

УДК 004.896:621

doi: 10.18698/0536-1044-2019-9-35-45

Политика цифровых технологий на малых машиностроительных предприятиях

В.Ф. Булавин, В.В. Яхричев, А.С. Степанов

Вологодский государственный университет

Policy of Digital Technologies in Small Machine-Building Enterprises

V.F. Bulavin, V.V. Yakhrichev, A.S. Stepanov

Vologda State University

Использование высокотехнологичных программных платформ в деятельности машиностроительных предприятий заключается в активном внедрении систем автоматизированного проектирования продуктов. Наличие цифрового отображения, связанного с системами PLM, свидетельствует о переходе предприятия к новому типу производства. В этих условиях 3D-модель детали представляет собой средство навигации технологического процесса. На примере малых предприятий машиностроительного направления приведен опыт 3D-проектирования на платформах отечественных систем автоматизированного проектирования. Автоматизация в подготовке производства выступает как интегрирование основных этапов: конструкторского, технологического и инженерного анализа в единый информационный поток. Платформа PLM соединяет в общее информационное пространство программные модули систем автоматизированного проектирования по единым правилам, формируя техническую документацию, содержащую 3D-модели и 2D-чертежи и вспомогательную атрибутику по компонентам проекта, и является основой работы в команде. Пакет документов служит целью подготовительного цикла производства, условием модификации изделий и средством объединения в единое информационное поле всех звеньев цепи от заказчика до потребителя.

Ключевые слова: малые предприятия, 3D-модель, цифровой макет, цифровая подготовка производства, инженерный анализ, цифровая экономика

Using high-technology digital platforms in the operation of machine-building enterprises involves active implementation of CAD products. The presence of digital display associated with the PLM systems, signifies the transition to a new type of production. Under these conditions, a 3D model of a part acts as a means of navigating the technological process. Using small machine-building enterprises as an example, the experience of 3D design on the platforms of domestic CAD systems is presented in this work. Automation in the production process acts as the integration of the main stages — design, technological and engineering analysis — into a single information stream. The PLM platform integrates CAD software modules into a common information space using uniform rules, forming technical documentation containing 3D models and 2D drawings, and supporting attributes on project components. It also forms the basis of teamwork. A package of the documents serves as the goal of the pre-production cycle, the condition for the modification of products and a means of combining all the links of the chain from the customer to the consumer into a single information space.

Keywords: small enterprises, 3D models, digital mock-up, digital production preparation, engineering analysis, digital economy

В академическом исследовании [1] предложена шестиуровневая модель, где сформулированы требования политики в области ресурсов, информационных систем, культуры и организации производства. Достижения каждого уровня позволяют получить конкурентные преимущества в сфере производства товаров и услуг предприятиям, работающим в цифровом поле. Обладание этими качествами требует создания многофункциональных и постоянно расширяющихся баз данных, что определяет вектор развития предприятия на пути к Industrie 4.0 [1].

Industrie 4.0, базирующаяся на цифровых технологиях, обеспечивает эффект ускорения процессов в разработке, производстве и маркетинге, а также способна реализовать в реальном времени разнообразные экономические модели. Интеграция информационно-коммуникационных технологий в промышленном производстве дает импульс развития новым видам деятельности, требует преобразования организации и культуры производства.

Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [2], отражая мировые тренды, предусматривает реализацию ускоренной политики по созданию необходимых условий для развития цифровой экономики. Новые вызовы являются ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности, повышают конкурентоспособность, качество жизни, обеспечивают экономический рост и национальный суверенитет [2].

Атрибутом цифровой экономики является формирование информационного пространства предприятия, в котором функционирует значительная часть управленческих и технических технологий, и осуществляется внедрение инновационных программных продуктов. Это направление нашло отражение в среде малого и среднего бизнеса машиностроительного сектора.

Итогом этой деятельности является переход на более высокую ступень в организационных подходах к управлению подготовкой производства. Политика цифровизации стимулирует взаимодействие субъектов хозяйственной деятельности, требуя электронного формата всей технической и технологической документации, необходимой в производстве [1, 2].

Электронные технологии проектирования в формате 3D и PLM-концепция в производ-

ственной сфере качественно меняют содержание базификации в подготовке производства и определяют новые вызовы в переходе на наукоемкие виды продукции [3–5].

Цель работы — показать результаты внедрения инновационных технологий в деятельность малых машиностроительных предприятий Вологодской области как реального сектора экономики в рамках выполнения федерального проекта «Цифровые технологии» на базе российских систем автоматизированного проектирования (САПР) [2].

Линейка программных инструментов «Машиностроительный комплекс Аскон», а также комплекс приложений компании «Спрут-Технология» дают возможность организовать интегрированную среду, обеспечивающую одновременное взаимодействие всех технических служб в подготовительный период. Валидацию отечественных САПР в работе малого и среднего предпринимательства продемонстрируем на примере деятельности предприятий Вологодской области.

Накопленный опыт и рост компетенций позволяют проектировать относительно простые и реализовывать сложные высокотехнологичные проекты [6, 7]. На рис. 1 показан цифровой макет изделия «Шредер» — установки производительностью до 500 кг/ч, предназначенной для измельчения бумажных, картонных, пластиковых и других отходов подобной структуры с целью их дальнейшей утилизации. Проектирование и выпуск установки отвечают региональной программе по переработке вторичных ресурсов.

