

УДК 005.6:629.7(075)

ТЕХНОЛОГИИ INDUSTRY 4.0, ОБЩЕСТВО 5.0, SMART MANUFACTURING С РОБАСТНЫМИ СИСТЕМАМИ УПРАВЛЕНИЯ

С.Л. Степанов

ОАО «Корпорация «Росхимзащита»
Россия, 392000, г. Тамбов, Моршанское шоссе, д. 19
E-mail: ser23n2005@yandex.ru

А.С. Степанова

ТОГБОУ «Центр лечебной педагогики и дифференцированного обучения», г. Тамбов
Россия, 392000, г. Тамбов, ул. Самарская, д. 9
E-mail: netochkasvetlaia@yandex.ru

Ключевые слова: актуальность, Индустрии 4.0, новые технологии, Общество 5.0, робастное проектирование, система проектирования

Аннотация: Показаны технологии Индустрия 4.0, оптимизирующие потребление одним человеком и технологии Общества 5.0 для оптимизации ресурсов общества в целом. Они на порядок менее капиталоемкие и фондоемкие. В Обществе 5.0 физическое и киберпространство реализуется в интеллектуальных производственных, транспортных системах «умных» сетях, системах автономного вождения. В этих технологиях добиться конкурентного преимущества можно при робастном проектировании, за счет наименьшей себестоимости выпуска и наименьшей стоимости владения готовой продукции.

1. Введение

Технологии нового поколения значительно менее капиталоемкие и фондоемкие, чем технологии предыдущих укладов, где в производственных издержках доминируют материалы. Будущие технологии многовариантны на множестве состояний функционирования и многое зависит от того, куда будут развиваться основные промышленные технологии XXI века. Новая индустрия переживает сейчас три промышленные революции, которые отразятся на ключевых рынках:

- **первая** революция связана с применением новых материалов с заранее заданными свойствами;
- **вторая** – с изменениями в проектировании и инжиниринге;
- **третья** – с внедрением «умных» сред (инфраструктуры).

Первая революция связана с применением новых материалов и нанотехнологий с заранее заданными свойствами и, зачастую, управляемыми свойствами [1].

Мы же будем рассматривать изменения во второй промышленной революции – с изменениями в проектировании и инжиниринге на примере Индустрии 4.0 (ФРГ), представляющей объединение промышленности и цифровых технологий, приводящее к созданию цифровых производств или умных заводов и фабрик, где все устройства, машины, продукция и люди общаются между собой посредством цифровых технологий и

интернета. Она ведет к массовым внедрениям киберфизических систем в производстве, к автоматизации большинства производственных процессов, наделению устройств искусственным интеллектом и внедрению многих других современных технологий. Это существенно влияет на рост производительности и снижении себестоимости продукции.

2. Актуальность новых технологий

Индустрия 4.0 это совокупность технологий: PLM, Big Data, Smart Factory – продуманный завод (США), Cyber-physical systems, Internet of Things (IoT) – интернет вещей, Interoperability – интероперабельность (функциональная совместимость) и другие (всего 15 новых технологий [2]), позволяющих создать эффективную бизнес-модель предприятия. Высокая эффективность достигается за счёт рационального управления систем автоматизации физических операций производства и сопутствующих процессов, объединенных в единое информационное пространство. Главным принципом Индустрии 4.0 является создание сложных производственных цепочек с интеллектуальными системами, контролирующими всю цепочку создания готовой продукции (от сырья до готовой продукции) и влияющих друг на друга. Создается цифровая копия продукта [2].

В России это направление развития называют «цифровой экономикой».

Фактически это разные названия для одного и того же процесса — трансформации экономики посредством использования цифровых технологий, таких, как Big Data, интернет вещей, искусственный интеллект. Япония же в ответ на стоящие перед ней вызовы анонсирует более всеобъемлющую стратегию — Общество 5.0 построения умного (суперинтеллектуального общества), разработанную правительством и затрагивает не только производство, но и финансы, логистику, а также строительство, медицину и многое другое. В Обществе 5.0 физическое и киберпространство реализуется в интеллектуальных производственных системах, интеллектуальных транспортных системах, «умных» сетях, цифровых системах АСУТП, системах автономного вождения.

Если Индустрия 4.0 — это оптимизация ресурса потребления одним человеком, то Общество 5.0 представляет собой оптимизацию ресурсов общества в целом.

