

УДК 004.896:621

DOI: 10.18698/0536-1044-2018-8-37-49

PLM-стратегия в мелкосерийном производстве машиностроительной отрасли

В.Ф. Булавин, В.В. Яхричев, В.А. Глазков

Вологодский государственный университет, 160000, Вологда, Российская Федерация, ул. Ленина, д. 15

PLM-Strategy in Small-Scale Production in the Machine-Building Industry

V.F. Bulavin, V.V. Yakhrichev, V.A. Glazkov

Vologda State University, 160000, Vologda, Russian Federation, Lenin St., Bldg. 15



e-mail: bulavin35@mail.ru, yakhrichev@yandex.ru, glazkov.1938@mail.ru



Приведен опыт адаптации отечественных систем автоматизированного проектирования в условиях работы малых и средних предприятий машиностроительного сектора. Автоматизированная подготовка производства объединяет следующие этапы: конструкторский, технологический и инженерный анализ. Каждый из них выступает как самостоятельный, а переход к следующему шагу полностью базируется на предыдущем. Система автоматизированного проектирования технологических процессов ЛОЦМАН:PLM связывает по единым стандартам весь набор приложений из состава изделия, формируя проект, содержащий чертежи и документы. Взаимосвязь САД-продуктов заложена в дереве изделия, на основе которого ЛОЦМАН:PLM формирует его состав. Структура содержит сопровождающие документы, а также атрибутивную информацию. В архиве данных спроектированный объект сохраняется как электронная объектная модель, с которой связаны детали и узлы, присутствующие в разработке. Набор документов является основой модификаций изделия, условием коллективной работы и выступает средством согласования всех звеньев в цепи заказчик — разработчики — производитель — поставщики.

Ключевые слова: малые предприятия, 3D-модели, конструкторско-технологическая подготовка производства, PLM-технологии



This work describes the experience of adapting domestic CAD systems under the conditions of small and medium-sized enterprises of the machine-building sector. Computer aided engineering includes the following stages: design, processing, and engineering analysis. Each is treated as an independent stage, with each preceding stage being a prerequisite for the next. The computer aided design system LOODSMAN:PLM links the entire set of applications from the product structure to a single standard, thus forming a project containing drawings and documents. The interconnection of the CAD products is embedded in the product tree, based on which LOODSMAN:PLM forms its composition. The structure contains accompanying documents, as well as attributive information. In the data archive, the designed object is stored as an object model, that the parts and units present in the design process are connected to. The set of documentation serves as the basis for product modifications, the condition of teamwork and a coordination tool in the customer — developer — manufacturer — supplier chain.

Keywords: small enterprises, 3D-models, design and technological preparation of production, PLM-technologies

Смена экономической парадигмы ускоряет политику внедрения цифровых технологий в практику работы по технологическому обеспечению малых и средних предприятий.

Цель работы — расширить информационное поле для инновационных программных продуктов и технологий на предприятия среднего и особенно малого бизнеса машиностроительной отрасли.

Результатом этого процесса следует ожидать шаги по преодолению технологического отставания России в сфере организационных и управленческих принципов подготовки производства. Цифровое направление в развитии экономики определяет стратегию дигитализации всего перечня конструкторско-технологической документации, необходимой для производства, а также актуализирует и упрощает процесс создания рабочих архивов [1, 2].

Различают три основных этапа подготовки производства: конструкторский, технологический и инженерный анализ. Электронная версия документов и инновационные технологии в организации труда ускоряют процесс подготовки перехода на новые виды продукции, что в итоге является основным фактором конкурентоспособности на рынке товаров и услуг.

Цифровое документирование можно осуществить на базе PLM-решений, что требует высокого уровня профессиональной подготовки инженерного состава и позволяет реализовать все этапы жизненного цикла изделий [1–3]. К компонентам жизненного цикла относятся: проектирование, технологическое обеспечение (оснащение) и эксплуатационная поддержка, сопровождение и утилизация.

Автоматизированная конструкторская подготовка производства включает в себя 3D-проектирование моделей деталей и узлов изделий, оформление 2D-чертежей и необходимых спецификаций, а также каталогов продукции. Ассоциативная связь цифровых образов и чертежей позволяет учесть все изменения электронной модели в технических документах [4–6].

Технологическая подготовка опирается на выбор заготовки, материала будущего изделия, определения (разработки) методов и способов обработки детали, а также уточнения состава оборудования и назначения режущего инструмента. Отдельным моментом выступает вопрос проектирования вспомогательных приспособлений и выбора измерительных средств.

Сопровождение изделий на этапе эксплуатации включает в себя набор следующих компонентов: разработку и создание иллюстрированных каталогов для проведения ремонтных и сервисных мероприятий, выработки логистических правил по предоставлению услуг дистанционного доступа и формирование клиентской базы [4–6].

Экологические нормы к утилизации выработавших ресурс продуктов машиностроения и технологических отходов становятся все жестче. Логистика сбора, транспортирования, хранения и переработки отработанных материалов требует проектирования специфических технологических решений. Выполнение всех сформулированных условий приводит к соблюдению стандартов международной системы менеджмента качества ISO 9000:2000, что позволяет проводить уверенную политику на рынке товаров и услуг.

При широком спектре видов продукции и разнообразии типов малых машиностроительных предприятий требования в одновременном обеспечении всей документации от чертежей деталей изделия до описания технологических процессов выступают как фактор, способствующий быстрому выходу товара на рынок [6]. Гибкость производства в условиях машиностроительных предприятий может быть достигнута только при условии автоматизированной подготовки производства, ориентированной на конкретное оборудование.

Особенностью малого бизнеса машиностроительного сектора является мелкосерийное производство деталей и комплектующих, а также изделий среднего уровня сложности в условиях ограниченного станочного парка. Это требует привязки технологий изготовления к возможностям станочного парка и его технологических решений. Именно в рамках этих предприятий существует широкое поле для внедрения инновационных технологий в организацию их деятельности.