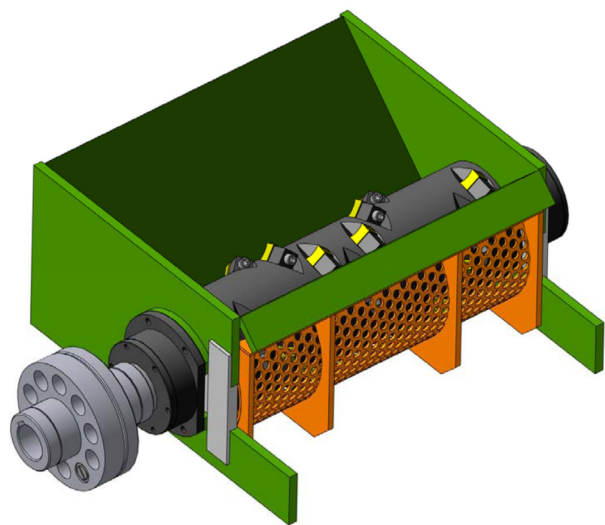


Рис. 1. Цифровая модель корпуса изделия «Шредер»



Рис. 2. Цифровая модель проекта «Троллейбус низкопольный»

На рис. 2 показан цифровой прототип проекта городского экологичного транспорта — «Троллейбус низкопольный» вместимостью 105 пассажиров. Проектирование и подготовка производства этого продукта машиностроения соответствуют федеральной программе импортозамещения.

Практика и навыки в реализации изделий подобной сложности служат началом работ по переходу к следующему типу современного городского транспорта, получившему название «Электробус».

Цифровая конструкторская подготовка базируется на методах проектирования электронных моделей деталей и изделий в 3D-форме, что одновременно сопровождается созданием требуемых спецификаций и двумерных чертежей отдельных компонентов и сборочных единиц. Связь между электронными прототипами и ассоциативными видами чертежей дает возможность быстрого учета всех модификаций цифровой версии в технической документации [7, 8].

В рамках конструкторского этапа уточняются компоновочные решения, а также кинематическое взаимодействие узлов, состав будущей конструкции с учетом максимальной унификации и применения стандартных комплектующих. Дальнейшие шаги предусматривают классификацию и кодирование новых деталей. Присвоение кода облегчает поиск их прототи-

пов в технологических базах предприятия. Методологической основой автоматизированного проектирования являются методы синтеза и адресации. Техника параметризации позволяет, используя единожды спроектированный прототип, получать конфигурации схожих деталей. Формообразующие элементы выступают средством наполнения конструкторских баз данных для следующих проектов [9, 10].

Платформа КОМПАС-3D дает возможность создавать и редактировать трехмерные макеты деталей и узлов (рис. 3) и формировать их рабочие чертежи с изображением необходимых видов, сечений и разрезов, а также получать виртуальные образы сборочных единиц. Этап конструкторской подготовки завершается нор-

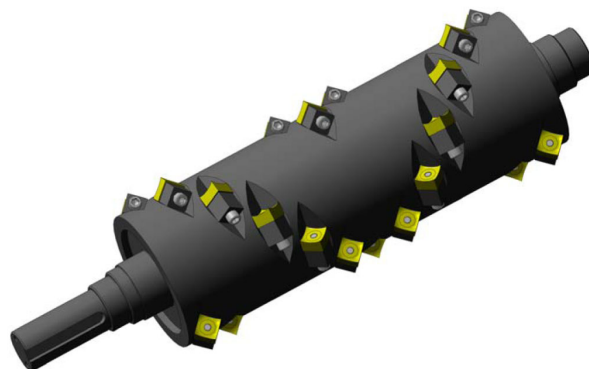


Рис. 3. 3D-модель сборочной единицы «Ротор» из сборки «Корпус шредера»

моконтролем полученного материала посредством программной библиотеки КОМПАС-Эксперт, функцией которого является поиск неточностей и замечаний в оформлении чертежей. Финальная стадия проектирования — создание спецификаций.

Электронные макеты сборочных единиц и всего изделия позволяют устранить коллизии и исключить ошибки проектирования, провести проверку размерных цепей, установить допуски из принципа взаимозаменяемости деталей в конструкции. Применение 3D-проектирования малыми и средними машиностроительными предприятиями является отражением политики цифровых форматов в экономике и слагаемым в становлении производства нового типа.

Функционал САПР, реализующих методологию 3D-моделирования, позволяет выполнить компоновку спроектированного изделия. Программный код дает возможность увидеть проектируемую конструкцию в пространстве и проекциях для предварительного вывода о

конструкторских решениях, показать фотореалистичное оформление согласно цветовой гамме окраски для дизайнерских и эргономических оценок [8]. На рис. 4, *а–в* показаны цифровые макеты нескольких сборочных единиц из состава изделий «Троллейбус низкопольный» и «Шредер».

Следующая ступень в цифровой подготовке производства — разработка на базе системы автоматизированного проектирования технологических процессов (ТП) ВЕРТИКАЛЬ и нормативных справочных материалов, присутствующих в базе данных платформы, ТП для конкретного предприятия. Центральным заданием является проработка на технологичность деталей и конструкции в целом. Алгоритмы функционирования САПР ТП обеспечивают поддержку связи с групповыми, типовыми и единичными технологическими объектами информационной платформы предприятия.