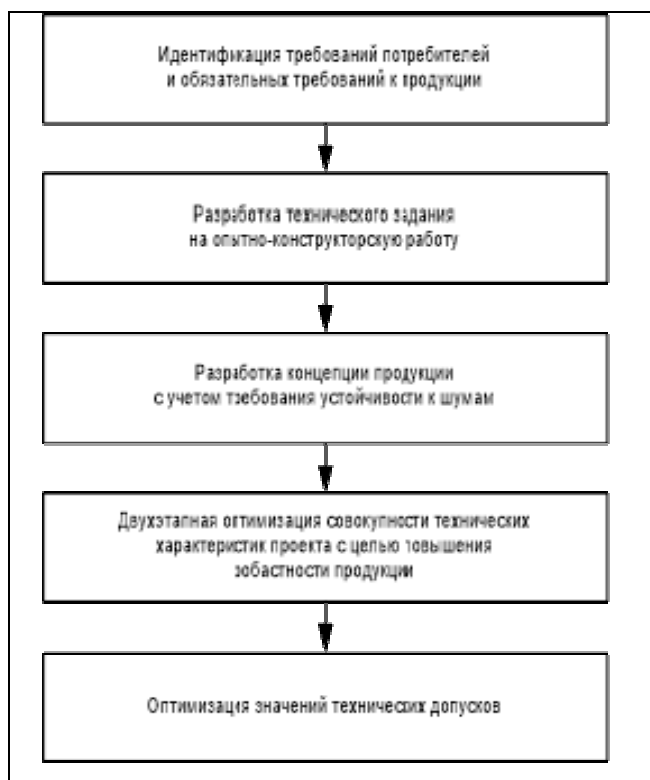
Существующие подходы к синтезу и управлению разрознены, не имеют единой теоретической базы. Отвечая на вопрос: «Как?» чаще всего не отвечают на вопрос: «Почему?». Поэтому решения, принятые в одних условиях, могут быть не эффективными в других [3, 4]. Для разработки принципиально новых технологий Индустрия 4.0, Общество 5.0 и Smart Manufacturing нужно использовать решение наиболее сложной обратной задачи, которая дает наилучшие технические решения и бóльшую долю рынка.

На Западе и в США применяют, в отличие от ЕСКД, три стратегии проектирования изделий (систем), рис. 1 [5, 6].

Рис. 1. Схема разработки продукции в США.

В Японии разработка продукции, по сравнению с РФ, существенно изменена, рис. 2. Японский проф. Генети Тагути предложил изменить проектирование, назвав его – технологией робастного проектирования – **проектированием для качества** [7,8].

Его технологической основой служит планирование эксперимента, факторный анализ, DOE/RSM оптимизация, статистические методы. Для этого необходимо произвести настройку совокупности значений характеристик технического проекта для достижения целевых показателей его функционирования. Это обеспечивает низкую себестоимость, повышающую конкурентоспособность проектов и продукции.



Концепция Г. Тагути включает робастное проектирование и функцию потерь качества. Разработку он делит на две неравные части. Первая – НИОКР и внедрение в производство, вторая – собственно производство и эксплуатация. Создание робастных (устойчивых к мешающим воздействиям) систем путем минимизации вариаций показаний качества по объективному критерию робастности под названием «отношение сигнал/ шум» проводят на первом этапе НИОКР [7-10].

Здесь используется новая методология управления проектированием Г. Тагути, требующая использование выбранного критерия робастности проектирования и максимально возможного снижения дисперсии отклика (повышения качества) на стадии разработки.

Рис. 2. Подход инжиниринга качества к проектированию продукции по Г. Тагути.

Г. Тагути разработал концепцию функции потери качества, увязывающей уровень затрат на обеспечение качества с непостоянством производственного процесса, а также ввел понятие стоимости непостоянства характеристик производственного процесса.

В результате этого появляется возможность не ужесточать контроль и не использовать более совершенное, а значит и дорогое оборудование. Можно построить технологический процесс проектирования и производства продукции так, чтобы ее характеристики были в наименьшей степени подвержены разбросу из-за несовершенства самого производственного процесса, изменчивости условий окружающей среды, неоднородности сырья, материалов, комплектующих и других помех, неизбежных в любом производстве и особенно при эксплуатации выпущенной продукции.

Существует разница в подходах к вопросам разработки американских и японских менеджеров. Американцы в отличие от японских много средств инвестируют в инновационные технологические разработки, рис. 3. Однако они тратят на это слишком много времени и мало уделяют внимание распространению своих новых технологий.

При реализации новых технологий, на стадии проектирования, они в большинстве случаев неэффективны. Технологии, разработанные США, редко готовы к организации высококачественных процессов для выпуска качественной продукции [7].

