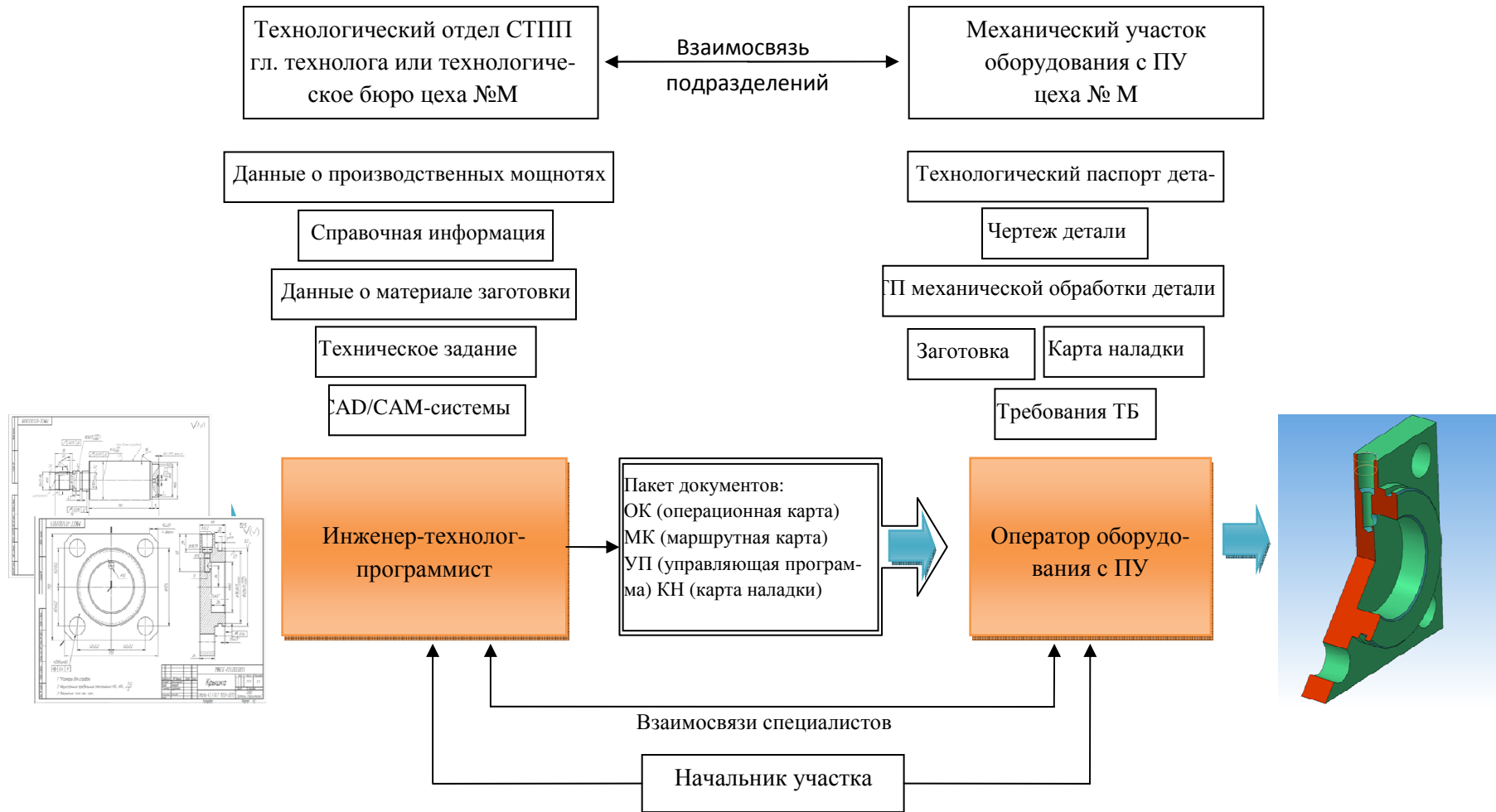


Рис. 2. Концептуальная структура взаимодействия специалистов/подразделений в условиях информационно-технологической среды (ИТС)