По этому принципу анализируются известные ТП и проектируются новые парки станков, для имеющихся в наличии выбираются ин-

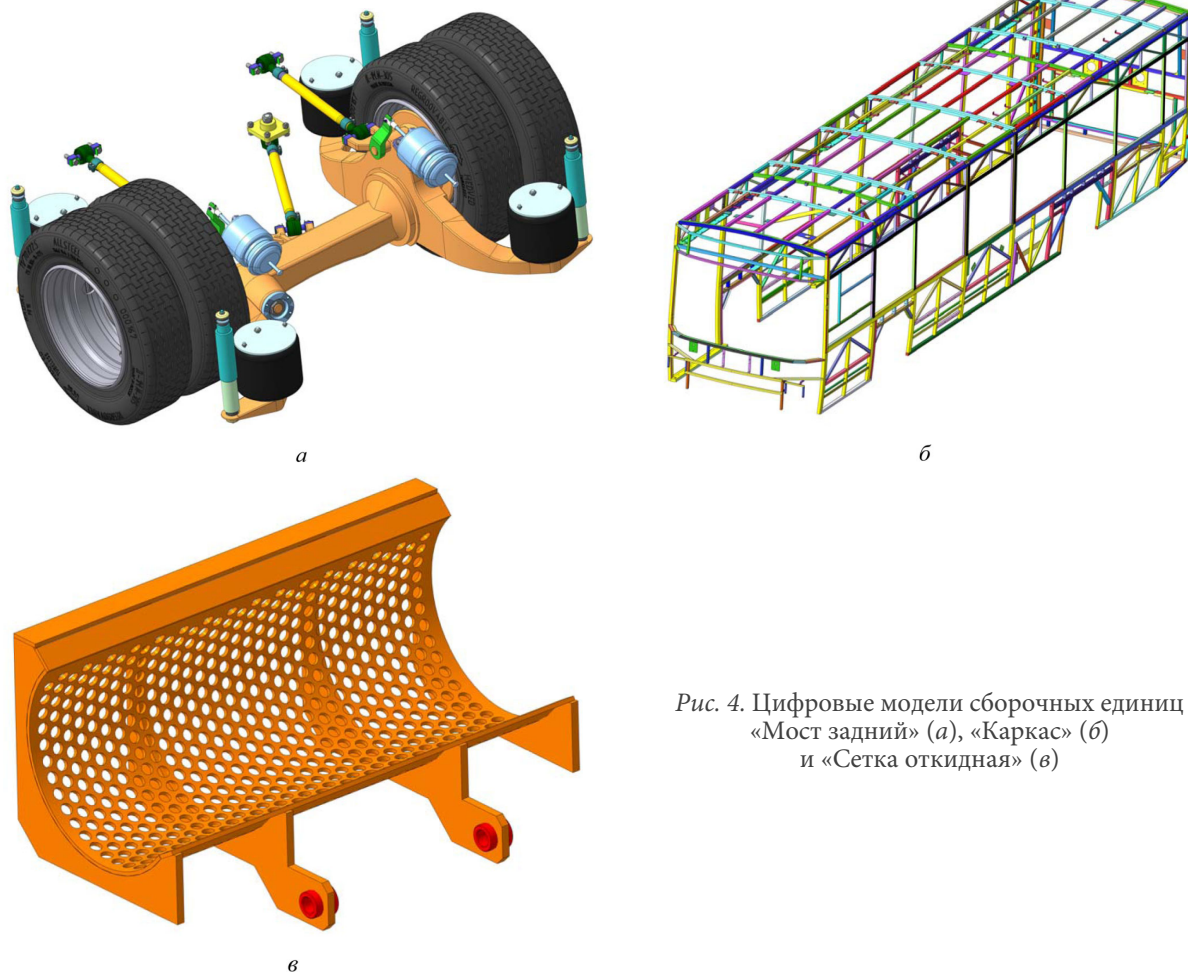


Рис. 4. Цифровые модели сборочных единиц «Мост задний» (*а*), «Каркас» (*б*) и «Сетка откидная» (*в*)