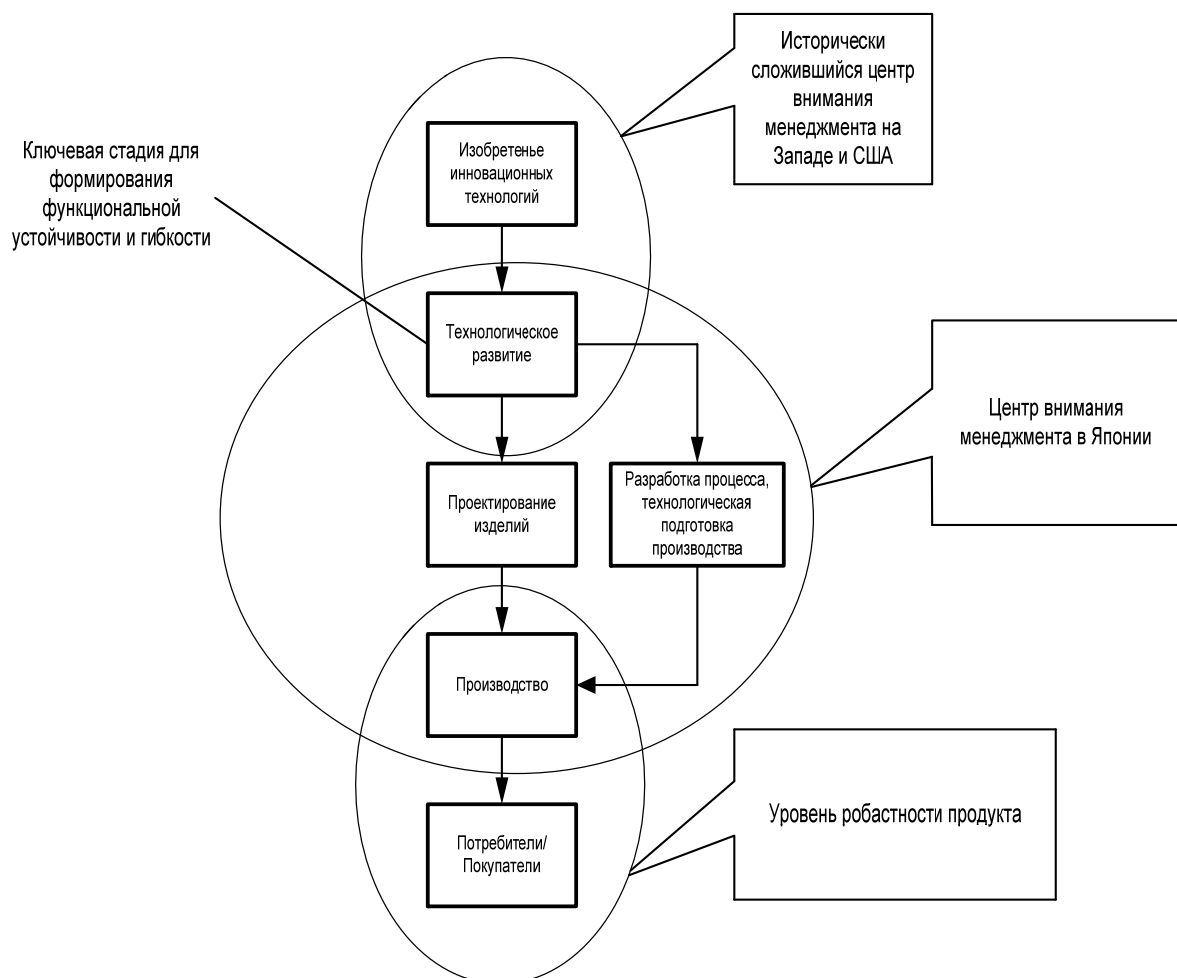


Рис. 3. От инновационной идеи проекта до потребителя. Взгляд проф. Г. Тагути.

3. Формализация

Предположим, что рассматривается динамика развития $n \geq 1$ технологий (последовательно сменяющих друг друга технологических укладов или отдельных инноваций –

содержательный их смысл в рамках рассматриваемой модели одинаков) на плановый горизонт T , который фиксирован и считается известным.

