

Прогноз развития цифровых машиностроительных производств



А. А. Кутин,
д. т. н., профессор, зав. кафедрой
170455@mail.ru

Кафедра технологии машиностроения, МГТУ «СТАНКИН»



С. С. Ивашин,
аспирант
magistr.tex@gmail.ru

В статье обсуждаются вопросы модернизации отечественного высокотехнологичного машиностроения на основе методов моделирования и прогнозирования развития цифровых производств. Прогноз развития цифровых производств основан на разработке комплексных дорожных карт. Построение дорожных карт включает определение ресурсного, информационного и организационно-методического обеспечения. Результатом работы является выделение перечня критических информационных и производственных технологий с целью существенного повышения производительности труда в машиностроении.

Ключевые слова: цифровое производство, дорожная карта, производственные технологии, моделирование производства.

При современных темпах развития науки и техники главное требование к высокопроизводительному и высокоэффективному производству сводится к следующему: производство должно быть готово и способно в любой момент безубыточно прекратить изготовление освоённой продукции и в короткий срок приступить к выпуску любой по количеству партии новых изделий.

Решить эти задачи на единой основе позволяет идея создания цифровых производств [1].

В большинстве случаев под термином «цифровое производство» подразумевается информационная (электронная) модель высокотехнологичного производства, охватывающая основные направления перспективных производственных технологий, новых материалов и информационно-коммуникационного обеспечения [2]. Эта модель включает в себя информацию обо всех процессах, протекающих на производстве, а также весь объём информации об изделии, который можно распределить по этапам жизненного цикла изделия.

Разработка информационной модели подразумевает создание единого информационного пространства предприятия. В новых условиях ставится вопрос об организации комплексных информационных систем с включением в них всей документации, кодов и носителей информации, охватывающих круг показателей, необходимых для управления предприятием. Новым качеством комплексных информационных систем и их составной части (информационного пространства) является то, что они должны иметь непосредственную связь с системами управления производством [3].

Основной целью построения информационной модели производства является установление количе-

ственных и логических связей между переменными, характеризующими состояние контролируемых показателей деятельности предприятия и его участков. Под этими переменными понимаются параметры изделия (конструкторские данные), контролируемые параметры технологических процессов, производственные данные (информация, связанная с обработкой, сборкой, транспортированием, хранением изделий).

Разработка информационной модели предприятия заключается в тщательном исследовании реальных информационных потоков в производстве, алгоритмов переработки информации и объектов автоматизации с целью совершенствования информационной системы, выбора технических средств механизации и разработки принципов автоматизированной системы управления предприятием [4].

Цифровой макет предприятия определяет информационные связи между элементами производственной системы предприятия при выполнении производственной программы, которые используются при структурном моделировании технологической, транспортной и других подсистем [5]. Таким образом, управляющие воздействия, передаваемые на производство, базируются на результатах анализа и моделирования реальных процессов на создаваемых динамических вероятностных моделях.

Цифровые технологии для машиностроительных предприятий

Реализация принципов цифрового производства заключается в органичном соединении прорывных информационных и производственных технологий

для обеспечения принципиально новых значений показателей эффективности предприятий. Информационные технологии представлены целым спектром автоматизированных систем: конструирования (CAD), инженерных расчетов (CAE), изготовления (CAM), управления данными об изделии (PDM), объединенных в систему поддержки жизненного цикла изделия (PLM) [6]. Производственные технологии, используемые в рамках цифрового производства, основаны на преобразовании твердотельной модели в реальное изделие посредством различных физических воздействий. Все большее применение находят аддитивные [7] и комбинированные [8] технологии. В то же время прецизионная многоосевая обработка на станках с ЧПУ остается наиболее востребованной [9]. Необходимо найти области эффективного применения цифровых производственных технологий с учетом требований по точности изделия и качеству поверхностного слоя, объемам выпуска и максимальной производительности.

Применение цифровых технологий в машиностроительном производстве позволяет

- существенно повысить гибкость производства в условиях жесткой конкуренции;
- сократить сроки постановки на производство техники новых поколений,

- снизить временные и стоимостные затраты на проектирование и производство, как существующих, так и принципиально новых образцов техники;

В соответствии с существующими прогнозами развития цифровых производств пятого технологического уклада в промышленности основные направления инновационной деятельности данного плана включают:

- разработка компактных технологических линий быстрого малосерийного производства (в том числе электронной компонентной базы с топологическими нормами до 8 нм);
- разработка технологий объемного синтеза полимерных изделий сложной геометрии;
- разработка многофункциональных инструментов виртуального цифрового производства;
- разработка новых «самособирающихся», структурных и композиционных материалов.