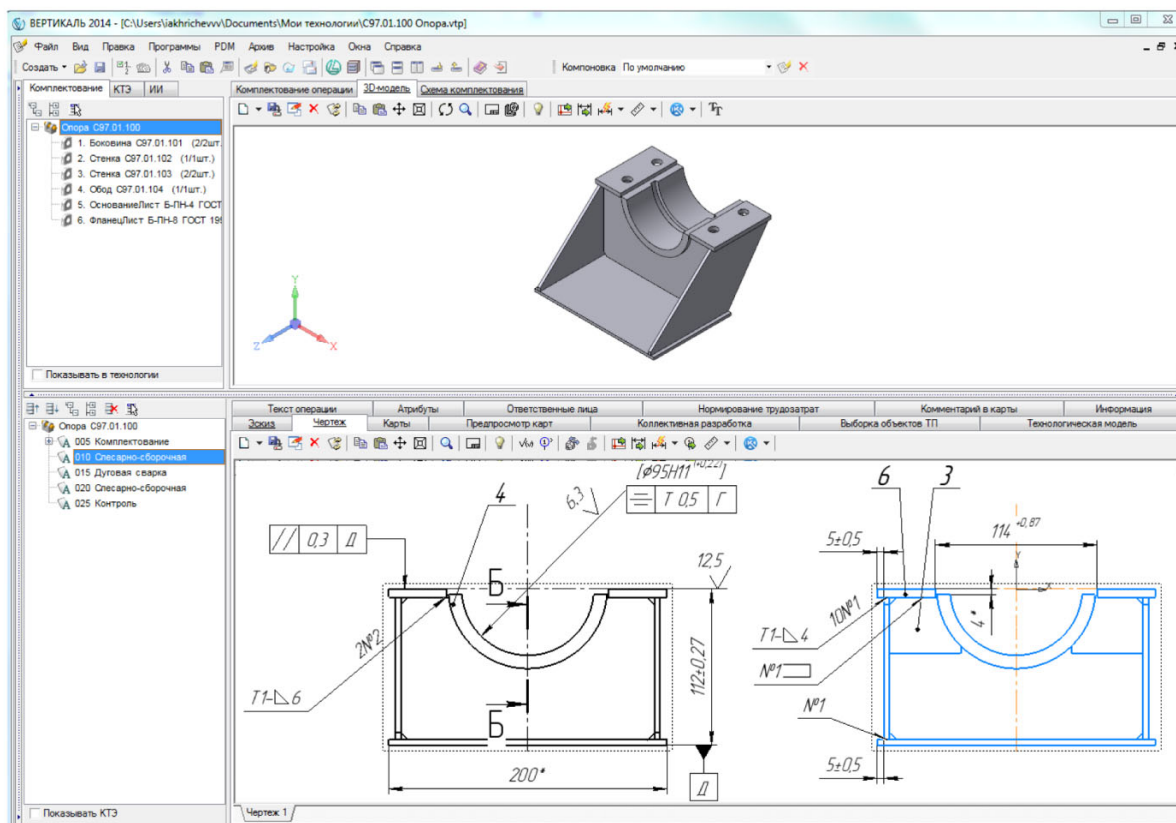


Рис. 5. Технологический процесс в системе САПР ВЕРТИКАЛЬ-ТП

струментальные средства, оснастка и рассчитываются временные нормативы [10].

Этап технологической подготовки базируется на комплексе таких мероприятий, как выбор формы заготовки, уточнение назначенного материала, разработка методов, способов металлообработки, перечня необходимого станочного оборудования и инструментария. Отличительной чертой функционирования малых предприятий является мелкосерийное производство деталей, комплектующих и изделий при ограниченности оборудования. Это обстоятельство диктует необходимость проектирования ТП для конкретного станочного парка и его технологических возможностей. Дополнительным вопросом является проектирование и обеспечение производства оснасткой, приспособлениями и измерительными средствами.

Технологические решения спроектированного ТП сохраняются в дереве изделия как объектная модель в составе комплекса ЛОЦМАН:PLM и связываются с деталью, для которой были разработаны, а также в рабочем архиве предприятия.

Для сборочной единицы из состава рамы (рис. 5) изделия «Шредер» представлен пример

проектирования технологического маршрута с одновременным выбором оборудования, инструментария, расчетом норм времени и подбором мерительных средств [11].

Координация САПР-платформ осуществляется в интеграторе ЛОЦМАН:PLM, где генерируется цифровой комплект конструкции включением всех электронных макетов (сборочных единиц, деталей, стандартных компонентов и т. д.) и сопровождением всеми необходимыми дополнениями.

Виртуальная версия детали в системе ЛОЦМАН:PLM становится основным навигационным элементом в структуре автоматизированной конструкторско-технологической подготовки производства. Интеграция инструментов КОМПАС-3D, ВЕРТИКАЛЬ, ЛОЦМАН:PLM и Гольфстрим обеспечивает реализацию программно-информационной среды, что следует рассматривать как направление в создании элементов виртуального предприятия в рамках инициативы Industrie 4.0.

Концепция сквозного технологического обеспечения позволяет модифицировать конструкцию с помощью опций управления конфигурациями изделий. Эти возможности ре-