Отечественное программное обеспечение дает возможность во многих случаях полностью решить задачу автоматизированного проектирования. Интеграция системы автоматизированного проектирования (САПР) КОМПАС-3D, САПР технологических процессов (ТП) — ВЕРТИКАЛЬ и ЛОЦМАН:PLM, а также линейки программ российской компании «Спрут-Технология» позволяют реализовать сквозную интегрированную программно-информацион-

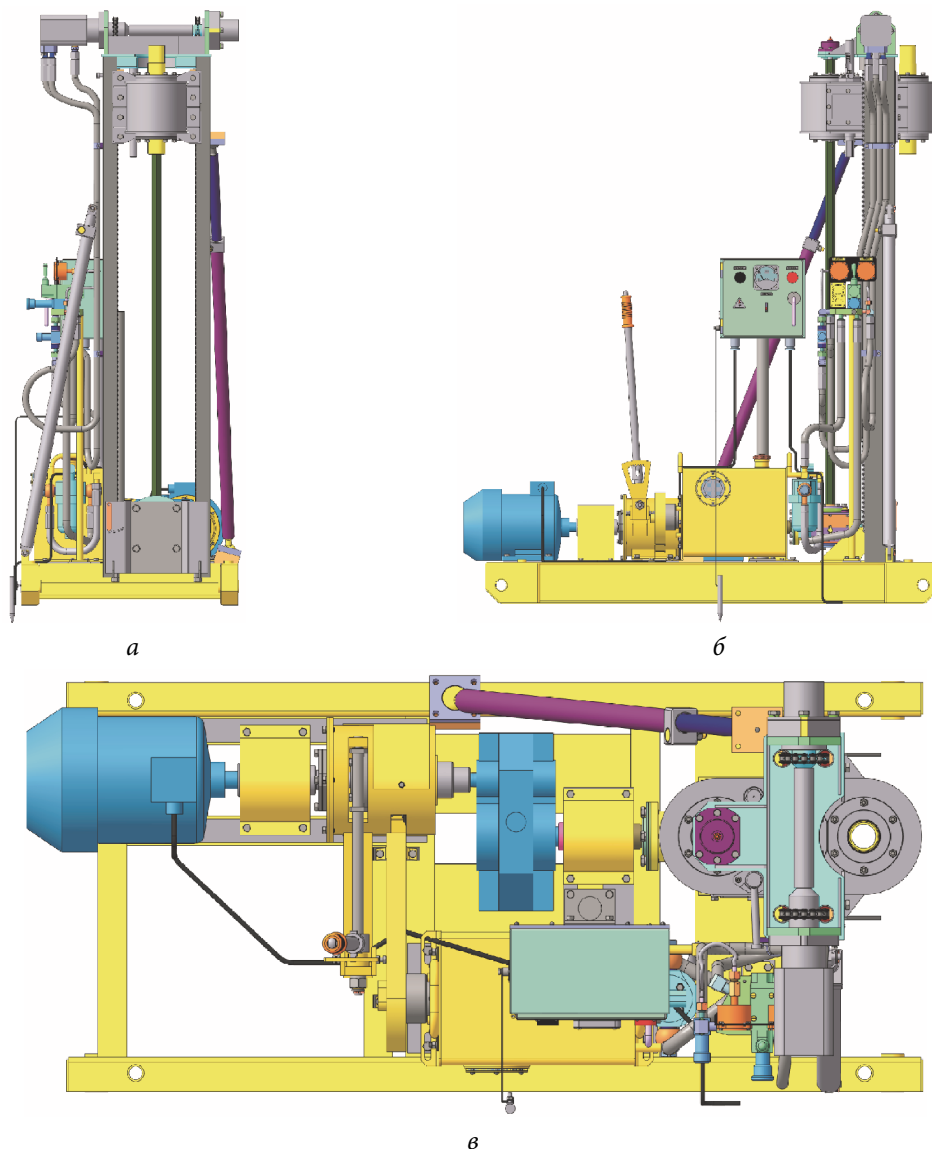


Рис. 1. Цифровая модель МБК:
 а — вид справа; б — главный вид; в — вид сверху

ную среду для повышения эффективности подготовки производства.

Процесс валидации российских систем САПР в условиях средних и малых предприятий покажем на примере подготовки производства мобильного бурового комплекса (МБК), цифровая модель которого приведена на рис. 1.

Первый этап подготовки производства состоит в уточнении общей компоновки, кинематических связей и состава будущего изделия из условия унификации и максимального использования стандартных узлов. Дальнейшие действия опираются на предварительную класси-

фикацию и кодирование деталей с последующим поиском прототипов в базах данных. Основой автоматизированного проектирования служат методы адресации и синтеза. В рамках этого раздела САД-платформа КОМПАС-3D позволяет создать и редактировать 3D-модели всех деталей и в итоге сформировать рабочие чертежи (рис. 2) с изображением необходимых проекций, сечений, разрезов, а также сборочные единицы.

На этапе принятия конструкторских решений требуется согласовать с технологическими службами возможность изготовления на имеющемся оборудовании отдельных узлов и деталей, а со службами снабжения — необходи-

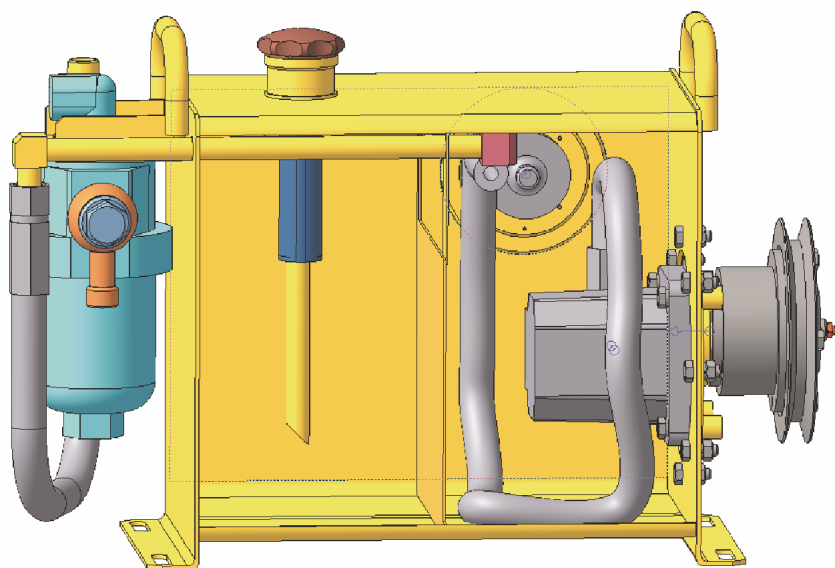


Рис. 3. Цифровая модель сборочной единицы «Маслостанция»

