

УДК 621:004

DOI: 10.22213/2413-1172-2023-4-50-58

Интеграция технологической подготовки производства в автоматизированные системы проектирования

Т. Р. Вагапов, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

В. В. Муравьев, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова;
УдмФИЦ УРО РАН, Ижевск, Россия

Рассмотрены концептуальные направления и результаты интеграции системы по автоматизированной разработке технологических процессов изготовления деталей и изделий в машиностроительной отрасли. Исследование относится к сфере автоматизации технологической подготовки производства. Предложен алгоритм автоматизированного анализа трехмерной модели изделия (САД-модели), выполненной в системе КИТ – «Компьютерные информационные технологии» – для выявления и формализации значимых параметров изделия. В качестве дискретного элемента детали рассматривается конструктивный элемент как основа для выбора технологии изготовления изделия в целом. Описан объем функционального наполнения автоматизированной системы, позволяющий определять оптимальные производственные маршруты изготовления при учете технологических и структурных вводимых из базы данных изделий. Практический результат при внедрении системы в производство – сокращение цикла технологической подготовки при выпуске нового изделия.

Реализованы подходы по интеграции разработанных технологических процессов при подготовке производства в систему автоматизированного проектирования технологических процессов КИТ. Техническое задание на систему согласуется при постановке задачи, отладке и совершенствовании системы. Система позволяет проектировать маршрутно-операционные технологические процессы для всех технологических переделов предприятия. Возможно проектирование технологий на группу деталей. Ограничений на размер таких процессов нет. Объем базы данных технологического проектирования к настоящему моменту времени составляет более 7000 технологических процессов, включая действующее производство и снятые с производства изделия. Количество рабочих мест в сети предприятия под систему – более 150, степень охвата системой технологического проектирования в основном производстве – 100 %.

Ключевые слова: образ изделия, автоматизация производства, технологический процесс, база данных, САД-модель, автоматизированная система, система проектирования.

Введение

«Одним из стратегических направлений научно-технологического развития промышленности является переход на цифровое производство. В большинстве случаев под данным термином подразумевается информационная модель высокотехнологического производства, охватывающая основные направления перспективных производственных технологий, новых материалов и информационно-коммуникационного обеспечения. Эта модель включает в себя информацию обо всех процессах, протекающих на производстве, а также весь объем информации об изделии. Применение технологий цифрового производства позволит существенно повысить гибкость производства предприятий в целях обеспечения их конкурентоспособности, сократить сроки постановки на производство продукции новых поколений, снизить расходы всех видов ресурсов на проектирование, реинжиниринг и последующее производ-

ство как существующих, так и принципиально новых видов продукции» [1, 2].

В настоящее время в рамках автоматизации процессов производств закрепились PLM-системы, позволяющие охватывать наибольший спектр вопросов области управления жизненным циклом изделия [3]. К данному классу можно отнести и систему КИТ – «Компьютерные информационные технологии».

Рассмотрим принцип работы метрологического обеспечения в системах из разряда автоматизированного проектирования. У систем данного типа выделяется явная особенность, заключающаяся в том, что они исходно разрабатывались в качестве САД-системы и в качестве расширения пакета функций наполнялись элементами САМ/САЕ/PDM-систем. Задача по метрологическому обеспечению остро встает при разработке технологии производства, контроле технической точности оборудования и документообороте; при этом прослеживаются

попытки интеграции элементов метрологического обеспечения в имеющуюся систему и не выявлены подходы к разработке единой системы метрологического обеспечения, которая была бы интегрирована с остальными элементами PLM-системы [4, 5].

Как следствие, за прошедшие 25 лет появился широкий спектр отечественных разработок по автоматизации метрологического обеспечения (АСМО), которые направлены на учет особенностей данной области [6–8]. Явной проблематикой разработки АСМО является большое количество организаций, разрабатывающих программное обеспечение. Как следствие, разработанные АСМО не являются унифицированными под общепринятые требования машиностроения. Опциональная часть АСМО назначается непосредственно заказчиком исходя из области деятельности и специфики работы организации.

Руководствуясь требованиями, определенными заказчиком, формируется ряд базовых функций, построенных на следующих признаках:

- реализация всех этапов работ по созданию и поддержанию функционирования систем метрологического обеспечения измерений;
- использование современных информационных технологий;
- возможность взаимодействия с другими автоматизированными системами;
- возможность адаптации и развития системы с учетом изменяющихся требований к метрологическому обеспечению на предприятиях.

