

УДК 621.9, научно-аналитическая статья

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ И МЕТАЛЛООБРАБОТКИ

В.В. Савицкий, 2024

УО «Витебский государственный технологический университет»

Рассмотрены причины низкой эффективности конструкторско-технологической подготовки производства, невысокой производительности использования современного оборудования с ЧПУ на предприятиях машиностроения и металлообработки по сравнению с их техническими возможностями, заложенными производителями оборудования. Определён ряд путей повышения эффективности конструкторско-технологической подготовки производства на основе модели-ориентированного подхода, увеличения коэффициента использования оборудования с ЧПУ при выпуске продукции машиностроительного назначения за счёт использования современных программных продуктов CAD/CAM.

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ, САПР, КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА, МОДЕЛЕ-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД, СТАНОК С ЧПУ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

MODERN PROBLEMS OF MECHANICAL ENGINEERING AND METALWORKING

V.V. Savitsky, 2024

Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Belarus

The reasons for the low efficiency of design and technological preparation of production, low productivity of using modern CNC equipment at machine-building and metalworking enterprises in comparison with their technical capabilities provided by equipment manufacturers are considered. A number of ways have been identified to increase the efficiency of design and technological preparation of production based on a model-oriented approach, increase the utilization rate of CNC equipment in the production of machine-building products through the use of modern CAD/CAM software products.

**DIGITAL TRACEABILITY, CAD, DESIGN AND TECHNOLOGICAL PREPARATION OF
PRODUCTION, MODEL-ORIENTED APPROACH, CNC MACHINE, EFFICIENCY**

Современные проблемы машиностроения и металлообработки связаны, в основном, с устаревшими принципами организации производства, которые тормозят внедрение цифровых технологий. Их перечень отражён в «Стратегии цифровой трансформации обрабатывающих

отраслей промышленности в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года» [1].

Существующие проблемы можно разделить на следующие направления. Документо-ориентированный подход в организации работы конструкторско-технологических подразделений большинства машиностроительных и станкостроительных предприятий как России, так и Беларуси приводит к растянутости во времени этапа конструирования изделий и подготовки технологических процессов изготовления входящих в них деталей, их сборки, испытаний и других этапов. Результатом работы конструкторско-технологических служб в этом случае являются огромные объёмы бумажных документов, которые при попытке использования современного оборудования с ЧПУ требуют иных форм подготовки процессов обработки заготовок. Использование бумажных документов при нынешних возможностях компьютерных технологий не способствует ускорению разработки технологии, а, наоборот, тормозят её, поскольку созданная даже с использованием САПР ТП технология не доводит её до управляющих программ обработки деталей на оборудовании с ЧПУ, а лишь описывает действия, которые затем программируются в большинстве случаев на панели устройства ЧПУ. При ручном программировании обработки велики непроизводительные затраты потерянного машинного времени. Причём обеспечивается программирование лишь простых видов обработки, даже несмотря на возможность использования станочных циклов, заложенных в программное обеспечение устройств ЧПУ. При написании технологами управляющих программ (УП) в текстовых редакторах требуются затраты времени на выбор траектории движения инструмента и определение положения опорных точек траектории его движения для удаления припуска. При такой организации работы технологов высокопроизводительные стратегии обработки различных геометрических элементов деталей невозможно запрограммировать, что снижает эффективность использования дорогостоящего оборудования с ЧПУ. Кроме этого, большинство предприятий испытывают проблемы с наличием квалифицированного персонала, имеющего навыки работы с современным оборудованием с ЧПУ, знающих возможности современных *CAD/CAM* систем, которые могут быть привлечены для решения вопросов цифровизации машиностроительного и металлообрабатывающего производства. К числу проблем следует отнести также значительную зависимость в подготовке производства при использовании оборудования с ЧПУ от программных продуктов в виде *CAD/CAM* систем западных фирм, которые в последнее время ушли с рынка, что осложнило использование их программного обеспечения. В это же время показатель использования отечественных программных продуктов в области цифровизации машиностроения и металлообработки пока очень низкий и не превышает

30 % общего объёма их использования, а возможности программных продуктов, разработанных в России и Беларуси, пока существенно отстают от их зарубежных аналогов. Кроме этого, практически не используются системы мониторинга работы оборудования, которые обеспечивают в режиме реального времени текущий контроль состояния универсального оборудования и станков с ЧПУ, занятых в производстве.