Проекты в области развития передовых производственных технологий должны разрабатываться в основном в рамках национальной инновационной системы, так как ряд критических технологий имеют ограничения на трансферт из ведущих индустриальных стран. В этой связи возникает главное ограничение – инновационное проектирование цифровых производств для машиностроительных предприятий должно осуществляться в жестких условиях импортозамещения.

Таблица 1

План мероприятий

№	Мероприятия	Сроки выполнения	Ожидаемые результаты	Сроки получения результатов
1	2	3	4	5
1	Разработка серийного производства порошков для аддитивных технологий	Июль 2015 – ноябрь 2017	Серийное производство порошков для аддитивных технологий, внедрение на производстве технологий SLA, SLS, LOM, FDM, 3DPrinting	Декабрь 2016 – ноябрь 2018
2	Разработка и внедрение на производство новых порошковых материалов	Ноябрь 2017 – декабрь 2021	Расширение сфер применения аддитивных технологий при производстве изделий вооружений и военной техники	Ноябрь 2018 – декабрь 2022
3	Разработка технологий и оборудования для аддитивного производства	Август 2015 – декабрь 2022	Серийное производство отечественного оборудования для аддитивных технологий	Январь 2018 – декабрь 2022
4	Разработка и внедрение интеллектуальных роботов и мехатронных устройств	Октябрь 2015 – август 2022	Повышение уровня автоматизации инновационного производства	Октябрь 2015 – август 2022
5	Разработка средств цифрового контроля	Октябрь 2015 – сентябрь 2018	Повышение эффективности, качества и сроков выполнения контроля изготовления изделий	Октябрь 2016 – сентябрь 2018
6	Разработка технологий автоматизированной цифровой сборки	Июль 2015 – октябрь 2021	Повышение эффективности, качества и сроков выполнения сборочных операций	Июль 2016 – октябрь 2021
7	Разработка и внедрение цифровых информационно-производственных технологий	Январь 2016 – февраль 2024	Внедрение на производстве технологий цифровой поддержки жизненного цикла производства изделий, технологий облачного производства, цифровой разработки и т. д.	Февраль 2016 – февраль 2024
8	Внедрение технологии высокоскоростной обработки на станках с ЧПУ	Июль 2015 – июль 2018	Сокращение времени производственного цикла изготовления изделий	Июль 2015 – июль 2018
9	Внедрение прецизионных технологий обработки	Июль 2015 – ноябрь 2019	Повышение качества изготовления изделий	Июль 2015 – ноябрь 2019
10	Разработка гибридных технологий	Январь 2018 – ноябрь 2023	Повышение гибкости и сокращение времени перенастройки производства для изготовления новых изделий	Июнь 2018 – ноябрь 2023
11	Разработка технологий «безлюдных» производств	Июнь 2016 – октябрь 2025	Внедрение систем ГПМ и ГПС на производствах	Июнь 2016 – декабрь 2019
			Внедрение системы цифровых роботизированных комплексов	Декабрь 2019 – декабрь 2022
			Создание цифровых «безлюдных» производств	Январь 2023 – октябрь 2025

Разработка дорожной карты развития цифровых производств

Одним из основных методов долгосрочного прогнозирования является Форсайт-метод. Сущность метода заключается в построении дорожных карт. Дорожная карта – это наглядное представление пошагового сценария развития определенного объекта – отдельного продукта, класса продуктов, некоторой технологии, группы смежных технологий, бизнеса, компании, объединяющей несколько бизнес-единиц, целой отрасли, индустрии [10].

На базе выполненного анализа тенденций инновационной деятельности по разработке и внедрению производств пятого технологического уклада и основных положений инновационного проектирования цифровых производств были разработан план мероприятий (табл. 1) и дорожная карта (рис. 1) развития ключевых технологий для формирования в Российской Федерации сектора цифрового производства высокотехнологичных изделий машиностроения.

Реализация «дорожной карты» формирования сектора цифрового производства на предприятиях машиностроения обеспечит:

- увеличение производственной мощности предприятий и увеличение объемов выпуска новых вооружений и военной техники;
- сокращение сроков разработки и постановки на производство вооружений и военной техники новых поколений;
- рост их конкурентоспособности на внешних рынках,
- гибкость производства при изменениях в продуктовой линейке, номенклатуре и производственной программе выпуска вооружений и военной техники

на основе создания сектора (кластера) предприятий цифровых производств нового поколения.

Реализация «дорожной карты» предполагает три этапа организации цифрового производства высокотехнологичных изделий машиностроения с 2015 по 2025 год.

Цифровое производство призвано повысить уровень кооперации и координации партнеров, а в конечном итоге, конкурентоспособность производимой ими продукции и, соответственно, прибыль.