Система автоматизированного проектирования (САПР) принимается как базовый набор опционала/функций, связанный с автоматизацией разработки, непосредственно для работы с пользователем или их группой разработчиков. Если данный процесс осуществляется пользователем при взаимодействии с компьютером, то проектирование называется автоматизированным, в противном случае – неавтоматизированным. Проектирование, при котором все преобразования описания объекта и алгоритма его функционирования осуществляются компьютером без участия человека, называется автоматическим [9].

В действительности САПР выступают связующим звеном в управлении жизненным циклом в промышленности и пользуются большим спросом во многих отраслях. Применение САПР не ограничивается машиностроительной отраслью, они активно применяются в процессе разработки цифровой анимации для специальных эффектов в видео, например, рекламных роликах, художественных фильмах и техниче-

ских материалах. Для классификации САПР применяют устоявшиеся термины, классифицирующие программные функции и средства по автоматизации САПР отраслевого и целевого назначения [10–13]. «По целевому назначению различаются следующие подсистемы САПР, которые обеспечивают различные аспекты проектирования:

1. CAD – Computer-aided Design. Общий термин для обозначения всех аспектов проектирования с использованием средств вычислительной техники. Обычно охватывает создание геометрических моделей изделия (твердотельные, 3D, генерацию чертежных изделий и их сопровождений). Следует учитывать, что этот термин САПР по отношению к промышленным системам имеет более широкое толкование, чем CAD, и включает в себя как CAD, так САМ и САЕ.

2. САМ – Computer-aided Manufacturing. Общий термин для обозначения системы автоматизированной подготовки производства, общий термин для обозначения ПС-подготовки информации для станков с ЧПУ. Традиционно исходными данными для таких систем были геометрические модели деталей, полученных из систем CAD. Русским аналогом термина является АСТПП – автоматизированная система технологической подготовки производства.

3. САЕ – Computer-aided Engineering. Система автоматического анализа проекта. Общий термин для обозначения информационного обеспечения условий автоматизированного анализа проекта, имеет цель обнаружения ошибок (прочностные расчеты) или оптимизации производственных возможностей.

4. PDM – Product Data Management. Система управления производственной информацией. Инструментальное средство, которое помогает администраторам, инженерам, конструкторам управлять как данными, так и процессами разработки изделия на современных производственных предприятиях или группе смежных предприятий.

Каждая из систем может работать в комплексе, в любой комбинации или автономном режиме, что позволяет гибко и поэтапно решать задачи автоматизации подготовки производства любого предприятия» [14].

Обширная классификация САПР свидетельствует о значении использования данных систем. Также в настоящее время для обеспечения большей функциональности системы автоматизированного проектирования выполняются интегрированными, включая в себя основные подсистемы САПР.

Повышение качества изделий с учетом результатов оценки модулей упругости, коэффициентов Пуассона акустическими методами неразрушающего контроля требует их интеграции в технологический процесс производства [15–18].

Целью работы является снижение трудоемкости и сроков разработки технологических процессов (ТП) изготовления деталей и сборочных единиц изделий машиностроения при использовании существующих взаимосвязей между объектами производственной среды с использованием системы поддержки принятия решений (самообучающаяся программа разработки ТП) на основе данных, утвержденных ТП.

Описание работы автоматизированной системы разработки технологических процессов. Используемые подходы при внедрении в производственную систему

Рассматриваемая система по разработке технологических процессов выстраивает связи для перехода от модели конструктора к технологической модели. Технологию-разработчику система обозначает технологические сочетания форм трехмерной модели конструктора и выстраивает оптимальный маршрут (укрупненный) изготовления детали/изделия на основании ранее разработанных технологических процессов с технологическими рекомендациями в режиме диалога.

Система позволяет анализировать уровень технологичности предложенной конструкции изделия, а также сокращает трудозатраты специалиста, разрабатывающего технологический процесс за счет результатов анализа исходных данных (под заданную стоимость, с заданной функциональностью, с минимальной массой и др.), с учетом производственных мощностей предприятия.

К наиболее трудным задачам с точки зрения технолога, как правило, относится разработка технологического процесса на потенциально новые изделия с последующим освоением на серийном производстве. На сегодняшний день не выработаны общепринятые методики и математические алгоритмы. Как следствие, результативность выполняемых работ напрямую зависит от набора компетенций и уровня их развития у специалиста, выполняющего поставленную задачу.

В текущих практиках по разработке технологических процессов проходит активное внедрение систем трехмерного моделирования [19].

Применение этих систем неразрывно связано с современными информационными технология-

ми для интеграции процессов, выполняющихся в ходе всего жизненного цикла продукции и ее компонентов. Как следствие, автоматизированная разработка ТП на основе трехмерной модели изделия является одной из задач подготовки производства и должна также рассматриваться в контексте применения CALS-технологий [20, 21].