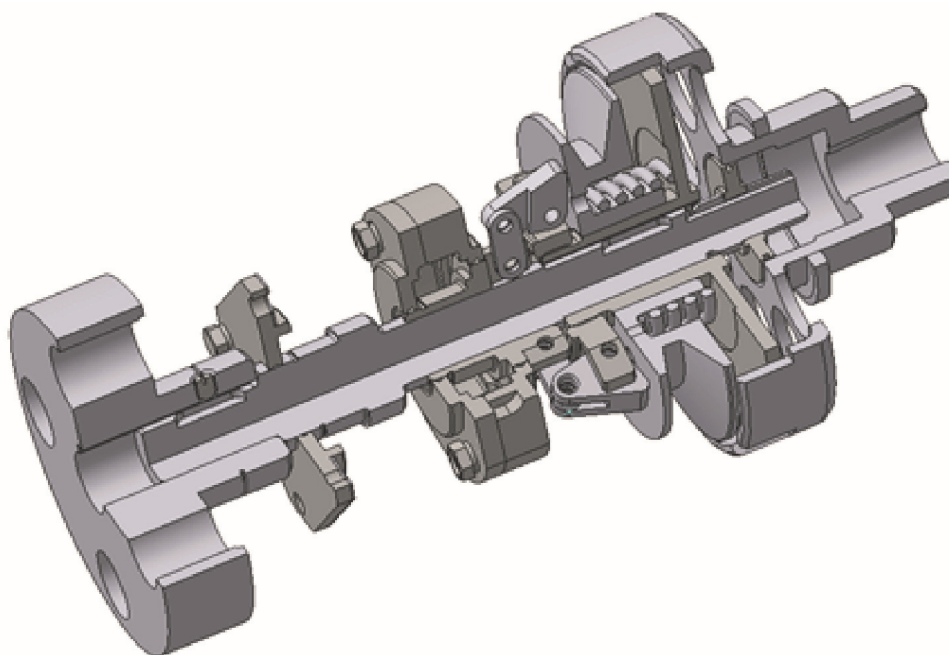


Рис. 4. Цифровая 3D-модель сборочной единицы «Полумуфта упругая втулочно-пальцевая и фрикционная муфта сцепления»

На рис. 4 приведена 3D-модель сборочной единицы «Полумуфта упругая втулочно-пальцевая и фрикционная муфта сцепления». Узел является сопрягающим элементом между электродвигателем и цилиндрическим редуктором. Особенность конструкции заключается в пробуксовывании при перегрузках, что предохраняет механизмы от поломок [8].

На рис. 5 показана электронная 3D-модель изделия «Редуктор конический», предназна-

ченного для передачи крутящего момента под прямым углом на блок «Вращатель» (рис. 6).

Современные САПР, использующие методы трехмерного моделирования, позволяют выполнить компоновку конечного продукта. Программный функционал дает возможность увидеть будущее изделие в объеме и различных проекциях, придать ему реалистичное изображение в соответствии с заданным материалом для предварительной оценки конструкторских

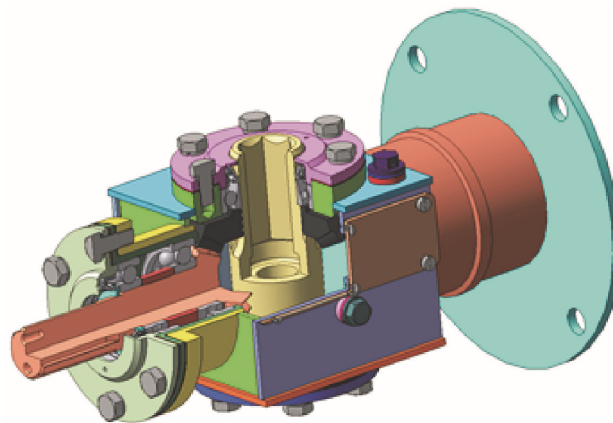


Рис. 5. Цифровая 3D-модель сборочной единицы «Редуктор конический»

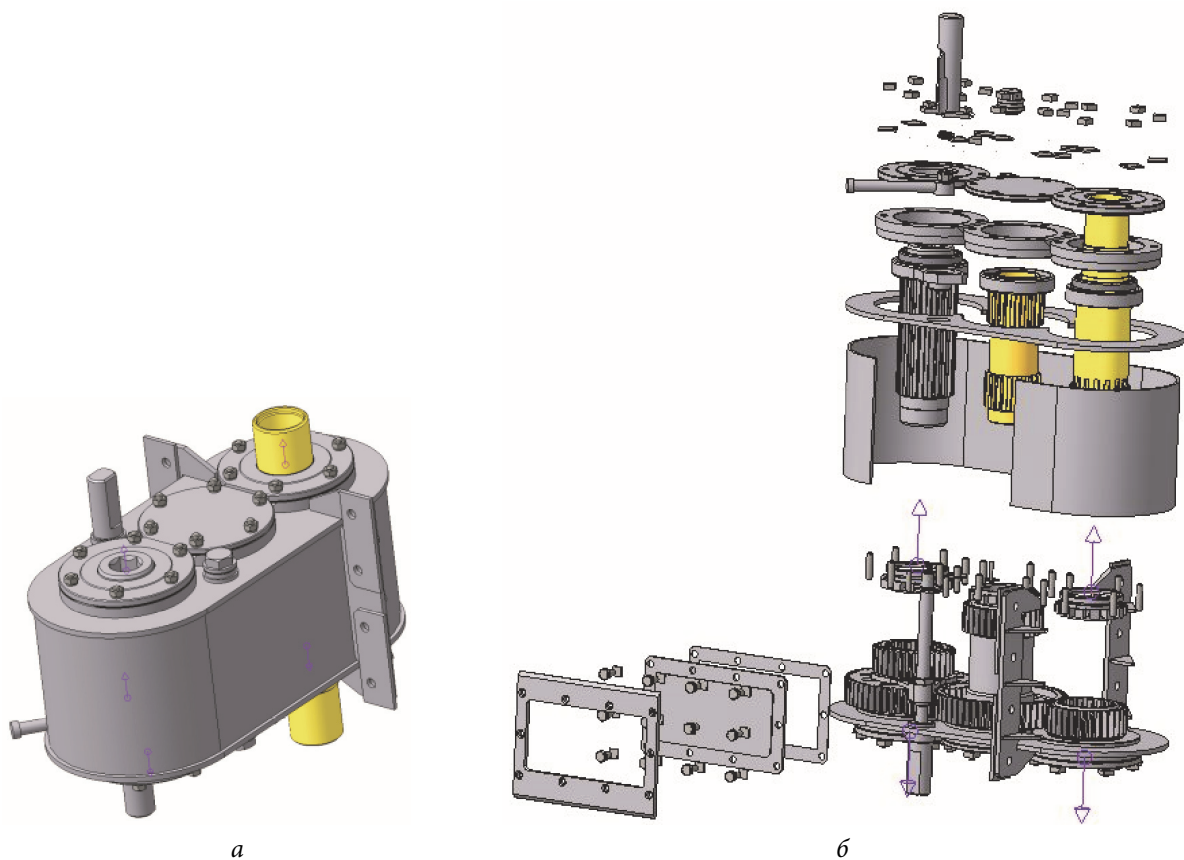
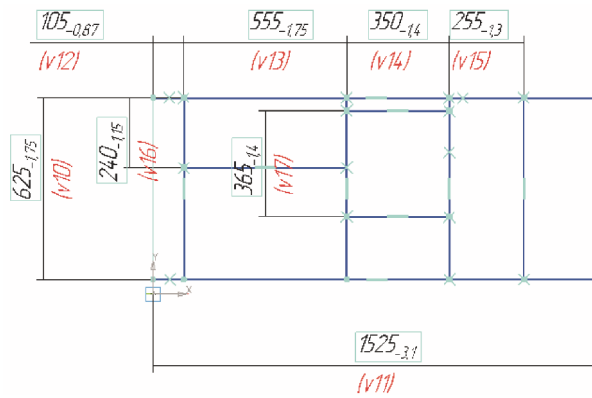