Была построена типология сценариев развития ЦИПР-технологий для различных отраслей машиностроения в виде матрицы «состояние экономики – объем государственного заказа», которая позволила выделить 9 сценариев развития в зависимости от состояния экономики и выбрать из них три диагональных сценария, а именно: «плохое-низкий»; «базовое-нормальный»; «хорошее-высокий».

При разработке долгосрочного научно-технологического прогноза использовались две группы моделей: макроэкономические модели, предназначенные для формирования сценариев на основе анализа наиболее общих положений и система межотраслевых, балансовых моделей, позволяющих получать согласованные количественные оценки динамики и структуры производственных показателей на долгосрочную перспективу в разрезе отраслей и секторов машиностроения.

Проведенные прогнозные расчеты показали высокую эффективность применения цифровых производств при производстве инновационной продукции в случае базового и оптимистичного сценария. Даже при пессимистичном сценарии большинство показателей остаются на допустимом уровне, что определяет перспективность развития цифровых технологий в машиностроении.

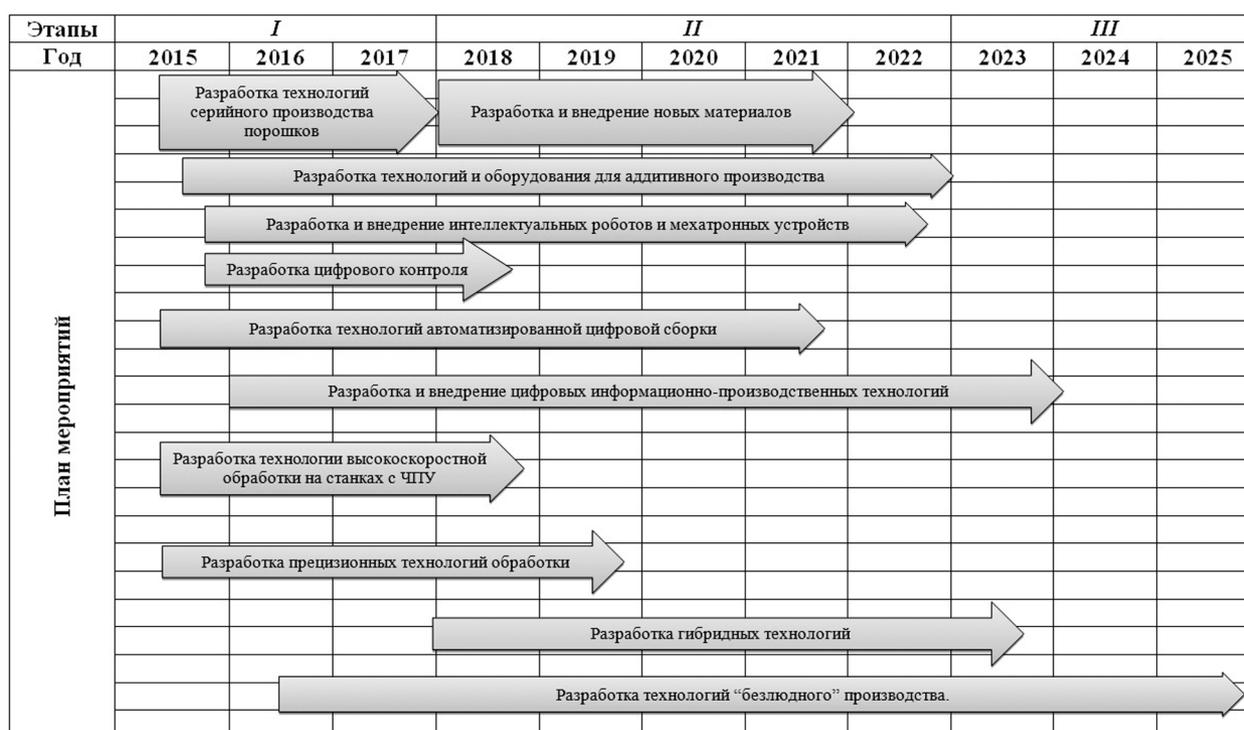


Рис. 1. Дорожная карта развития ключевых технологий создания для цифрового производства в РФ



Рис. 2. График сравнения показателя производительности труда (в денежном исчислении) в зависимости от сценариев развития

Организационные стратегии производства существенно влияют на показатели прогноза (производительность труда (рис. 2), объем выпуска продукции (рис. 3). Наилучшими показателями характеризуются кластерные структуры, а наихудшими – монопольные.

Основные выводы

Цифровое производство охватывает все области разработки и производства, начиная от проектирования и заканчивая получением завершенного изделия, что необходимо учитывать при разработке дорожных карт.