Внедряемая в производство автоматизированная система разработки технологических процессов построена на иерархическом принципе (рис. 1) и включает в себя следующие подсистемы.

1. Подсистема создания и ведения взаимосвязей между объектами технологического процесса системы КИТ при разработке ТП.

2. Подсистема создания и ведения базы знаний (средств технологического оснащения, оборудования, инструмента), предназначенная для формирования связей между данными технологическими процессами (рис. 2).

3. Подсистема, компилирующая информацию из действующих технологических процессов в архивную базу, для организации интерфейса между автоматизированной системой разработки ТП и технологом.

4. Подсистема создания и администрирования автоматизированной системы разработки ТП, предназначенная для выполнения формализованных процедур построения правил, их редактирования, модификации состава правил и других действий, обеспечивающих полноту и корректность выполнения проектных и технологических процедур с использованием экспертной системы.

5. Входящие в состав автоматизированной системы разработки ТП подсистемы в процессе функционирования должны осуществлять обмен информацией на основе утвержденных на ИАЗ форматов обмена данными (рис. 3).

Ниже сформированы требования по согласованию процессов для автоматизированной системы разработки технологических процессов.

Подсистема анализа изделий подразумевает распознавание объектов или отдельных элементов объекта посредством обозначения контура и сопоставительный анализ с уже имеющимися архивными базами данных.

Для распознавания объектов, деталей или отдельных элементов выделены ряд итерационных этапов:

- определение значений параметров каждого конструктивного элемента (количество линий, их виды и размеры);
- выявление связей и отношений;

- классификация конструктивных элементов по исходным данным (тип детали, конструкция элементов, геометрия элементов);
- сравнение конструктивного элемента с прототипом в классификаторе;
- распознавание структуры детали с учетом экспертной составляющей.

Для распознавания сборочной единицы:

- определение всех сопрягаемых поверхностей;

- выявление иерархической последовательности связей между деталями в сборочной единице;
- идентификация элементов конструкции изделия (тип входящих деталей, конструктивные элементы, являющиеся сопрягаемыми для каждой детали, геометрия элементов).

CAD/CAM/CAE-системы модели в настоящее время используются для отражения текущей структуры проектируемого изделия.



Рис. 1. Жизненный цикл изделия в системе КИТ

Fig. 1. Product life cycle in the KIT system

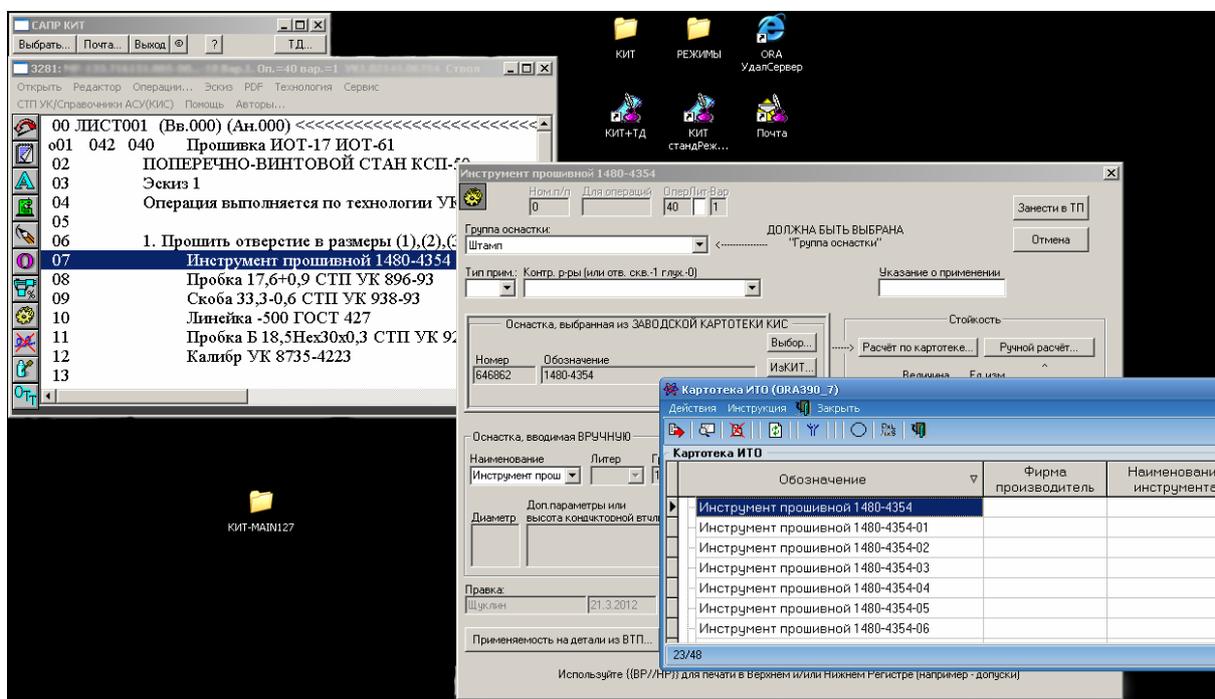


Рис. 2. Выбор оснастки из АСУП (АСУ «Инструментальное производство»).