Каковы же направления по исправлению ситуации? В рамках реализации упомянутой выше стратегии цифровой трансформации выделяется как одно из ключевых направлений развития – разработка и внедрение российского инженерного программного обеспечения и цифровых платформ по ключевым классам систем – *CAD/CAE/CAM/ MES/PDM/PLM* и др.

Предполагается перевод производственных процессов на новый технологический уклад, отличный от ныне действующего, основанного на документо-ориентированном подходе в машиностроении на всех этапах производственного процесса. Цифровая трансформация предприятий, объединение связей между ними на уровне цифровой кооперации позволит создать единое цифровое промышленное пространство. Правда создание общего цифрового пространства следует считать отдалённой перспективой. На ближайшее время необходимо уделить внимание решению менее глобальных задач. Главной из них является перевод конструкторско-технологической подготовки производства (заготовительного и обрабатывающего) на модели-ориентированное проектирование. В конструкторской подготовке производства это позволит перейти к созданию электронных геометрических моделей деталей и изделий, обладающих статусом основных конструкторских документов, доступных на ранних этапах их создания всем службам предприятия, участвующим в выпуске продукции. В технологической подготовке созданные модели могут быть использованы при программировании обработки и обеспечат формирование УП обработки в цифровой форме, в которой они будут передаваться для исполнения на оборудование с ЧПУ. Это позволит сократить затраты на программирование на панелях устройств ЧПУ станков, либо доработку программ, созданных в текстовых редакторах, существенно повысив эффективность использования дорогостоящего оборудования. При использовании систем, автоматизирующих создание УП (*CAM* систем), нет необходимости использовать текстовую запись операционных переходов, которые в этих системах формируются в интерактивном режиме работы технолога с алгоритмом *CAM*. Здесь важно, чтобы технолог владел тем достаточно широким – с точки зрения возможностей, и информативным интерфейсом, позволяющим программировать обработку геометрических элементов деталей практически любой сложности, которая затем реализуется на станке

соответствующей группы (токарной, фрезерной, токарно-фрезерной и др.). Вручную или на панели устройства ЧПУ невозможно запрограммировать сложные виды обработки и использовать современные стратегии обработки геометрических элементов деталей, например, высокоэффективное фрезерование – для станков с ЧПУ фрезерной группы, точение во всех направлениях – для станков токарной группы, которые в современных условиях производства гарантируют увеличение производительности оборудования с ЧПУ на 50-80 % даже в сравнении с уже известными способами обработки, например, высокоскоростным фрезерованием.

Переход на модели-ориентированный электронный документооборот обеспечивает значительные преимущества в организации конструкторско-технологической подготовки производства [2]. Такой вариант позволяет избавиться от необходимости разработки рабочих чертежей деталей и отказаться от их использования в работе не только конструкторских, но и технологических отделов или бюро, других подразделений предприятия и использовать электронные геометрические модели деталей в качестве основных конструкторско-технологических документов.

Приведенный выше вариант организации производства не новый, поскольку, начиная в 2010 года, коллективом авторов университета ИТМО (г. Санкт-Петербург) опубликован ряд работ об использовании электронных геометрических моделей деталей при программировании в *CAM* системе обработки деталей инструментальной оснастки. Обобщены результаты работ в издании [3]. В практике работы предприятий, занятых изготовлением инструментальной оснастки для формования деталей из полимеров и металлов, эта методика в технологической подготовке производства используется и сейчас. На предприятиях машиностроения и станкостроения такой вариант работы находится в зачаточном состоянии.

Использование *CAM* систем для выполнения программирования обработки на станках с ЧПУ во всех промышленно-развитых странах достаточно давно стало наиболее прогрессивным направлением в технологической подготовке производства.