Рис. 6. Электронная модель (а) и разнесенная сборка (б) блока «Вращатель»

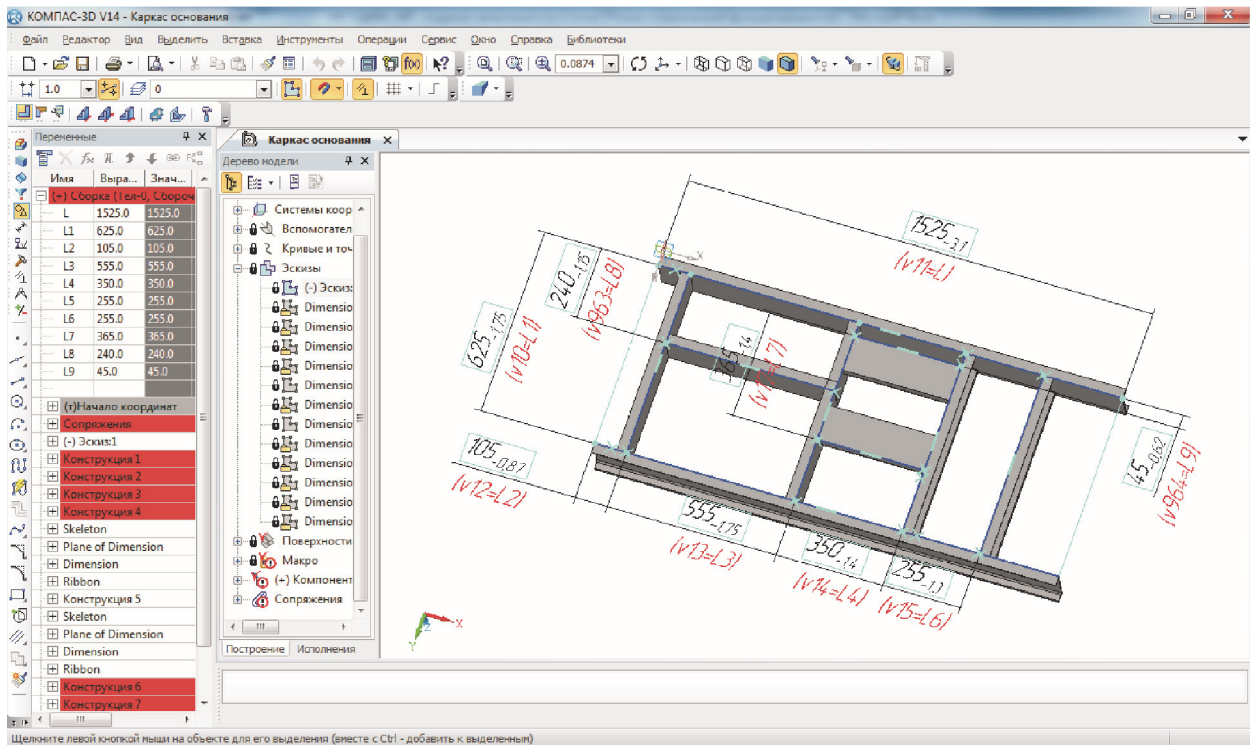
и дизайнерских решений [6–8]. Одновременно в системе ЛОЦМАН:PLM формируется электронный состав изделия путем добавления соответствующих цифровых объектов (сборочные единицы, под сборки, детали, стандартные компоненты и т. д.) и введения всех необходимых атрибутов [6–8].

Для наглядного представления состава изделия, облегчения сборки и разборки узлов разрабатывается каталог разнесенной сборки.

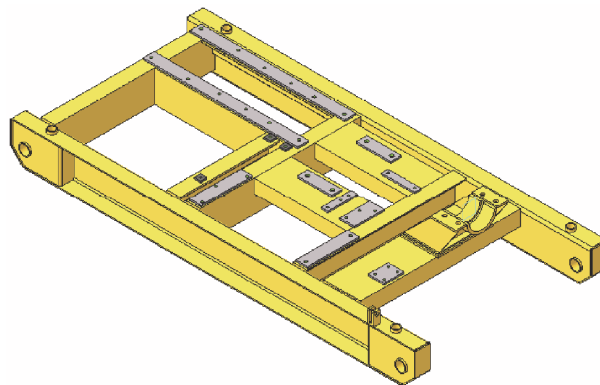
Функционал программ САПР позволяет выполнить разнесение узлов конструкции на детали, при этом подузлы, входящие в сборку, могут быть вынесены одним элементом или также разнесены поддетально. Требования к результату — наглядность разнесения и возможность быстрого редактирования. На заключительном этапе конструкторского раздела осуществляется оформление электронного каталога.



a



b



в

Рис. 7. Компоновочный эскиз (a), схема металлоконструкции (б) и компьютерная модель (в) сборочной единицы «Основание»

Значительный объем в портфеле заказов малых и средних машиностроительных предприятий составляет изготовление металлоконструкций, которые могут как выступать отдельным изделием, так и входить в состав другой сборочной единицы. В первом случае конфигурация и геометрические параметры металлоконструкции определяются на основании технического задания и конструкторских проработок. Во втором случае топология и параметры металлоконструкции зависят от размеров и положения других сборочных единиц всего изделия.

При разработке сборочной единицы «Основание» МБК все узлы размещены в соответствии с выполняемыми ими функциями на компоновочном эскизе (рис. 7, а), представленным набором образующих. На основании опорных точек установочных элементов конструкции создается схема металлоконструкции (рис. 7, б), выполненная из швеллеров, уголков, профилей и др.

Причем размерным параметрам в этой модели присвоены переменные (параметризация), что позволяет изменять их числовые значения, после чего модель автоматически модифицируется при перестроении. Модели отдельных деталей металлоконструкции можно исключать из расчета, изменяя ее топологию. Такие возможности позволяют на основе базового варианта получить унифицированные изделия, оперативно создавать множество аналогичных моделей металлоконструкций, отличающихся как параметрами, так и структурой. Пример цифровой модели «Основание» МБК, полученной с помощью 3D-технологий, приведен на рис. 7, в.

