



УДК 621.74

Поступила 27.09.2021

## ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К МОДУЛЬНОМУ СТАНКОСТРОЕНИЮ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

С. С. ТКАЧЕНКО, В. О. ЕМЕЛЬЯНОВ, К. В. МАРТЫНОВ, филиал РАО «Творческая мастерская «Литейный Двор», г. Санкт-Петербург, Россия, Расстанный проезд, 1. E-mail: spblenal@mail.ru

*В статье рассмотрена проблема интеграции станкостроения в цифровую экономику. Показаны пути внедрения искусственного интеллекта в инженерную деятельность и в бизнес-процессы машиностроения.*

**Ключевые слова.** Литейное производство, литье в разовые формы, непрерывное литье, станкостроение, машиностроение, искусственный интеллект.

## AN INNOVATIVE APPROACH TO MODULAR MACHINE TOOL CONSTRUCTION IN THE DIGITAL ECONOMY

S. S. TKACHENKO, V. O. EMELIANOV, K. V. MARTYNOV, Branch of the RAH "Creative workshop "Foundry Yard", St. Petersburg, Russia, 1, Rasstannyj proezd. E-mail: spblenal@mail.ru

*The article considers the problem of integrating machine tool construction into the digital economy. The ways of introducing artificial intelligence into engineering activities and business processes of mechanical engineering are shown.*

**Keywords.** Foundry production, casting in single molds, continuous casting, machine tool construction, mechanical engineering, artificial intelligence.

Первая техническая революция (механизация производства) началась с создания парового двигателя. Вторая (конвейеризация) – с создания конвейера Генри Форда, третья – это компьютеризация.

С 2011 г. началась и развивается четвертая промышленная революция – это искусственный интеллект, который носит название «Индустрия 4,0». Все более популярными становятся понятия «Индустрия 4,0 четвертая промышленная революция» и они становятся не просто словами, за ними стоят реальные проекты, которые входят в нашу жизнь.

Четвертая промышленная революция представляет собой объединение промышленности и цифровых технологий, приводящих к созданию цифровых производств или умных заводов, где все устройства, машины, продукция и люди общаются между собой посредством цифровых технологий, и интернета.

Концепцию четвертой промышленной революции сформулировал в 2011 г. Клаус Шваб и предсказал глобальные изменения человечества, в которой «больше изменятся не продукты, а сами люди и соответственно весь мир».

Индустрия 4,0 охватывает всевозможные направления и технологии, объединение которых делает производство максимально автоматизированным и конкурентоспособным, а следовательно, номером 1 на мировом рынке. Начавшаяся четвертая революция до неузнаваемости изменит образ жизни человека. Нас ожидает величайшая за всю историю человечества трансформация, которая коснется всех сфер жизни общества. Более того, изменения уже просматриваются. Базовым отличием этой революции от всех предыдущих является синтез и взаимодействие всех известных технологий. В послании Федеральному Собранию 2019 г. Президент России В. В. Путин сказал: «В России сейчас формируется колоссальный гарантированный спрос на промышленную и высокотехнологичную продукцию». «Для того чтобы выйти на высокие темпы роста, нужно решить системные проблемы в экономике. Главная проблема, в числе приоритетных, – это обеспечение опережающего темпа роста производительности труда».

И это очень серьезная для страны проблема. По уровню производительности труда Россия отстает от США и Евросоюза в 4 раза, при этом ресурсоемкость и энергоемкость продукции и технологий в основных отраслях промышленности примерно во столько же выше.

Растущие затраты, в первую очередь, на энергоресурсы подвергают серьезному испытанию именно энергоемкие отрасли. По этой причине растет готовность руководителей больших и малых предприятий реального сектора экономики к скорейшему принятию мер по оптимизации расходов на энергоносители. При этом серьезным вызовом времени и возможностью для дальнейшего развития производства является создание системы управления энергопотреблением как предпосылки для начала внутри производственного перехода к новой эре энергопотребления. Общую схему успешного построения системы управления дает международный стандарт DIN EN ISO 50001. Сегодня научно-техническое развитие определяется инновациями. Они лежат в основе разрабатываемых продуктов и усовершенствования существующих процессов на базе цифровых технологий. Однако цифровая трансформация как открывает новые огромные возможности, так и вносит дополнительные риски. Ключом к успешной модернизации промышленных предприятий является сочетание стабильной, устойчивой индустриальной нормативной базы с новыми подходами «Индустрии 4,0», что дало активный импульс к разработке и внедрению систем автоматизации управления на различных уровнях.