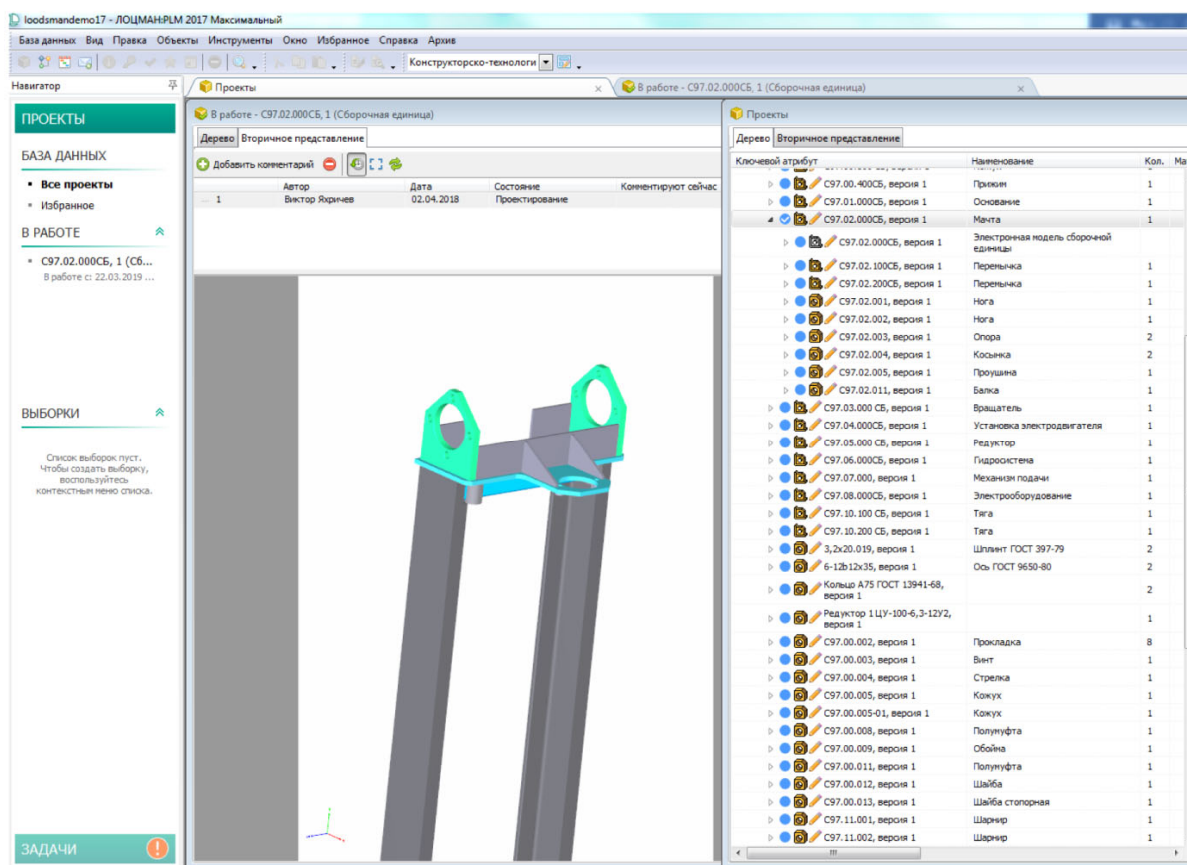


Рис. 6. Электронная структура изделия

гламентируют замену как комплектующих, так и деталей и сборочных единиц, используемых в фазе сборочных операций. Изменения переносятся в дерево построения изделия, а информация записывается в ЛОЦМАН:PLM (рис. 6) [12, 13].

Иерархическая последовательность созданных САД- и САРР-продуктов отображается как дерево изделия, на базе которого ЛОЦМАН:PLM формирует состав конструкции. Структура содержит всю атрибутивную информацию, а также сопровождающие документы. В рабочем архиве данных спроектированный объект сохраняется как объектный образ, с которым связаны детали и узлы, присутствующие в разработке, а всем архивным документам присваивается инвентарный номер.

Сформированный пакет технической документации является условием начала производства и служит возможностью дальнейших модификаций конструкции. ЛОЦМАН:PLM выступает средством и условием организации работы в команде над проектом [12, 13], а также инструментом взаимодействия всех участников цепи — от заказчика до потребителя.

Для зрительного восприятия состава машиностроительного продукта, организации регламентных и ремонтных работ формируется электронный справочный перечень разнесенных сборок конструкции. Возможности САРР предполагают последовательное разнесение изделия на узлы, причем подузлы в составе сборочных единиц могут быть вынесены одним элементом или разнесены поэлементно. Окончательный результат — наглядное изображение и доступность быстрой модификации (рис. 7).

Обслуживание машиностроительных изделий в эксплуатационный период требует оформления интерактивных справочных руководств и рекламных буклетов для проведения ремонтных и сервисных мероприятий, а также выработки логистических правил по услугам удаленного заказа комплектующих и расходных материалов [12]. Соблюдение сформулированных условий обеспечивает выполнение рекомендаций комплекса менеджмента качества ISO 9001:2008 и способствует осуществлению целенаправленной стратегии на рынке машиностроительных продуктов.

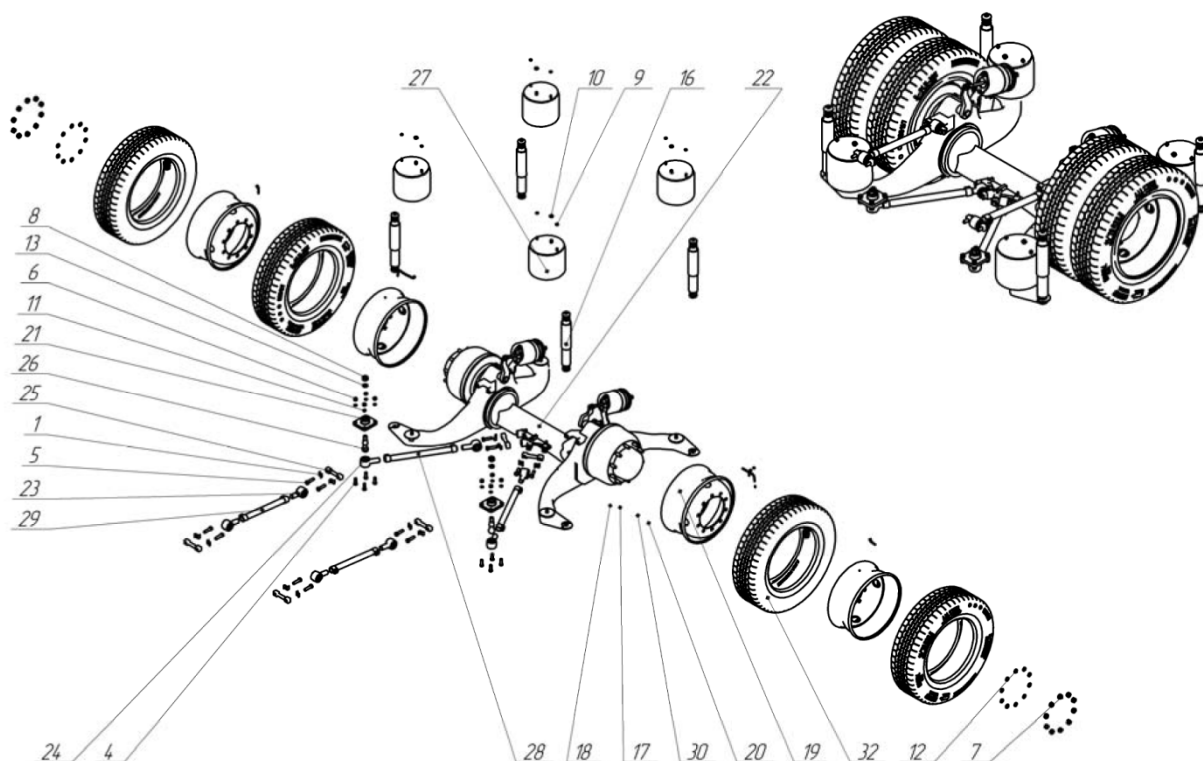


Рис. 7. Разнесенный каталог узла «Мост задний»

Самостоятельным шагом в технологическом обеспечении выступает процесс разработки программ для оборудования с ЧПУ. Среди отечественных САМ-приложений по автоматизированной подготовке программного обеспечения оборудования с числовым программным управлением отметим модуль SprutCAM. Взаимодействие с платформой предполагает выбор инструмента, назначенного из базы данных ВЕРТИКАЛЬ, задание траектории движения инструмента и получение требуемой формы детали.