Разработанные модели металлоконструкций могут быть оперативно отредактированы и использованы в качестве сборочных единиц в конструкциях машиностроительных изделий. Автоматизированное проектирование обеспечивает оперативную модификацию изделий, создание параметрических библиотек металлоконструкций, значительно сокращает трудоемкость и временные затраты при подготовке производства.

Возможности САПР позволяют выполнять широкий круг необходимых конструкторских работ, таких как расчет параметров металлоконструкции, выбор сортамента и определение положения элементов металлоконструкции в пространстве.

Второй этап подготовки производства состоит в разработке на базе системы ВЕРТИКАЛЬ технологических процессов с использованием «Справочника технолога». В функции единой системы технологической подготовки производства входит обеспечение технологичности деталей и конструкции изделия в целом. В ходе работы САПР ТП поддерживает связь с групповыми и типовыми технологическими процессами. На этой основе модернизируются технологии изготовления деталей и разрабатываются новые под возможности имеющегося оборудования, назначаются инструментальные средства, выбираются материал и вид заготовок, рассчитываются трудовые нормативы.

Помимо создания рабочего архива технологических данных спроектированный технологический процесс сохраняется в ЛОЦМАН:PLM в виде объектной модели и связывается с деталью, для которой был разработан, а также используется для организации коллективной работы над проектом [6]. Для детали из состава изделия МБК приведен пример разработки технологического маршрута с последующим выбором режущих инструментов, расчетом режимов резания и назначением измерительных средств (рис. 8).

Разработка программ ЧПУ для металлообрабатывающих станков и центров осуществляется в специализированных приложениях. Среди таких средств отметим модуль SPRUTCAM. Работа с платформой предполагает выбор инструмента, назначенного в базах данных системы ВЕРТИКАЛЬ, и задание траектории режущего инструмента, получение требуемого продукта. Функционал платформы предназначен для оценки времени, затраченного на станочные операции, и выйти на итоговое время металлообработки [4–8].

Визуализация процесса механообработки в форме имитации траектории режущего инструмента с учетом перемещений всех исполнительных и вспомогательных органов дает возможность выявить ошибки и коллизии. Постпроцессорная обработка позволяет получить готовую программу обработки детали для конкретной стойки станка ЧПУ. На рис. 9 показана имитация траектории режущих инструментов при обработке детали «Полумуфта».

Электронная модель в системе ЛОЦМАН:PLM является главным элементом структуры автоматизированной конструкторско-технологической подготовки производства (рис. 10). Прямая интеграция КОМПАС-3D,

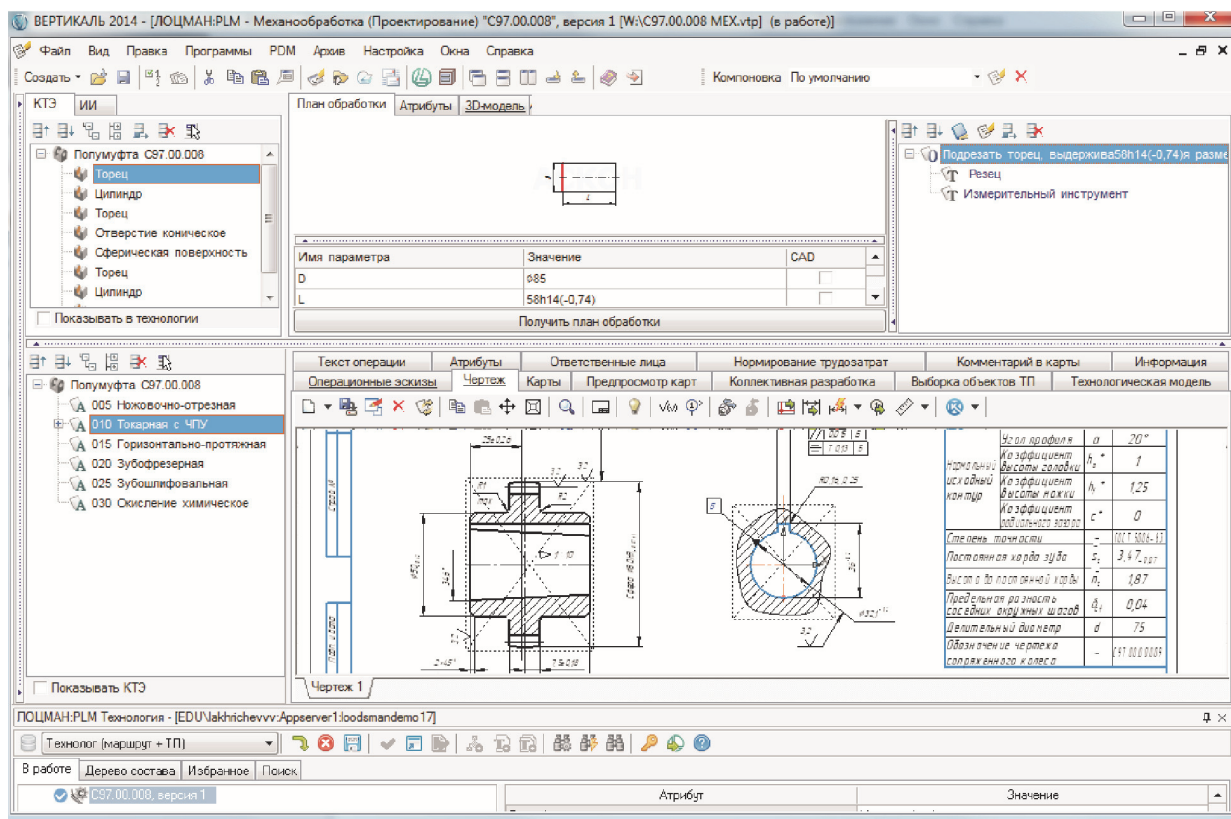


Рис. 8. Разработка технологического процесса в системе ВЕРТИКАЛЬ

ВЕРТИКАЛЬ и системы автоматизированного управления производством ГОЛЬФСТРИМ позволяют создать сквозную интегрированную программно-информационную среду, что следует рассматривать как инновационное решение в программе автоматизации и повышения производительности инженерного труда.