Пути повышения эффективности использования станков с ЧПУ в обрабатывающем производстве предложены в работе [4]. Использование электронного документооборота в конструкторско-технологической подготовке производства обеспечивает преимущества как на этапе оценки технологичности конструкции созданной конструктором детали, так и возможности внесения изменений в созданную конструкцию, а также ускоряет расчёт и выбор заготовок для их последующей обработки, поскольку в большинстве *CAM* систем по умолчанию уже созданы стандартные типы таких заготовок, позволяет использовать созданные модели в работе службы качества, других подразделений. Однако на

предприятиях пока с недоверием относятся к *CAM* системам, предпочитая работать с текстовыми документами, оформленными в САПР ТП.

Основным преимуществом в переходе к цифровизации машиностроительного производства на основе модели-ориентированного проектирования на первом этапе станет ускорение конструкторско-технологической подготовки, что в дальнейшем позволит углубить автоматизацию на производстве за счёт внедрения *PDM/PLM* систем.

Немаловажным фактором, обеспечивающим не только ускорение конструкторско-технологической подготовки производства, но и рост эффективности использования оборудования с ЧПУ, должно стать внедрение систем мониторинга станков с помощью системы датчиков, которые снимают показания с основных элементов станков с ЧПУ и универсального оборудования. Это позволит получить информацию о причинах падения производительности оборудования и оперативно принять меры по устранению выявленных недостатков.

Добиться такой организации труда, когда программирование выполняется инженером-технологом, обработку в автоматическом режиме выполняет станок, который лишь контролирует оператор, можно с помощью внедрения в работу технологов *CAM* систем различного уровня. Причём вопрос стоимости специализированного программного обеспечения в виде *CAM* системы должен рассматриваться с учётом преимуществ её использования в технологической подготовке производства и оценки возможного повышения эффективности использования оборудования с ЧПУ за счёт нового уровня программирования, обеспечивающего сокращение простоев.

Таким образом, решение части проблем машиностроения и металлообработки может быть обеспечено за счёт:

- а) реализации электронного документооборота в работе конструкторско-технологических служб и обрабатывающих цехов на основе модели-ориентированного проектирования;
- б) перехода к маршрутной технологии описания технологии изготовления деталей;
- в) использования в технологической подготовке производства *CAM* систем для программирования обработки на станках с ЧПУ с целью сокращения потерь машинного времени работы;
- г) использования систем мониторинга работы оборудования в производстве для своевременного устранения возникающих проблем.

Библиографический список

1. Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года / ГАРАНТ.РУ [Электронный ресурс]. –

URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401415210/?ysclid=m2lnrwgc3l41551397> (дата обращения: 20.10.2024).

2. Савицкий, В.В. Использование 3D-моделей в автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства : Инновационные технологии в машиностроении (посвящается 65-летию со дня основания машиностроительного факультета Ульяновского государственного технического университета (УлГТУ / ULSTU)). – Международная научно-практическая заочная конференция (Россия, г. Ульяновск, 30 ноября 2022 года) : сборник научных трудов [Электронный ресурс] / отв. ред. проф. В.П. Табаков, доц. Д.В. Кравченко. – Электронные данные. Ульяновск : УлГТУ, 2022. – 323 с. (С. 296–303). – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50149999>, <https://lib.ulstu.ru/venec/disk/2022/100.pdf>

3. Яблочников, Е. И. Автоматизация технологической подготовки производства в приборостроении / Е.И. Яблочников, А.В. Пирогов, Ю.С. Андреев. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2018. – 116 с.

4. Савицкий, В.В. Пути повышения эффективности использования станков с ЧПУ в обрабатывающем производстве / В.В. Савицкий. – Витебск : УО «ВГТУ, «Материалы и технологии». – 2023. – Том 12. – № 2. – С. 17–21.

Сведения об авторах

Савицкий Василий Васильевич (<https://tm.vstu.by/department/staff/saviczkiy-vasilij-vasilevich/>) – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» УО «Витебский государственный технологический университет» (ВГТУ), г. Витебск, Республика Беларусь
E-mail: savizkivv@mail.ru