Аналогично выбираются: оборудование, материалы заготовки, вспомогательные материалы

Fig. 2. Selection of equipment from the automated control system (Automated Control System “Tool Production”).

Similarly, the following are selected: equipment, billet materials, auxiliary materials

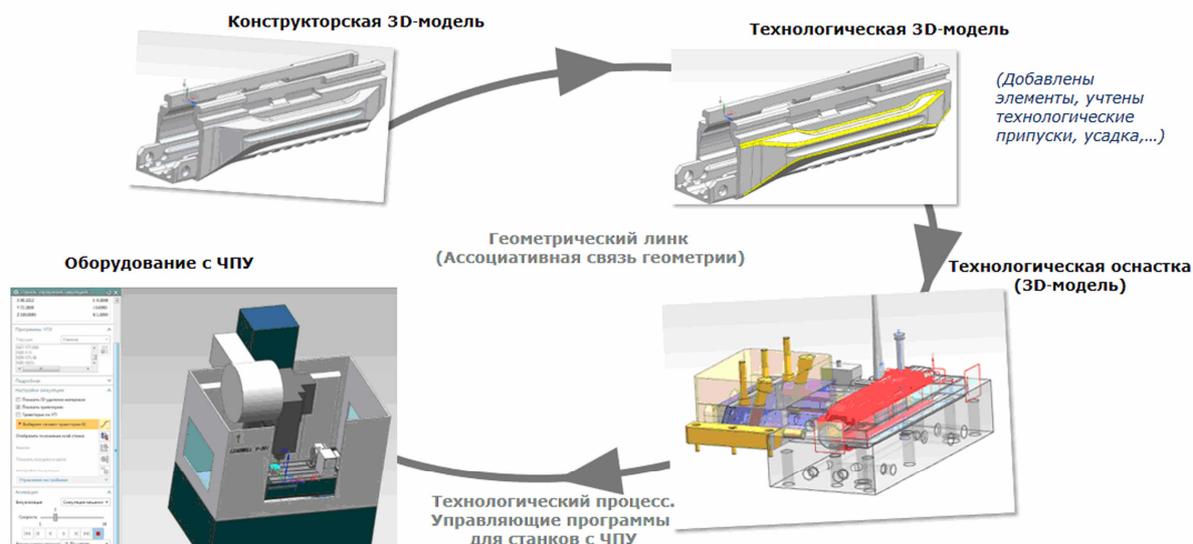


Рис. 3. Автоматизация разработки ТП по трехмерной детали изделия

Fig. 3. Automation of the development of technological processes for a three-dimensional part of the product

Подсистема формирования экспертных правил должна обеспечивать возможность ввода экспертных знаний – критериев, определяющих взаимосвязь объектов. Логическая схема функционирования системы приведена на рисунке 4, ее организационно-логическая структура – на рисунке 5.

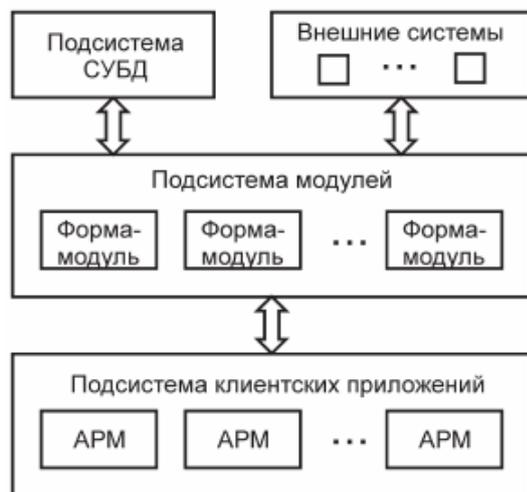


Рис. 4. Логическая схема функционирования системы КИТ

Fig. 4. The logical scheme of the functioning of the KIT system

В рассматриваемой подсистеме формируется ряд правил, относящихся к производственному типу, которые описывают связи цепочки производства.