Функционал приложения позволяет моделировать токарные, фрезерные обработки, операции резки и аддитивные технологии, а также получить затраченное на отдельные операции время выполнения ТП и готовую программу с учетом стойки станка с ЧПУ. На рис. 8 показано моделирование операции фрезерования при обработке детали «Плита».

Визуальный контроль симуляции траектории движения узлов станка и инструмента в процессе механообработки с учетом перемещений оснастки гарантирует безошибочность программного кода управляющей программы.

Инженерный анализ деталей и сборок, опирающийся на технологии математического и имитационного моделирования [14], основан

на силовом расчете и прогнозирует их поведение, а также конструкции в целом в рабочем и нештатных режимах.

В качестве примера на рис. 9 приведена конечно-элементная модель изделия «Барaban» из состава ленточного транспортера, подготовленная для анализа в среде APM WinMachine [15, 16]. В перечень исследований, доступных пользователю, входят следующие разделы: статический расчет деталей и узлов, устойчивость при циклическом нагружении, частотный анализ и тепловые деформации [17].

Библиотека материальных компонентов дает возможность задать при расчете требуемый материал. Первым шагом является анализ условий работы детали и выявление распределения действующих усилий. По окончании расчета на напряженно-деформированное состояние формируется отчет с графическим отображением изделия после эксперимента, распределением коэффициента запаса прочности, напряжений и перемещений по объему детали.

Цветная легенда, дополненная шкалой с числовыми величинами, позволяет выявить области максимальных значений параметров исследования и принять решение о прочностных характеристиках детали или конструкции (рис. 10).

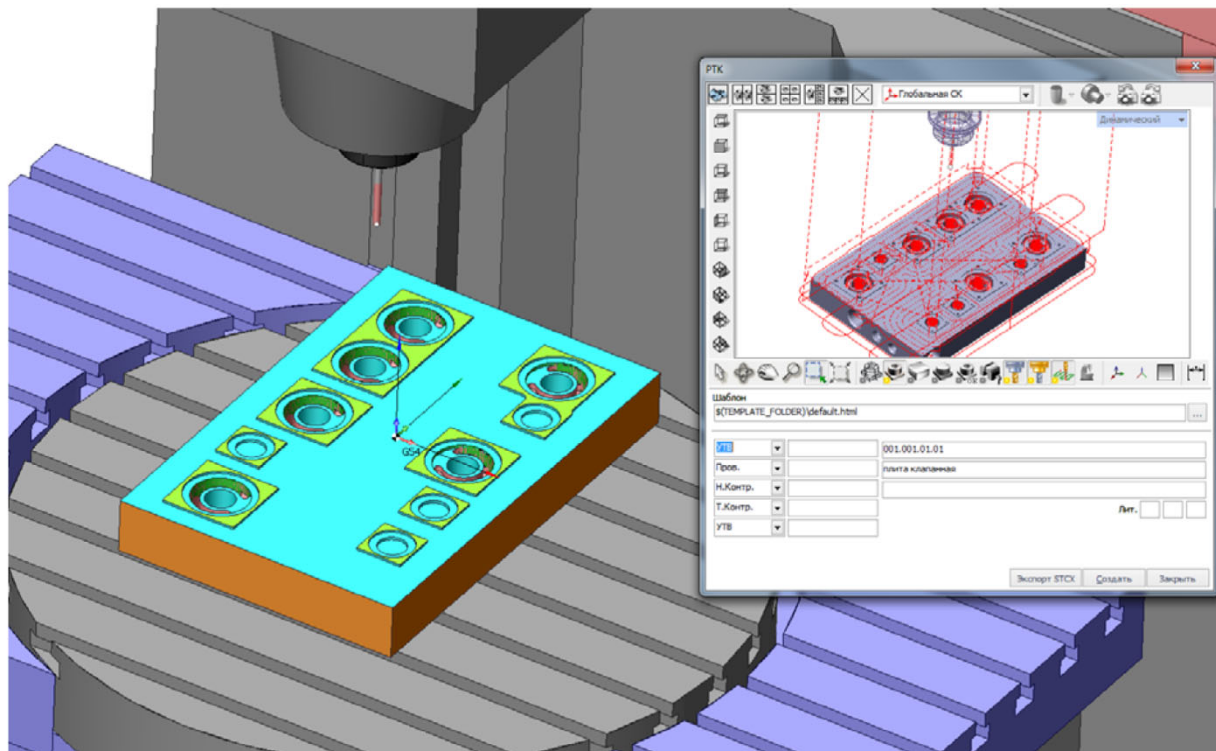


Рис. 8. Моделирование фрезерования при обработке детали «Плита»

При мелкосерийном и широкономенклатурном производстве продукции гибкость бизнеса можно реализовать только на базе автоматизации процесса подготовки, ориентированной на конкретное оборудование. Сетевое взаимодействие позволяет объединить процедуры автоматизированного проектирования и производства CAD/CAM/CAPP/CAE со средствами управления ТП MES и выстроить логику взаимодействия отдельных подразделений [5]. Именно в условиях небольших предприятий открыты широкие возможности для реализа-

ции инновационных технологий и новых структурно-организационных принципов деятельности [11].