Это утверждение в полной мере относится к управлению машиностроительным предприятием и одному из видов систем автоматизации, наиболее востребованному сейчас на рынке РФ, – системам автоматизации оперативного управления производством. Обеспечение высокой конкурентоспособности отечественной промышленности во многом зависит от эффективности производственных предприятий.

Анализ технико-экономических показателей предприятий мировых лидеров говорит о том, что дальнейший рост эффективности производств возможен только при применении инновационных технологий, оборудования и решений. Повышение производительности труда, ресурсо- и энергосбережение – один из этапов промышленной революции, когда осуществляются мероприятия по снижению себестоимости продукции с повышением или хотя бы с сохранением достигнутого качества. Этот этап как-то реализуется, но не очень активно. На современном этапе для повышения экономического потенциала государства и благосостояния людей необходимо более эффективно использовать известные материальные ресурсы и вовлекать новые отечественные недефицитные экологически безопасные и экономически более выгодные материалы, технологии и конструкции. И это реально при проведении комплексной инновационной модернизации производства. Мощным фактором модернизации и повышения производительности труда является реализация стратегии модульного производства металлообрабатывающего оборудования (МОО) и комплексного управления им искусственным интеллектом.

Переход российской промышленности из социального пространства в цифровое становится приоритетным направлением для отечественного машиностроения. Не стало исключением и литейное производство. Цифровые технологии открывают новую эпоху автоматического производства заготовок. Самым дорогим ресурсом становится время.

Проекты устаревают на стадии подготовки производства. Современное оборудование не в состоянии гибко менять конфигурацию в зависимости от поставленной задачи. Универсальность производства обеспечивает человек. Все технологии требуют его присутствия. Суррогат человека в виде компьютерной программы bot (сокращение от чешского *robot*), получивший громкое название искусственный интеллект AI (*artificial intelligence*), имеет существенный недостаток. Он не может обрабатывать информацию как человек. Обратный тест Тьюринга [1], программисты называют его CAPCHA (CAPTCHA Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart), ставит bot в тупик. Технологии современного машиностроения – это очень серьезная CAPCHA для bot.

AI эффективен в имитации отдельных действий человека. Финансовый сектор, информационные и развлекательные сервисы, активно используют bot. AI успешно выступает в роли советчика или игрушки, но человек по-прежнему незаменим.

Производство фасонных отливок на сегодняшний день не возможно без обслуживающего персонала. Именно крупное стальное и чугунное литье определяет уровень развития техники. Станки, силовые установки, подъемные и транспортные механизмы основаны на фасонном литье.

Создание bot-программ под отдельные задачи малоэффективно. Только такелажные работы потребуют отдельный блок программ и соответствующие манипуляторы. Другой путь – создавать не программу для производства, а менять само производство под возможности компьютера, произвести декомпозицию сложных изделий (станин, стоек и т. п.) на элементы простой конфигурации и меньшей массы. Литые заготовки выполнить унифицированными для сборки базовых деталей различных станков.

Детали выполнить унифицированными для разных отливок. Заготовок будет больше, но для автоматического производства это посильная задача. На примере станины токарного станка (рис. 1) было показано, что сборная конструкция превосходит литую по прочности и меньше по ее массе [2].

Производство тяжелых крупногабаритных отливок для станков всегда, а сейчас особенно, было убыточно и значительно удорожает себестоимость продукции единичного производства. Не будем перечислять сложности и недостатки производства крупных отливок.

Подобная концепция призвана удешевить и максимально автоматизировать процесс производства станочного литья. Формы для отливок простые, без стержней и могут быть выполнены на формовочных линиях. Но для автоматического производства технология литья в разовые песчаные формы непригодна. Отливка станины разбита на элементы индивидуально. Создание какой-либо систематизации заготовок маловероятно, даже в масштабах одной отрасли.

Более реалистичным выглядит использование непрерывно литых заготовок в качестве сборочных элементов деталей. Номенклатура стального, чугунового и цветного непрерывного литья достаточно широкая. Возможно использование как элементов сечения, так и протяженные заготовки. На этой основе можно составить перечень унифицированных деталей (УнД). УнД не является новым видом заготовок. Они уже находятся в производстве (рис. 2).

Наличие дешевых заготовок позволяет в полной мере реализовать концепцию «оборудование как расходный материал». Проектирование и изготовление станин на основе УнД существенно отличается от общепринятой схемы. Проект может быть реализован под отдельную деталь. Технолог задает область перемещения инструмента и движение заготовки. Конструктор по оборудованию формирует из УнД путь для заданных перемещений. Индивидуальную станину можно сразу собирать, имея запас УнД. Происходит существенная систематизация инженерной работы. Как следствие, формализованная задача может быть сведена в программные комплексы AI. Проектирование и производство на основе УнД позволяет использовать в качестве технологов и конструкторов bot. AI сможет освободить людей от части инженерных специальностей.