Универсальность и ориентированность на размещение интеллектуальной составляющей рабо-

ты эксперта-технолога можно отнести к преимуществам внедряемой технологии.

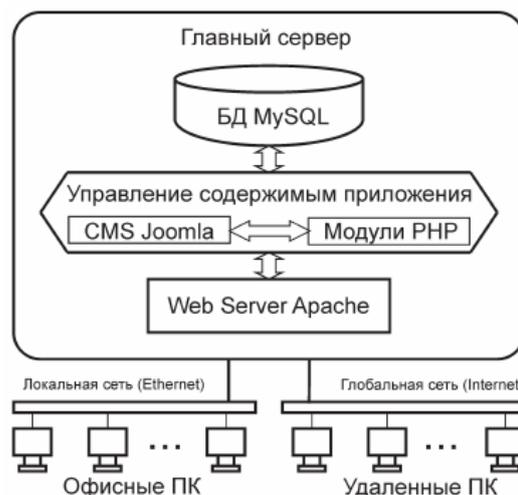


Рис. 5. Организационно-логическая структура программного обеспечения системы КИТ

Fig. 5. Organizational and logical structure of the software of the KIT system

Алгоритм вывода основывается на подсистеме формирования экспертных правил и позволяет в автоматическом режиме формировать укрупненное ТП и получать информацию о причинах принятого решения.

Подсистема проектирования маршрута изготовления деталей реализует формирование взаимосвязанных цепочек, состоящих:

- из внутренней структуры организации;
- изделий, изготавливаемых на производственной площадке предприятия;

- технологических операций и переходов, выполняемых в каждом подразделении;
- технологического оборудования каждого подразделения, на котором выполняются эти операции;

- всех профессий специалистов, работающих на этом оборудовании для выполнения этих операций.

По результатам введения исходных данных маршрутизатор формирует выходные данные на основе подбора из базы технологических решений, которые удовлетворяют введенным исходным данным. Далее запускается процесс анализа и уточнения правил выбора по способам получения тех или иных конструктивных элементов.

Для развития автоматизированной системы проводится ряд работ по аналитике уровня технологичности перед началом разработки технологического процесса. Данный функционал позволит:

- снизить влияние человеческого фактора и субъективной оценки в процессе технологической подготовки производства за счет фильтрации нерациональных и трудоемких технических решений в конструкции изделий;

- предоставлять готовые шаблоны для написания однотипных технологических процессов;

- выявлять нетехнологичные элементы в конструкции изделия на этапе анализа документации, а не на этапе запуска в производство.

В рамках внедрения получены следующие результаты проработки потенциального эффекта от внедрения:

- снижено влияния человеческого фактора посредством фильтрации нерациональных и трудоемких решений;

- внедрена возможность использования предложенной информационной модели изделия, дерева построения, анализа и полученных с их помощью данных для решения ряда задач конструкторско-технологической подготовки производства, а именно:

- выбран конструкторский состав изделия;
- разработан укрупненный маршрут изготовления изделия;

- проведена комплексная оценка изделий на основе заданных критериев технологичности.

Результаты внедрения автоматизированной системы разработки технологических процессов в производстве

Ожидаемый результат от завершения внедрения автоматизированной системы разработки ТП на предприятии:

1. Уменьшение трудозатрат и сроков разработки ТП изготовления деталей и сборочных единиц.

2. Разработка алгоритма формирования данных на основе существующих взаимосвязей при конструкторско-технологической подготовке производства.

3. В ходе выполнения работы планируется получить следующие практические результаты:

- программный модуль распознавания структуры САД-модели изделия;

- классификаторы ТП изготовления изделий, методика формирования маршрута изготовления изделий;

- программный модуль проектирования маршрута изготовления изделия на основе САД-модели изделия;

- формирование технической документации: от конструкторской спецификации до производственных документов технологических процессов;

- информационную поддержку процесса технологического проектирования;

- автоматизацию разработки и нормирования технологических процессов на основе САД-модели.

Выводы

Таким образом, применение автоматизированной системы разработки ТП на этапах концептуального проектирования и технологической подготовки производства позволит добиться выпуска конкурентоспособного изделия с высокими по сравнению с аналогами целевыми показателями и эксплуатационными характеристиками.

По результатам внедрения в производственную систему можно отметить следующее:

1. Уменьшение трудоемкости разработки технологических процессов посредством автоматической разработки маршрутных карт изготовления деталей сборочных единиц (ДСЕ). Система руководствуется базой данных ранее разработанных ТП и разрабатывает оптимальный маршрут.

2. Изготовление деталей и сборочных единиц изделий машиностроения при использовании существующих взаимосвязей между объектами производственной среды с использованием системы поддержки принятия решений (самообучающаяся программа разработки ТП) на основе данных, утвержденных ТП.