Концепция технологии сквозной поддержки обеспечивает быстрое изменение состава конструкции или ее модификацию с помощью опций управления конфигурациями изделий. Эти функции описывают возможные замены деталей (сборочных единиц), используемых на этапе конечной сборки. Изменения отражаются

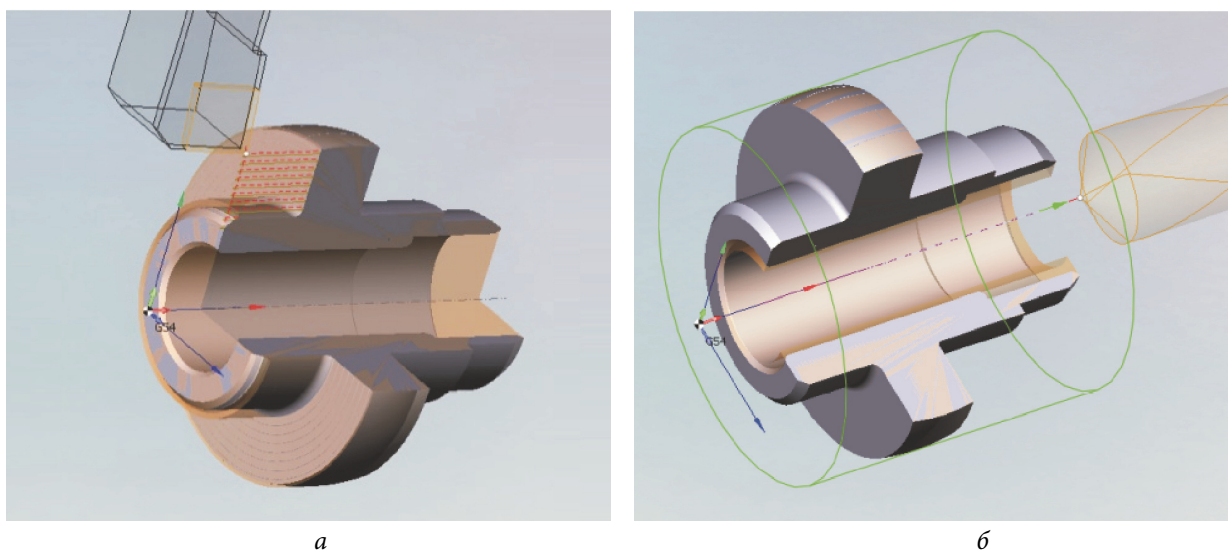


Рис. 9. Имитация траектории режущих инструментов при обработке детали «Полумуфта»: а — токарная операция; б — сверление отверстия

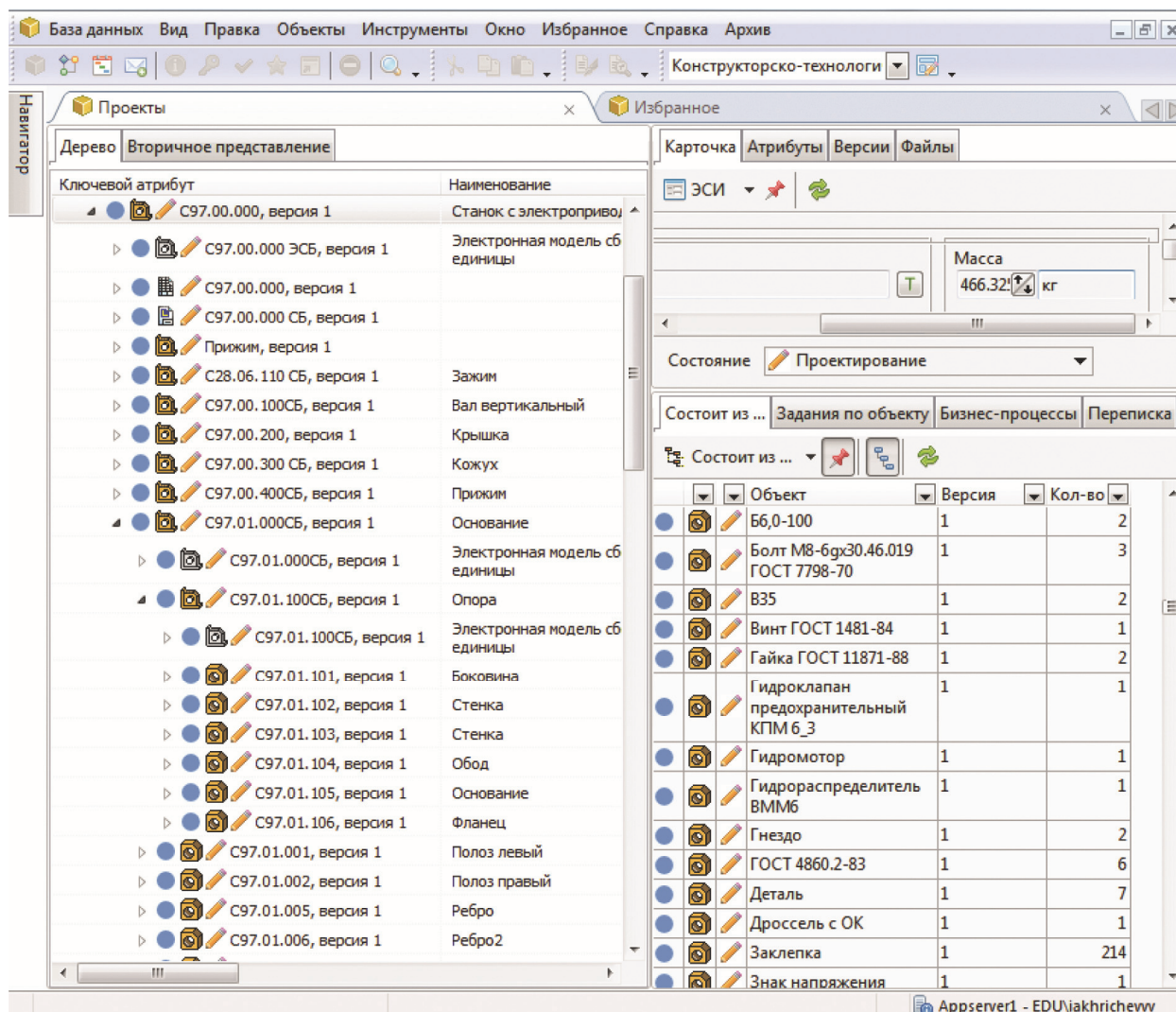


Рис. 10. Электронная модель МБК в системе ЛОЦМАН:PLM

в дереве построения модели в КОМПАС-3D, а информация передается в ЛОЦМАН:PLM при их совместном использовании. Обмен необходимыми данными, передача выполненных заданий, согласование и контроль хода сроков исполнения в конструкторско-технологических группах осуществляются с помощью приложения ЛОЦМАН WorkFlow.

Третий этап подготовки производства — инженерный анализ — опирается на компьютерное моделирование и позволяет спрогнозировать поведение отдельных деталей и конструкции в целом как в рабочем режиме, так и в экстремальных условиях. В рамках конструкторского раздела созданы твердотельные модели всех деталей. Прочностные расчеты можно выполнить непосредственно в КОМПАС-3D, в состав которого входит модуль АРМ

FEM, либо на базе платформы АРМ WinMachine, выполнив импорт геометрии моделей. Полный объем исследований, предоставляемых пользователю, достаточно широк, однако, как правило, в качестве первоначального этапа выполняется статический расчет [4–7, 9]. В перечень возможных видов анализа входят следующие опции: статический расчет деталей и сборок, устойчивость и тепловые явления.