Выводы

1. Проектирование в формате 3D и PLM-концепция в деятельности малого предпринимательства служат фактором роста их эффективности при широко номенклатурном и наукоемком выпуске продукции. Быстрое реагирование на изменение конъюнктуры является

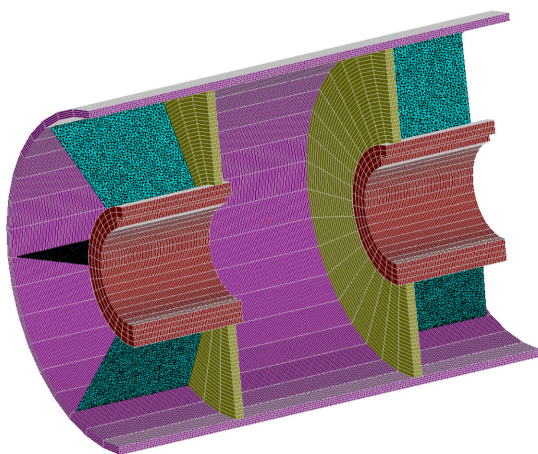


Рис. 9. Конечно-элементная модель барабана в разрезе

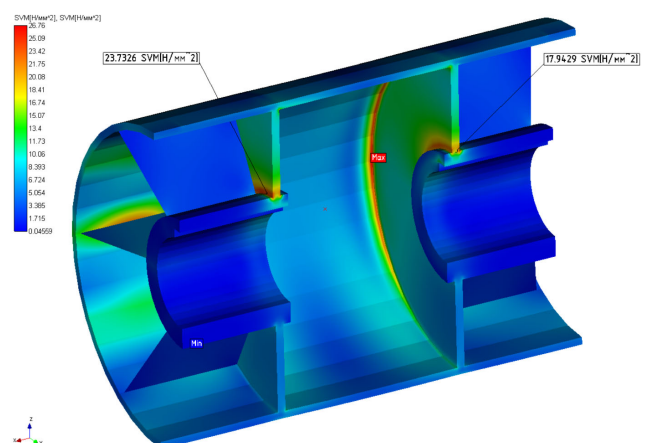


Рис. 10. Распределение эквивалентных напряжений, МПа, в сборке «Барабан»

основным атрибутом предприятий в новых условиях. При сравнимой стоимости отечественных САПР и аналогичных зарубежных продуктов российские комплексы выигрывают в цене на техническое обслуживание, поддержку и обновление. Объединение процедур автоматизированного проектирования со средствами управления ТП предполагает инновационные принципы в организации работы предприятий.

2. Наличие цифрового отображения, связанного с системами PLM, ERP и MES, позволяет контролировать деятельность предприя-

тия в реальном времени и принимать логически обоснованные решения в условиях быстро изменяющейся ситуации. Результатом является быстрый учет требований потребителей и оперативный обмен технологическими данными участников подготовки производства. Эти системы становятся фактором роста конкурентоспособности отечественных продуктов машиностроительной отрасли, а также предпосылкой становления малых предприятий нового типа.

Литература

- [1] Schuh G., Anderl R., Gausemeier J., ten Hompel M., Wahlster W. *The National Academy of Science and Engineering of Germany. Industrie 4.0 Maturity Index — Managing the Digital Transformation of Companies*. URL: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_Maturity_Index_eng_WEB.pdf (дата обращения 15 января 2019).
- [2] *Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»*. URL: <http://static.government.ru/media/files/urKHm0gTPPnzJlaKw3M5cNLo6gczMkPF.pdf> (дата обращения 25 марта 2019).
- [3] Ловыгин А. Будущее САМ-систем. *САПР и графика*, 2016, № 1, с. 8–17.
- [4] Питерс Дэннис. Дигитализация преобразует экономику и повышает эффективность инвестиционных проектов. *САПР и графика*, 2016, № 1, с. 4–7.
- [5] Никифоров А.Д., Бакиев А.В. *Процессы жизненного цикла продукции в машиностроении*. Москва, Абрис, 2011. 688 с.
- [6] 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, Курск, ЮЗГУ, 2017, с. 149–155.
- [7] 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, № 2(10), с. 119–125.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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/САПР-технологии в машиностроительном производстве. *Евразийское научное объединение*, 2018, т. 1, № 1(35), с. 70–73.
- [11] 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
- [12] Булавин В.Ф., Яхричев В.В. Цифровые технологии в малом бизнесе машиностроительной отрасли. *САПР и графика*, 2018, № 6, с. 52–55.
- [13] 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.

- [14] Замрий А.А. *Практический учебный курс. CAD/CAE система ARM WinMachine*. Москва, ДМК–Пресс, 2007. 144 с.
- [15] Яхричев В.В., Булавин В.Ф., Степанов А.С., Григорьев Н.С. Автоматизированная разработка роlikоопоры ленточного конвейера. *Вестник Вологодского государственного университета. Сер. Технические науки*, 2018, № 1(1), с. 18–22.
- [16] Карачев А.Ю., Булавин В.Ф. Обеспечение термической стабильности элементов оптических систем. *Вестник Вологодского государственного университета. Сер. Технические науки*, 2018, № 1(1), с. 6–10.
- [17] Алямовский А.А. *Инженерные расчеты в Solid Works Simulation*. Москва, ДМК–Пресс, 2010. 464 с.