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыбаков, А.В. Система автоматизированной поддержки информационных решений при выпуске изделий «под заказ» в единичном и мелкосерийном производстве в машиностроении / А.В. Рыбаков, А.А. Орлов, Л.А. Татарова, С.А. Шапов // *CAD/CAM/CAE Observer*. - 2009. - № 7. - С. 62-70.
  2. Рыбаков, А.В. Опыт подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ в CAD/CAM системе / А.В. Рыбаков, С.А. Шапов // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM - 2009): тез. 9-й междунар. конф. / под ред. Е.И. Артамонова. - М.: ИПУ РАН, 2009.
  3. Рыбаков, А.В. Итеративное управление проектированием и изготовлением сложных изделий на базе компьютерных моделей в условиях информационно-технологической среды / А.В. Рыбаков, М.В. Кожин, А.А. Орлов // *Вестник компьютерных и информационных технологий*. - 2009. - № 12. - С.21-28.
  4. Деев, К.А. Использование концепции самообучающейся организации в процессе технической подготовки производства сложных деталей на станках с ЧПУ / К.А. Деев, А.В. Рыбаков // *Вестник МГТУ «Станкин»*. - 2016. - № 4.
  5. Рыбаков, А.В. Создание обучающего центра для подготовки специалистов машиностроительных предприятий к работе в условиях информационно-технологической среды / А.В. Рыбаков, А.Н. Шурпо // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки*. - 2015. - № 1 (33). - С. 133-141.
  6. Kutin, A.A. The Use of Computer Models in the Design and Manufacture Machining Attachments in Digital Manufacturing / A.A. Kutin, A.V. Rybakov, S.S. Ivashin // *International Conference on Advanced Manufacturing and Industrial Application (ICAMIA 2015)*.
1. Rybakov, A.V. System of information solution automated support at manufacturing "ordered" products in unit- and small-lot production in mechanical engineering / A.V. Rybakov, A.A. Orlov, L.A. Tatarova, S.A. Shamov // *CAD/CAM/CAE Observer*. - 2009. - № 7. - pp. 62-70.
  2. Rybakov, A.V. Experience in control program preparation for NC machines in CAD/CAM system / A.V. Rybakov, S.A. Shamov // *Systems of designing, technological pre-production and control and control of stages of industrial product life (CAD/CAM/PDM - 2009): Abstracts of the IX-th Inter. Conf.* / under the editorship E.I. Artamonova. - M.: IPU of the RAS, 2009.
  3. Rybakov, A.V. Iterative control of designing and manufacturing complex products based computer models under conditions of information technological environment / A.V. Rybakov, M.V. Kozhin, A.A. Orlov // *Bulletin of Computer and Information Technologies*. - 2009. - № 12. - pp. 21-28.
  4. Deev, K.A. Use of Self-learning organization concept during technical pre-preparation of complex parts production on NC machines / K.A. Deev, A.V. Rybakov // *Bulletin of MSTU "Stankin"*. - 2016. - № 4.
  5. Rybakov, A.V. Formation of training center for experts of engineering plants for work under conditions of information technological environment / A.V. Rybakov, A.N. Shurpo // *College Proceedings. Volga Region. Engineering Sciences*. - 2015. - № 1 (33). - pp. 133-141.
  6. Kutin, A.A. The Use of Computer Models in the Design and Manufacture Machining Attachments in Digital Manufacturing / A.A. Kutin, A.V. Rybakov, S.S. Ivashin // *International Conference on Advanced Manufacturing and Industrial Application (ICAMIA 2015)*.

Статья поступила в редколлегию 23.03.17.

Рецензент: д.соц.н., профессор  
Карлова Т.В.

## Сведения об авторах:

**Дьяченко Евгений Петрович**, аспирант МГТУ «СТАНКИН», e-mail: [e.p.dyachenko@mail.ru](mailto:e.p.dyachenko@mail.ru).

**Рыбаков Анатолий Викторович**, к.т.н., доцент МГТУ «СТАНКИН», с.н.с. лаборатории № 1 Института конструкторско-технологической информатики Российской академии наук, e-mail: [avr48@rambler.ru](mailto:avr48@rambler.ru).

**Дьяченко Екатерина Николаевна**, аспирант Института конструкторско-технологической информатики Российской академии наук, e-mail: [e.n.dyachenko@mail.ru](mailto:e.n.dyachenko@mail.ru).

**Шептунов Сергей Александрович**, д.т.н., профессор, директор Института конструкторско-технологической информатики Российской академии наук, e-mail: [ship@ikti.ru](mailto:ship@ikti.ru).

**Diyachenko Evgeny Petrovich**, post graduate student of MSTU “STANKIN”, e-mail: [e.p.dyachenko@mail.ru](mailto:e.p.dyachenko@mail.ru).

**Rybakov Anatoly Victorovich**, Can. Eng., Assistant Prof. MSTU “STANKIN”, s.r. of Lab. № 1, Institute of Design-Technological Informatics of the Russian Academy of Sciences, e-mail: [avr48@rambler.ru](mailto:avr48@rambler.ru).

**Diyachenko Ekaterina Nikolayevna**, post graduate student, Institute of Design-Technological Informatics of the Russian Academy of Sciences, e-mail: [e.n.dyachenko@mail.ru](mailto:e.n.dyachenko@mail.ru).

**Sheptunov Sergey Alexandrovich**, D. Eng., Prof., Director, Institute of Design-Technological Informatics of the Russian Academy of Sciences, e-mail: [ship@ikti.ru](mailto:ship@ikti.ru).