На подготовительном этапе исследования уточняется первоначальный выбор материала изделия по принятым критериям (технологичность, минимальные тепловые деформации, стоимость) либо по другим особым требованиям. Библиотека материалов позволяет выбирать требуемый компонент. При исследовании на прочностные характеристики первоочередной задачей является определение вида эксперимен-

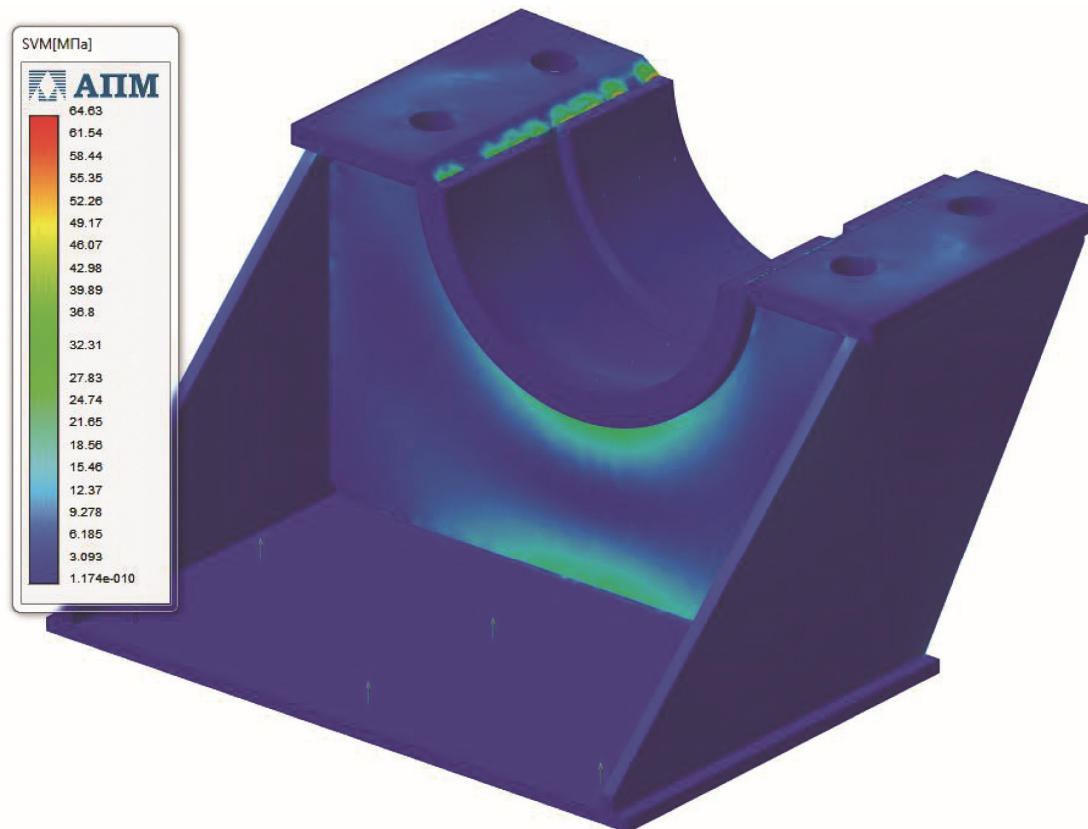


Рис. 11. Результат инженерного анализа сборочной единицы «Опора»

та. Предварительно необходимо провести анализ условий работы детали (сборки) и выявить характер действующих нагрузок. Результатом расчета является графический отчет с изображением формы детали после эксперимента, распределения сил и перемещений, дополненных цветовой шкалой со значениями параметров. Цветовая легенда дает возможность найти зоны максимальных значений параметров исследования и сделать выводы о прочностных характеристиках конструкции (рис. 11).

Взаимосвязь CAD-продуктов заложена в дереве изделия, на основе которого в ЛОЦ-МАН:PLM формируется его состав. Структура содержит все сопровождающие документы, а также атрибутивную информацию. В созданном рабочем архиве данных спроектированный объект сохраняется как объектная модель, с которой связаны детали и узлы, присутствующие в разработке. Сформированный набор документов является основой дальнейших модификаций изделия и условием организации коллективной работы над проектом [6, 10], а также выступает средством согласования всех звеньев в цепи заказчик — разработчики — производитель — поставщики.

Выводы

1. Внедрение PLM-концепции в деятельность малых и средних предприятий является одним из средств повышения их эффективности при многономенклатурном и ограниченном выпуске изделий. Эти технологии выступают логически необходимым звеном для их успешной деятельности. Экспертные оценки предсказывают рост эффективности в целом до 30...40 % и отдадут такому направлению стратегическую инициативу. Эта концепция предполагает организационную инновацию в принципах работы предприятий: быстрый и рациональный учет изменений, а также обмен данными всех участников в зависимости от уровня доступа.

2. Российские САПР-платформы способны в рамках требований выполнить поставленные задачи автоматизированного проектирования и при приемлемой стоимости обеспечить юридическую чистоту конечного продукта. PLM-технологии выступают мощным фактором повышения производительности труда и конкурентоспособности отечественных изделий машиностроения, а также качества оказания услуг.

Литература

- [1] Никифоров А.Д., Бакиев А.В. *Процессы жизненного цикла продукции в машиностроении*. Москва, Абрис, 2011. 688 с.
- [2] Питерс Д. Дигитализация преобразует экономику и повышает эффективность инвестиционных проектов. *САПР и графика*, 2016, № 1, с. 4–7.
- [3] Ловыгин А. Будущее САМ-систем. *САПР и графика*, 2016, № 1, с. 8–17.
- [4] Казакова С.А., Благовестова М.Е., Яхричев В.В., Булавин В.Ф. Автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства изделий машиностроительного сектора в условиях малых предприятий. *Информационные технологии в управлении, автоматизации и механотронике. Сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф.*, Курск, 6–7 апреля 2017, Юго-Зап. гос. ун-т, Курск, 2017, с. 149–155.
- [5] Строгонов В.Л., Карачев А.Ю., Яхричев В.В., Булавин В.Ф. Автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства электроинструмента в условиях малых предприятий. *Современные материалы, техника и технологии*, 2017, № 12(10), с. 119–125.
- [6] Булавин В.Ф., Булавина Т.Г., Яхричев В.В. Валидация САД-продуктов в малых предприятиях машиностроительного сектора. *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*, 2017, № 5(325), с. 64–72.
- [7] Волков Е.В., Кузьмина М.С., Помещиков В.Э., Булавин В.Ф., Григорьев Н.С., Яхричев В.В. Российские САД-системы в приборостроительном секторе производства. *Евразийское научное объединение*, 2017, т. 1, № 10(32), с. 65–68.
- [8] Яхричев В.В., Благовестова М.Е., Казакова С.А., Нестерова А.А., Столетова А.Н., Панченко Е.Н., Громов А.А., Булавин В.Ф. САД/САРР-технологии в машиностроительном производстве. *Евразийское научное объединение*, 2018, т. 1, № 1(35), с. 70–73.
- [9] Булавин В.Ф., Булавина Т.Г., Яхричев В.В. Инженерный анализ и новые технологии в методе конечных элементов. *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*, 2018, № 2(328), с. 109–120.
- [10] Булавин В.Ф., Яхричев В.В. Цифровые технологии в малом бизнесе машиностроительной отрасли. *САПР и графика*, 2018, № 6, с. 52–55.