References

- [1] Schuh G., Anderl R., Gausemeier J., ten Hompel M., Wahlster W. *The National Academy of Science and Engineering of Germany. Industrie 4.0 Maturity Index — Managing the Digital Transformation of Companies*. Available at: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_Maturity_Index_eng_WEB.pdf (accessed 15 January 2019).
- [2] *Pasport natsional'noy programmy "Tsifrovaya ekonomika Rossiyskoy Federatsii"* [Passport of the national program "Digital economy of the Russian Federation"]. Available at: <http://static.government.ru/media/files/urKHm0gTPPnzJlaKw3M5cNLo6gczMkPF.pdf> (accessed 25 March 2019).
- [3] Lovygin A. The Future of CAM. *SAPR i grafika*, 2016, no. 1, pp. 8–17 (in Russ.).
- [4] Piters Dehnnis. Digitalisation is transforming the economy and enhancing efficiency of implementation of investment projects. *SAPR i grafika*, 2016, no. 1, pp. 4–7 (in Russ.).
- [5] Nikiforov A.D., Bakiev A.V. *Protsessy zhiznennogo tsikla produktsii v mashinostroenii* [Processes of the life cycle of products in engineering]. Moscow, Abris publ., 2011. 688 p.
- [6] Kazakova S.A., Blagovestova M.E., Yakhrichev V.V., Bulavin V.F. Avtomatizatsiya konstruktorsko-tekhnologicheskoy podgotovki proizvodstva izdeliy mashinostroitel'nogo sektora v usloviyakh malykh predpriyatii. *Informatsionnye tekhnologii v upravlenii, avtomatizatsii i mekhanotronike. Sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Information technology in management, automation and mechatronic. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference]. Kursk, 2017, pp. 149–155 (in Russ.).
- [7] Strogonov V.L., Karachev A.Yu., Yakhrichev V.V., Bulavin V.F. Automation of design-technological preparation of electric tool production in conditions of small enterprises. *Sovremennyye materialy, tekhnika i tekhnologii*, 2017, no. 2(10), pp. 119–125 (in Russ.).
- [8] Bulavin V.F., Bulavina T.G., Yakhrichev V.V. Validation of CAD products in small enterprises machinery sector. *Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology*, 2017, no. 5(325), pp. 64–72 (in Russ.).
- [9] Volkov E.V., Kuz'mina M.S., Pomeshchikov V.EH., Bulavin V.F., Grigor'ev N.S., Yakhrichev V.V. Russian CAD–systems in the instrument-making sector of production. *Evraziyskoe nauchnoe ob"edinenie*, 2017, vol. 1, no. 10(32), pp. 65–68 (in Russ.).
- [10] Yakhrichev V.V., Blagovestova M.E., Kazakova S.A., Nesterova A.A., Stoletova A.N., Panchenko E.N., Gromov A.A., Bulavin V.F. CAD/CAPP–technology in engineering production. *Evraziyskoe nauchnoe ob"edinenie*, 2018, vol. 1, no. 1(35), pp. 70–73 (in Russ.).
- [11] 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 (in Russ.), doi: 10.18698/0536-1044-2018-8-37-49
- [12] Bulavin V.F., Yakhrichev V.V. Digital technology in the small business of the engineering industry. *SAPR i grafika*, 2018, no. 6, pp. 52–55 (in Russ.).
- [13] Bulavin V.F., Bulavina T.G., Yakhrichev V.V. Engineering analysis and new technologies in the finite element method. *Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology*, 2018, no. 2(328), pp. 109–120 (in Russ.).

- [14] Zamriy A.A. *Prakticheskiy uchebnyy kurs. CAD/CAE sistema ARM WinMachine* [Practical training course. CAD/CAE ARM WinMachine System]. Moscow, DMK-Press publ., 2007. 144 p.
- [15] Yakhrichev V.V., Bulavin V.F., Stepanov A.S., Grigor'ev N.S. Automated development of belt conveyor roller support. *Vestnik Vologodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Tekhnicheskie nauki*, 2018, no. 1(1), pp. 18–22 (in Russ.).
- [16] Karachev A.Yu., Bulavin V.F. Ensuring thermal stability of optical systems elements. *Vestnik Vologodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Tekhnicheskie nauki*, 2018, no. 1(1), pp. 6–10 (in Russ.).
- [17] Alyamovskiy A.A. *Inzhenernye raschety v Solid Works Simulation* [Engineering calculations in Solid Works Simulation]. Moscow, DMK-Press publ., 2010. 464 p.

Статья поступила в редакцию 10.04.2019

Информация об авторах

БУЛАВИН Вячеслав Федорович — 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 — ведущий инженер кафедры «Технологии машиностроения». Вологодский государственный университет (160000, Вологда, Российская Федерация, ул. Ленина, д. 15, e-mail: yahrichev@yandex.ru).

СТЕПАНОВ Александр Сергеевич — кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технологии машиностроения». Вологодский государственный университет (160000, Вологда, Российская Федерация, ул. Ленина, д. 15, e-mail: alex.stepanov@mail.ru).

Information about the authors

BULAVIN Vyacheslav Fedorovich — 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 Viktor Vasilievich — Leading Engineer, Department of Technologies of Mechanical Engineering. Vologda State University (160000, Vologda, Russian Federation, Lenin St., Bldg. 15, e-mail: yahrichev@yandex.ru).

STEPANOV Aleksandr Sergeevich — Candidate of Science (Eng.), Head of Department of Technologies of Mechanical Engineering. Vologda State University (160000, Vologda, Russian Federation, Lenin St., Bldg. 15, e-mail: alex.stepanov@mail.ru).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Булавин В.Ф., Яхричев В.В., Степанов А.С. Политика цифровых технологий на малых машиностроительных предприятиях. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2019, № 9, с. 35–45, doi: 10.18698/0536-1044-2019-9-35-45

Please cite this article in English as:

Bulavin V.F., Yakhrichev V.V., Stepanov A.S. Policy of Digital Technologies in Small Machine-Building Enterprises. *Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building*, 2019, no. 9, pp. 35–45, doi: 10.18698/0536-1044-2019-9-35-45