3. Отработанный технологический процесс посредством симуляции изготовления ДСЕ в системе КИТ.

Библиографические ссылки

1. Баранов Н. Е., Феофанов А. Н. Построение автоматизированных систем управления производст-

вом с использованием методов адаптивного управления // Вестник МГТУ «Станкин». 2022. № 3 (62). С. 22–25.

2. *Glubokov A., Glubokova S., Afonina I., Zelensky A., Semenishchev E.* (2022) Automated measuring system for straightness and flatness deviation of extended surfaces: Proc. SPIE 12319, Optical Metrology and Inspection for Industrial Applications IX, 1231921 (19 December 2022).

3. Автоматизированная система метрологического обеспечения производства / А. В. Глубоков, Е. В. Ромаш, П. В. Панфилов, С. В. Глубокова // Вестник МГТУ «Станкин». 2018. № 3 (46). С. 70–75.

4. Разработка автоматизированной системы проектирования процесса изготовления вала на базе трехмерной модели / А. Б. Махамбетов, С. У. Исмаилов, Д. Байгабылова, Д. Маркабаева // Вестник науки Южного Казахстана. 2022. № 2 (18). С. 19–23.

5. *Власкин Г. А.* Диверсификация ОПК как приоритетное направление построения высокотехнологичной отечественной промышленности // Вестник ИЭ РАН. 2019. № 5. С. 97–113. DOI: 10.24411/2073-6487-2019-10061

6. Разработка программного модуля для технологической подготовки производства единичных и мелкосерийных машиностроительных предприятия / Г. С. Жетесова, Н. А. Савельева, Т. Ю. Никонова, В. В. Юрченко, А. А. Берг // Вестник Евразийского национального университета имени Л. Н. Гумилева. Серия: Технические науки и технологии. 2023. № 3 (144). С. 122–133.

7. *Семенов Н. А., Бурдо Г. Б.* Основные принципы создания систем автоматизации проектирования и управления в машиностроительных производственных системах // Программные продукты и системы. 2019. № 1. С. 134–140.

8. Управление качеством конструкторско-технологической подготовки производства с использованием базой концептуальной модели данных / О. И. Антипова, И. Н. Хаймович, А. Н. Чекмарев, С. В. Чурилин // Вестник Самарского муниципального института управления. 2020. № 1. С. 7–19.

9. *Вязов А. Е.* Определение и классификация систем автоматизированного проектирования // Наука через призму времени. 2020. № 11 (44). С. 10–11.

10. *Khrustaleva I.N., Lyubomudrov S.A., Chernykh L.G., Stepanov S.N., Larionova T.A.* (2020) Automating production engineering for custom and small-batch production on the basis of simulation modeling. *Magazine of Physics: Conference Series: International conference on innovations, physical studies and digitalization in mining engineering*, 2020, vol. 1753, no. 1. DOI: 10.1088/1742-6596/1753/1/012047

11. *Lyubomudrov S.A., Khrustaleva I.N., Tolstoles A.A., Makarov A.P.* (2019) Improving the efficiency of technological preparation of single and small batch production based on simulation modeling. *Journal of Mining institute*, 2019, vol. 160, no. 6, pp. 669-677. DOI: 10.31897

12. *Афанасьев А. Н., Бригаднов С. И., Канев Д. С.* Разработка автоматизированной системы анализа

проектных решений в СПРКОМПИАС-3D // Автоматизация процессов управления. 2018. № 1. С. 108–117.

13. Исследование природы образования поверхностных дефектов горячекатаного проката в прикромочной зоне / В. В. Науменко, А. В. Мунтин, А. В. Даниленко, О. А. Баранова // Сталь. 2020. № 1. С. 40–45.

14. *Аубакирова Г. М., Исатаева Ф. М., Куатова А. С.* Цифровизация промышленных предприятий Казахстана: потенциальные возможности и перспективы // Вопросы инновационной экономики. 2020. Т. 10. № 4. С. 2251–2268.

15. *Бирюков А. Б., Иванова А. А.* Современное состояние и направления развития технологии непрерывной разливки круглой заготовки // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2020. Т. 76. № 6. С. 573–585. DOI: 10.32339/0135-5910-2020-6-573-585

16. *Шарашкина Т. П., Глухова Т. В.* Нормативно-техническое обеспечение средств и методов качества // Качество. Инновации. Образование. 2021. № 3 (173). С. 37–41.