References

- [1] Nikiforov A.D., Bakiev A.V. *Protsessy zhiznennogo tsikla produktsii v mashinostroenii* [Product life cycle processes in mechanical engineering]. Moscow, Abris publ., 2011. 688 p.
- [2] Piters D. Digitalizatsiia preobrazuet ekonomiku i povyshayet effektivnost' investitsionnykh proektov [Digitalization transforms the economy and improves the efficiency of investment projects]. *SAPR i grafika* [CAD and graphics]. 2016, no. 1, pp. 4–7.
- [3] Lovygin A. Budushchee CAM-system [Future of CAM systems]. *SAPR i grafika* [CAD and graphics]. 2016, no. 1, pp. 8–17.
- [4] Kazakova S.A., Blagovestova M.E., Iakhrichiev V.V., Bulavin V.F. Avtomatizatsiia konstruktorsko-tekhnologicheskoi podgotovki proizvodstva izdelii mashinostroitel'nogo sektora v usloviakh malykh predpriatii [Automation of design and technological preparation of production of products of the machine-building sector in the conditions of small enterprises]. *Informatsionnye tekhnologii v upravlenii, avtomatizatsii i mekhanotronike. Sb. tr. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf.* [Information technologies in control, automation and mechanotronics. Proceedings of the international scientific and technical conference]. Kursk, 06–07 April 2017, Iugo-Zap. gos. un-t. publ., 2017, pp. 149–155.
- [5] Strogonov V.L., Karachev A.Iu., Iakhrichiev V.V., Bulavin V.F. Avtomatizatsiia konstruktorsko-tekhnologicheskoi podgotovki proizvodstva elektroinstrumenta v usloviakh malykh predpriatii [Automation of design and technological preparation of production of the electric tool in the conditions of small enterprises]. *Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologii* [Modern materials, equipment and technologies]. 2017, no. 12(10), pp. 119–125.
- [6] Bulavin V.F., Bulavina T.G., Iakhrichiev V.V. Validatsiia CAD–produktov v malykh predpriatiiakh mashinostroitel'nogo sektora [Validation of CAD products in small enterprises]

- machinery sector]. *Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii* [Fundamental and applied problems of engineering and technology]. 2017, no. 5(325), pp. 64–72.
- [7] Volkov E.V., Kuz'mina M.S., Pomeshchikov V.E., Bulavin V.F., Grigor'ev N.S., Iakhrichev V.V. Rossiiskie CAD-sistemy v priborostroitel'nom sektore proizvodstva [Russian CAD systems in the instrument-making industry]. *Evraziiskoe nauchnoe ob"edinenie* [Eurasian scientific association]. 2017, vol. 1, no. 10(32), pp. 65–68.
- [8] Iakhrichev V.V., Blagovestova M.E., Kazakova S.A., Nesterova A.A., Stoletova A.N., Panchenko E.N., Gromov A.A., Bulavin V.F. CAD/SAPP-tekhnologii v mashinostroitel'nom proizvodstve [CAD/CAM-technologies in machine building]. *Evraziiskoe nauchnoe ob"edinenie* [Eurasian scientific association]. 2018, vol. 1, no. 1(35), pp. 70–73.
- [9] Bulavin V.F., Bulavina T.G., Yakhrichev V.V. Inzhenernyy analiz i novye tekhnologii v metode konechnykh elementov [Engineering analysis and new technologies in the finite element method]. *Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii* [Fundamental and Applied Problems of Technics and technology]. 2018, no. 2(328), pp. 109–120.
- [10] Bulavin V.F., Yakhrichev V.V. Tsifrovye tekhnologii v malom biznese mashinostroitel'noy otrasli [Digital technology in the small business of the engineering industry]. *SAPR i grafika* [CAD and Graphics]. 2018, no. 6, pp. 52–55.

Статья поступила в редакцию 07.05.2018

Информация об авторах

БУЛАВИН Вячеслав Федорович (Вологда) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии машиностроения». Вологодский государственный университет (160000, Вологда, Российская Федерация, ул. Ленина, д. 15, e-mail: bulavin35@mail.ru).

ЯХРИЧЕВ Виктор Васильевич (Вологда) — ведущий инженер кафедры «Технологии машиностроения». Вологодский государственный университет (160000, Вологда, Российская Федерация, ул. Ленина, д. 15, e-mail: yakhrichev@yandex.ru).

ГЛАЗКОВ Владимир Александрович (Вологда) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии машиностроения». Вологодский государственный университет (160000, Вологда, Российская Федерация, ул. Ленина, д. 15, e-mail: glazkov.1938@mail.ru).

Information about the authors

BULAVIN Vyacheslav Fedorovich (Vologda) — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Department of Technologies of Mechanical Engineering. Vologda State University (160000, Vologda, Russian Federation, Lenin St., Bldg. 15, e-mail: bulavin35@mail.ru).

YAKHRICHEV Vltor Vasilievich (Vologda) — Leading Engineer, Department of Technologies of Mechanical Engineering. Vologda State University (160000, Vologda, Russian Federation, Lenin St., Bldg. 15, e-mail: yakhrichev@yandex.ru).

GLAZKOV Vladimir Aleksandrovich (Vologda) — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Department of Technologies of Mechanical Engineering. Vologda State University (160000, Vologda, Russian Federation, Lenin St., Bldg. 15, e-mail: glazkov.1938@mail.ru).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Булавин В.Ф., Яхричев В.В., Глазков В.А. PLM-стратегия в мелкосерийном производстве машиностроительной отрасли. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2018, № 8, с. 37–49, doi: 10.18698/0536-1044-2018-8-37-49.

Please cite this article in English as:

Bulavin V.F., Yakhrichev V.V., Glazkov V.A. PLM-Strategy in Small-Scale Production in the Machine-Building Industry. *Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building*, 2018, no. 8, pp. 37–49, doi: 10.18698/0536-1044-2018-8-37-49.