Проекты в области развития передовых производственных технологий должны разрабатываться в рамках национальной инновационной системы, так как ряд критических технологий имеют ограничения на трансферт из высокоразвитых стран, включая боевую робототехнику, высокоточные станки, в т. ч. любые станки с точностью позиционирования менее 2 мкм, нанотехнологии, технологии автономного жизнеобеспечения и т. д.

Установлены связи между исследованиями и технологиями, а также определены драйверы развития, проведена корректировка плана технологий и научных исследований.

Разработаны мероприятия дорожной карты ускоренного развития в Российской Федерации цифровых производственных технологий для отраслей машиностроения.

Список использованных источников

- 1 Григорьев С.Н., Кутин А.А., Долгов В.А. Принципы построения цифровых производств в машиностроении. Вестник МГТУ «Станкин», 2014, № 4 (31), с. 10-15.
- 2 Григорьев С. Н., Кутин А. А. Создание цифровых производств эффективный путь повышения производительности труда в машиностроении. Технология Машиностроения, 2015, № 8 с. 59-63.
- 3 Григорьев С. Н., Кутин А. А. Инновационное развитие высокотехнологичных процессов на основе интегрированных АСТПП. Автоматизация и современные технологии, №11, 2011, с. 23-29.
- 4 Вороненко В. П., Михайлов Е. В., Соколова Я. В. Применение имитационного моделирования при проектировании или

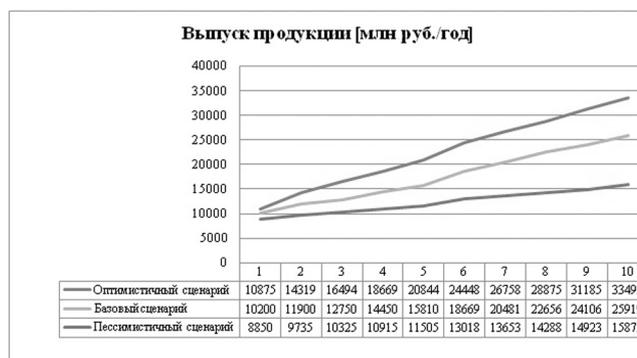


Рис. 3. График сравнения выпуска продукции в зависимости от сценариев развития

- реконструкции производственных участков. Вестник МГТУ «Станкин», 2015, № 3 (34), с. 29-33.
- 5 Вороненко В. П., Долгов В. А. Информационная модель базового производственно- технологического решения для адаптации технологического процесса к текущему состоянию системы предприятия. Вестник МГТУ «Станкин», 2011, № 3, с. 173-177.
 - 6 Еленева Ю. Я., Карпов С. А., Лукашевич Е. В. Управление финансированием инновационного развития промышленных предприятий: концептуальная модель. Вестник МГТУ «Станкин», 2012, № 1 т. 2, с. 128-133.
 - 7 Григорьев С. Н. Решение задач технологического перевооружения машиностроения//Вестник МГТУ Станкин. 2008. № 3. С. 5-9.
 - 8 Асанов Р. Э., Косов М. Г., Кузнецов А. П. Оценка технического уровня мехатронных изделий. Вестник МГТУ «Станкин», 2013, № 1 (24), с. 60-65.
 - 9 Мартинов Г. М., Мартинова Л. И. Формирование базовой вычислительной платформы чпу для построения специализированных систем управления. Вестник МГТУ «Станкин», 2014, № 1 (28), с. 92-97.
 - 10 Соколов А. В., Чулок А. А. Долгосрочный прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 года: ключевые особенности и первые результаты. Форсайт, 2012, Т. 6, № 1, с. 12–25.
 - 11 Позднеев Б. М., Сутягин М. В., Куприяненко И. А., Тихомирова В. Д., Левченко А. Н. Новые горизонты стандартизации в эпоху цифрового обучения и производства//Вестник МГТУ «СТАНКИН». - 2015. - №4 (35). - С. 101-108.
 - 12 Ковалев А. П., Коршунова Е. Д. Социально-управленческий и стратегический анализ конкурентоспособного современного российского предприятия//Вестник МГТУ «Станкин». – 2012. № 2 (21). С. 18-22.

Forecast for development of digital engineering industries

A. A. Kutin, Doctor of Technical science, Professor, Head of the Department of Mechanical Engineering, MSTU «STANKIN».

S. S. Ivashin, postgraduate of the Department of mechanical engineering, MSTU «STANKIN»

The article concentrates on the modernization of the domestic high-tech engineering that based on the simulation mode and forecasting of digital productions. The development forecast of digital production based on the complex project road map. Construction of road maps would involve identification of the resource, information and organizational methods. The result of the work is the list of critical information and production technologies for significant increase in productivity in the machine building.

Keywords: digital manufacturing, road map, production technologies, manufacturing modeling.