17. Акустические и электромагнитные свойства заготовок стволов гражданских ружей / В. В. Муравьев, О. В. Муравьева, Т. Р. Вагапов [и др.] // Интеллектуальные системы в производстве. 2023. Т. 21, № 1. С. 59–70. DOI: 10.22213/2410-9304-2023-1-59-70. EDN KBBVGW.

18. *Муравьев В. В., Вагапов Т. Р.* Оценка стабильности технологического процесса по результатам контроля размеров заготовок оружейных стволов // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2023. Т. 26, № 3. С. 53–66. DOI: 10.22213/2413-1172-2023-3-53-66

19. *Осипов О. Н., Михеева Т. А.* Исследование применимости автоматизированных систем управления проектами на судостроительных заводах с единичным и мелкосерийным типами производства // Научные проблемы водного транспорта. 2020. № 64. С. 99–109.

20. *Глубоков А. В., Глубокова С. В., Емельянов П. Н., Афонина И. В.* К проблеме построения автоматизированной системы метрологического обеспечения измерений для машиностроительных предприятий // Вестник МГТУ «Станкин». 2020. № 2 (65). С. 98–104.

21. *Богданов А. Д.* Автоматизированная система технологической подготовки производства. Принятие системы технологической подготовки. Конструкторская система производства // Международный студенческий научный вестник. 2019. № 6. С. 17.

References

1. Baranov N.E., Feofanov A.N. (2022) [Construction of automated production management systems using adaptive management methods]. *Vestnik MGTU "Stankin"*, 2022, no. 3 (62), pp. 22-25 (in Russ.).

2. Glubokov A., Glubokova S., Afonina I., Zelensky A., Semenishchev E. (2022) Automated measuring system for straightness and flatness deviation of extended surfaces: Proc. SPIE 12319, Optical Metrology and Inspection for Industrial Applications IX, 1231921 (19 December 2022).

3. Glubokov A.V., Romash E.V., Panfilov P.V., Glubokova S.V. (2018) [Automated system of metrological support of production]. *Vestnik MGTU «Stankin»*, 2018, no. 3 (46), pp. 70-75 (in Russ.).
4. Makhambetov A.B., Ismailov S.U., Baigabylova D., Markabayeva D. (2022) [Development of an automated system for designing the shaft manufacturing process based on a three-dimensional model]. *Vestnik nauki Juzhnogo Kazahstana*, 2022, no. 2 (18), pp. 19-23 (in Russ.).
5. Vlaskin G.A. (2019) [Diversification of the defense industry as a priority direction of building a high-tech domestic industry]. *Vestnik IJe RAN*, 2019, no. 5, pp. 97-113 (in Russ.). DOI: 10.24411/2073-6487-2019-10061
6. Zhetesova G.S., Savelyeva N.A., Nikonova T.Yu., Yurchenko V.V., Berg A.A. (2023) [Development of a software module for technological preparation of production of single and small-scale machine-building enterprises]. *Vestnik Evrazijskogo nacional'nogo universiteta imeni L. N. Gumileva. Serija: Tehnicheskie nauki i tehnologii*, 2023, no. 3 (144), pp. 122-133 (in Russ.).
7. Semenov N.A., Burdo G.B. (2019) [The basic principles of creating automation systems for design and control in machine-building production systems]. *Programmnye produkty i sistemy*, 2019, no. 1, pp. 134-140 (in Russ.).
8. Antipova O.I., Khaimovich I.N., Chekmarev A.N., Churilin S.V. (2020) [Quality management of design and technological preparation of production using a conceptual data model base]. *Vestnik Samarskogo municipal'nogo instituta upravlenija*, 2020, no. 1, pp. 7-19 (in Russ.).
9. Viazov A.E. (2020) [Definition and classification of computer-aided design systems]. *Nauka cherez prizmu vremeni*, 2020, no. 11 (44), pp. 10-11 (in Russ.).
10. Khrustaleva I.N., Lyubomudrov S.A., Chernykh L.G., Stepanov S.N., Larionova T.A. (2020) Automating production engineering for custom and small-batch production on the basis of simulation modeling. *Magazine of Physics: Conference Series: International conference on innovations, physical studies and digitalization in mining engineering*, 2020, vol. 1753, no. 1. DOI: 10.1088/1742-6596/1753/1/012047
11. Lyubomudrov S.A., Khrustaleva I.N., Tolstoles A.A., Makarov A.P. (2019) Improving the efficiency of technological preparation of single and small batch production based on simulation modeling. *Journal of Mining institute*, 2019, vol. 160, no. 6, pp. 669-677. DOI: 10.31897
12. Afanasyeva A.N., Brigadnov S.I., Kanev D.S. (2018) [Development of an automated system for analyzing design solutions in the COMPASS-3D SPR]. *Avtomatizacija processov upravlenija*, 2018, no. 1, pp. 108-117 (in Russ.).
13. Naumenko V.V., Muntyan A.V., Danilenko A.V., Baranova O.A. (2020) [Investigation of the nature of formation of surface defects of hot-rolled rolled products in the edge zone]. *Stal'*, 2020, no. 1, pp. 40-45 (in Russ.).
14. Aubakirova G.M., Isatayeva F.M., Kumatova A.S. (2020) [Digitalization of industrial enterprises of Kazakhstan: potential opportunities and prospects]. *Voprosy innovacionnoj jekonomiki*, 2020, vol. 10, no. 4, pp. 2251-2268 (in Russ.).
15. Biryukov A.B., Ivanova A.A. (2020) [The current state and directions of development of the technology of continuous casting of round billets]. *Chernaja metallurgija. Bjulleten' nauchno-tehnicheskoy i jekonomicheskoy informacii*, 2020, vol. 76, no. 6, pp. 573-585 (in Russ.). DOI: 10.32339/0135-5910-2020-6-573-585
16. Sharashkina T.P., Glukhova T.V. (2021) [Regulatory and technical support of quality tools and methods]. *Kachestvo. Innovacii. Obrazovanie*, 2021, no. 3 (173), pp. 37-41 (in Russ.).
17. Muravyev V.V., Muravyeva O.V., Vagapov T.R. (2023) [Acoustic and electromagnetic properties of blanks of barrels of civilian guns]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2023, vol. 21, no. 1, pp. 59-70 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2023-1-59-70. EDN KBBVGW.
18. Murav'ev V.V., Vagapov T.R. (2023) [Assessment of the stability of the technological process based on the results of monitoring the dimensions of blanks of weapon barrels]. *Vestnik IzhGTU imeni M. T. Kalashnikova*, 2023, vol. 26, no. 4, pp. 53-66 (in Russ.). DOI: 10.22213/2413-1172-2023-3-53-66
19. Osipov O.N., Mikheeva T.A. (2020) [Study of the applicability of automated project management systems at shipyards with single and small-scale production types]. *Nauchnye problemy vodnogo transporta*, 2020, no. 64, pp. 99-109 (in Russ.).
20. Glubokov A.V., Glubokova S.V., Yemelyanov P.N., Afonina I.V. (2020) [On the problem of building an automated metrological measurement support system for machine-building enterprises]. *Vestnik MGTU «Stankin»*, 2020, no. 2 (65), pp. 98-104 (in Russ.).
21. Bogdanov A.D. (2019) [Automated system of technological preparation of production. Adoption of a technological training system. Design production system]. *Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik*, 2019, no. 6, p. 17 (in Russ.).