Проектирование и сборку станков возможно осуществлять прямо на механообрабатывающих предприятиях на собственные нужды. Причем монтаж и демонтаж осуществлять манипуляторами, обеспечивающими выпуск продукции. Ремонт оборудования остается в прошлом. Ресурс станка известен. При износе или окончании производственной программы оборудование идет на утилизацию.

Таким образом, часть производства становится безлюдным, где проектирование и выпуск продукции происходят без участия человека.

Эффективность от внедрения УнД значительно возрастает, если подобная идеология затронет остальные отрасли машиностроения, судостроения и транспорт. Наиболее близко к станкостроению производство редукторов (рис. 3).

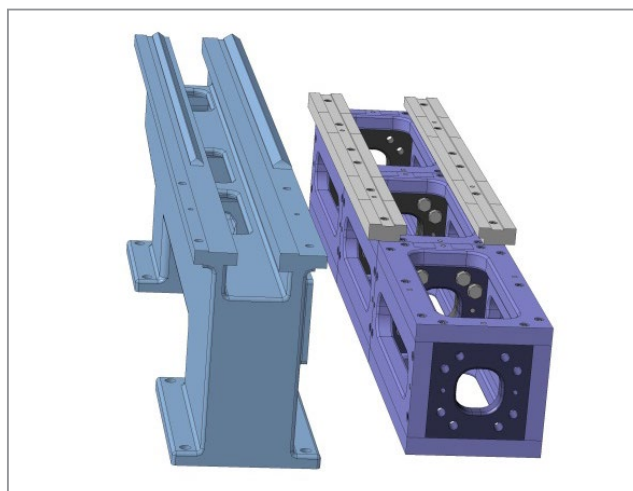


Рис. 1. Пример декомпозиции сложной отливки

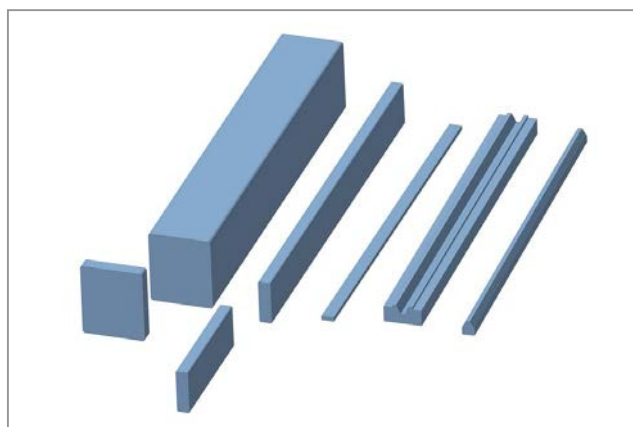


Рис. 2. Заготовки для унифицированных деталей



Рис. 3. Пример декомпозиции – мотор редуктора:  
а – литой корпус редуктора,  
б – предлагаемое решение сборки из плоских заготовок

Переход на УнД в данном случае может полностью основываться на компонентах станкостроения. Изготовление крупногабаритных корпусных деталей из УнД под силу современному манипулятору под управлением bot.

Отпадает необходимость в крупных монолитных отливках и ПТО. Оборудование можно монтировать и демонтировать на месте. Транспорт, собранный из УнД и управляемый bot, заменит коммерческий транспорт. Вместо одного карьерного самосвала могут работать несколько платформ на автопилоте.

Разукрупнение может коснуться и судостроения. Важнейшим фактором становится скорость доставки. Замена экипажа на bot – вопрос ближайшего времени. УнД позволяют проектировать, собирать и утилизировать судно без участия человека. Уменьшение габаритов и ограниченный срок службы даст возможность приблизить корабль к функции расходного материала.

Глобальная унификация по сборочным единицам открывает широкие перспективы для AI. Bot становится основным источником получения прибыли. Только он может эффективно использовать главный ресурс – время.

Производство УнД на установках непрерывного литья – это высокая производительность и наименьший передел сырья. Классические технологии останутся для ремонта старого оборудования и завершения начатых проектов. Литейное производство, подобно птице Феникс, должно возродиться на принципиально новой основе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Тьюринг А. М.** Вычислительные машины и разум. Самара: Бахрах-М, 2003.
2. **Ткаченко С. С., Емельянов В. О., Мартынов К. В.** Обоснование необходимости модульного производства базовых деталей станков // *Металлургия машиностроения*. 2019. № 2.