Динамика развития i -ой технологии (ее жизненный цикл) описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\dot{x}(t) = \{\gamma_i(x_{i-1}(t), u_i(t))x_i(t)[Q_i - x_i(t)]\}I(t \geq t_i)$$

где $I(\bullet)$ – функция-индикатор, $t \in [0; T]$, $u_i(\bullet)$ – управление (инвестиции), $Q_1 \leq Q_2 \leq \dots \leq Q_n$ – известные предельные уровни развития технологий (технологические пределы – разность между «соседними» технологическими пределами характеризует технологический скачок), $i \in N = \{1, 2, \dots, n\}$ – упорядоченному множеству технологий, $t_1 = 0 \leq t_2 \leq \dots \leq t_n \leq T$ – конечная последовательность моментов «переключения» – перехода от одной технологии к следующей. Зададим начальные и конечные условия:

$$(1) \quad \begin{aligned} x_1(0) = x_0 \geq 0, \quad x_i(t) = 0, \quad t \in (t_{i+1}, T] \\ x_i(t_i) = \max[x_0, x_{i-1}(t_i) - q_i], \quad i \in N. \end{aligned}$$

Содержательно, моменты времени соответствуют «переключению» (переходу) на новую технологию, известные величины $\{q_i\}_{i \in N}$ – потерям, связанным с переходом, $u_i(\bullet) \geq 0$ – динамике изменения ресурсов, вкладываемых в развитие технологий, $i \in N$.

Динамика i -ой технологии описывается обобщенным логистическим уравнением со скоростью роста, описываемой известной функцией, $\gamma_i(x_i(t_i), u_i(t))$ зависящей от уже достигнутого на предыдущем этапе уровня $x_i(t_i)$ развития (точнее – «стартового» для данного этапа уровня (1) и количества ресурсов $u_i(\bullet)$). Траектория $x(t) = x_i(t)$, $t \in [t_i; t_{i+1})$, характеризует уровень развития технологий. Достигнутый к концу планового горизонта T уровень развития технологий $X(T)$ составит:

$$X(T) = \max_{i \in N} \{x_i(T)\}.$$

В результате, используя все потенциальные возможности технологий Индустрия 4.0, Общество 5.0 и Smart Manufacturing с различными технологическими укладами, мы получаем систему проектирования, включающую не только проектирование структур, но и встроенную взаимосвязь самого проектирования с рынком покупателей.

Заключение

Показаны перспективные технологии нового поколения: Индустрия 4.0, оптимизирующие потребление одним человеком и технологии Общества 5.0 для оптимизации ресурсов общества в целом. Они значительно менее капиталоемкие и фондоемкие, чем технологии предыдущих технологических укладов, где в производственных издержках преобладают материалы, а не информация.

При этом в Обществе 5.0 физическое и киберпространство реализуется в интеллектуальных производственных системах, интеллектуальных транспортных системах, «умных» сетях, цифровых системах АСУТП, системах автономного вождения.

Показана разница в подходах разработки американских и японских исследователей.

Добиваться конкурентного преимущества в Индустрии 4.0, Обществе 5.0 – необходимо за счет технологий робастного проектирования, обеспечивающего наименьшую себестоимость выпуска и наименьшую стоимость владения готовой продукции.

Список литературы

1. Кун Томас. Структура научных революций: пер. с англ. М.: Прогресс, 1977. 325с.
2. Индустрия 4.0 — Четвертая промышленная революция. <https://vys-tech.ru/2018/04/11/industriya-4-0/>
3. Рубин М.С. О теории проектирования инновационно-технологических систем. 2 апреля 2008 г. СПб. <http://www.temm.ru/ru/section.php?docId=3935>
4. Белоусов Д.Р., Фролов И.Э. Методологические и предметные особенности прогнозирования научно-технологического развития в современных условиях // Проблемы прогнозирования. 2008. № 3. С. 88-105.
5. Чейз Р.Б., Джейкобз Ф.Р., Ак Н.Дж. Производственный и операционный менеджмент / Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2017. 1094 с.
6. Степанова А.С. Управление законодательством в опережающем развитии оборонно-промышленного комплекса России. . СПб.: Юридическая мысль, 2010. № 3 (59). С. 53-65.
7. Леон Р. Управление качеством. Робастное проектирование. Метод Тагути. Пер. с англ. М.: СЕЙФИ, 2002. 384 с.
8. Taguchi G. Taguchi's Quality Engineering Handbook. Wiley & Sons, Incorporated, John. 2004. 1694 p.
9. Дмитриев А.Я., Вашуков Ю.А., Митрошкина Т.А. Робастное проектирование и технологическая подготовка производства изделий авиационной техники / Учеб. пособие. Самара: СГАУ, 2016. 76 с.
10. Варжапетян А.Г. Современные инструменты менеджмента качества. Робастное проектирование. Ч. 1. Учебное пособие. СПб.: ГУАП, 2008. 172 с.