Integration of Technological Preparation of Production into Automated Design Systems

T.R. Vagapov, Post-graduate, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

V.V. Murav'ev, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU, UdmFRC UB RAS, Izhevsk, Russia

The concept of the development of an integrated system for the design of technological processes for the manufacture of mechanical engineering products is considered.

The research relates to the field of automation of technological preparation of production in the development of the technological process of manufacturing a product (part, assembly unit). An algorithm for automated analysis of a three-dimensional product model (CAD model) made by the KIT system (KIT-computer information technology) is

proposed to identify and formalize significant product parameters. As a discrete element of the part, a structural element is considered as the basis for choosing the manufacturing technology of the product as a whole. The general functional structure of the system being developed is described, which is necessary for the formation of the product manufacturing route taking into account the production process data structured in the product database. The practical result of the system when introduced into production is a reduction in the cycle of technological preparation for the release of a new product.

The system allows you to design route-operational TP for all technological conversions of the enterprise. It is possible to design technologies for a group of parts. There are no restrictions on the size of the TP. The volume of the Database of Technological Design (BDTP) to date is more than 7000 technological processes, including existing production and discontinued products. The number of jobs on the enterprise network for the system is more than 150, the degree of coverage of the technological design system in the main production is 100 %.

Keywords: product image, production automation, technological process, database, CAD model.

Получено 10.11.2023

Образец цитирования

Вагапов Т. Р., Муравьев В. В. Интеграция технологической подготовки производства в автоматизированные системы проектирования // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2023. Т. 26, № 4. С. 50–58. DOI: 10.22213/2413-1172-2023-4-50-58

For Citation

Vagapov T.R., Murav'ev V.V. (2023) [Integration of Technological Preparation of Production into Automated Design Systems]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, 2023, vol. 26, no. 4, pp. 50-58 (in Russ.). DOI: 10.22213/2413-1172-2023-4-50-58