

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСА ПРОДУКТОВ, ПОДДЕРЖИВАЮЩЕГО РАЗВИТИЕ МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Фирстов Ю.П., Фёдоров П.Л.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия (115409, г. Москва, Каширское ш., 31.), e-mail: firstov_y@mail.ru

Современная экономика основывается на мощных массовых технологиях (производственных, потребительских, организационных и др.). При этом массовые технологии нового поколения все больше начинают выступать как инструменты глобальной интеграции. Они «собирают» в интегрированное целое поколение технологий, продуктов, потребителей и т.д. и формируют технико-экономический уклад. Изменения начинают происходить путем почти одновременной смены комплекса продуктов, технологий, потребителей (уклада) как целого. Они управляются отношениями свойств множества объектов, явными и неявными обратными связями, множеством творческих процессов разной природы. Оптимизация технических, экономических и др. решений должна, прежде всего, обеспечивать минимизацию рассогласований действия множества этих факторов. Это накладывает определенные условия на организацию систем технологических опций, продуктов, рыночных отношений и др. Нужно исследовать модели формирования продуктовых комплексов, поддерживающих согласованность развития технико-экономической системы (производства, продуктов, потребителей и др.), связанной с массовой технологией нового поколения. В статье получена элементарная модель формирования продуктового комплекса, поддерживающего совершенствование технологии массового производства. Приведены ее интерпретации. Выявлена роль стандартных приемов (введение обратной связи, конвейеризации, параллельного соединения и др.) в совершенствовании такого продуктового комплекса.

Ключевые слова: экономика инноваций, массовое производство, продуктовая ниша, эффективное развитие, механизм формирования.

MODEL OF FORMATION OF THE PRODUCT COMPLEX THAT SUPPORTS THE DEVELOPMENT OF MASS PRODUCTION OF A NEW GENERATION

Firstov U.P., Fedorov P.L.

National Research Nuclear University «MEPhI», (Kashirskoye shosse 31, Moscow, 115409, Russian Federation), e-mail: firstov_y@mail.ru

Modern economics is based on the powerful mass technologies (industrial, consumer, organizational, etc.). In addition, mass new generation technologies are beginning to act more and more as instruments of global integration. They "collect" in an integrated whole generation of technologies, products, customers, etc. and form the technical and economic order. Changes begin to occur by almost simultaneously changing of set of products, technologies, consumers as a whole. They are controlled by ratio of properties of a set of objects, explicit and implicit inverse relationships, and a lot of the creative processes of different nature. Optimization of technical, economic and other decisions should primarily ensure the minimization of mismatches of action of the set of these factors. It imposes certain conditions on the organization of systems of technological options, products, market relations etc. Need to explore models of formation of the product complexes, supporting the consistency of development of the technical and economic system (production, products, customers, and others.) associated with the mass technologies of new generation. In this article we obtain an elementary model of formation of the product complex that supports the improvement of mass production technology. Its interpretation presented. Revealed the role of standard techniques (introduction of inverse relationship, pipelining, parallel connection etc.) in the improvement of this product complex.

Keywords: economics of innovation, mass production, product niche, effective development, mechanism of formation

1. Особенность формирования продуктового комплекса в условиях инновационного развития.

Современная экономика основывается на мощных массовых технологиях (производственных, потребительских, организационных и др.) [1, 2, 3]. При этом новые поколения массовых технологий (называемых инновационными) начинают выступать как

инструменты глобальной интеграции. Они «собирают» в интегрированное целое комплексы технологий, продуктов, потребителей и формируют технико-экономические уклады [1,4].

Благодаря высокой интеграции изменения начинают происходить путем почти одновременной смены комплекса продуктов, технологий, потребителей (уклада) как целого. При этом важнейшей задачей становится достижение высокой согласованности изменений. Иначе массовые технологии не смогут развиваться [5]. При этом свойства продуктов должны одновременно поддерживать два процесса: совершенствование технологий производства и совершенствование технологий потребления. Если технологии производства и технологии потребления совершенствуются с накоплением рассогласований, то продуктовый поток разрушается. Важно определить: какими свойствами обладает продуктовый комплекс, если потребитель и производитель развиваются согласованно. Соответствующая модель могла бы использоваться как ориентир в решении задач оптимизации комплексов продуктов.

Для построения модели нужно рассматривать уровень представления комплекса продуктов (агрегаты или комплектующие, элементная база и др.), в котором свойства продуктов в наибольшей степени «чувствительны» к рассогласованию потребительских и производственных технологий. Имеется в виду следующее. Свойства крупных агрегатов в большей степени определяются потребительскими технологиями. Свойства комплектующих, например, в большей степени определяются изменениями технологий производства. Нужно анализировать продуктовый комплекс на уровне сбалансированного влияния изменений потребительских и производственных технологий. Таким уровнем является элементная база. Поэтому будем проводить исследование, прежде всего, в отношении элементной базы микроэлектроники.

В основе массовой технологии лежит массовый инструмент (массовый продукт). Будем ориентироваться на следующую модель [5] формирования и совершенствования этого объекта (как компонента элементной базы). Для решения каждой отдельной задачи (рис.1) можно предложить много вариантов специальных инструментов (сИ). Если задач много, число сИ быстро растет.

При сопоставлении сИ можно заметить, что среди них существуют сИ, вполне похожие по своей организации (рис.1). Пример: инструмент для сверления похож на инструмент для закручивания болтов.

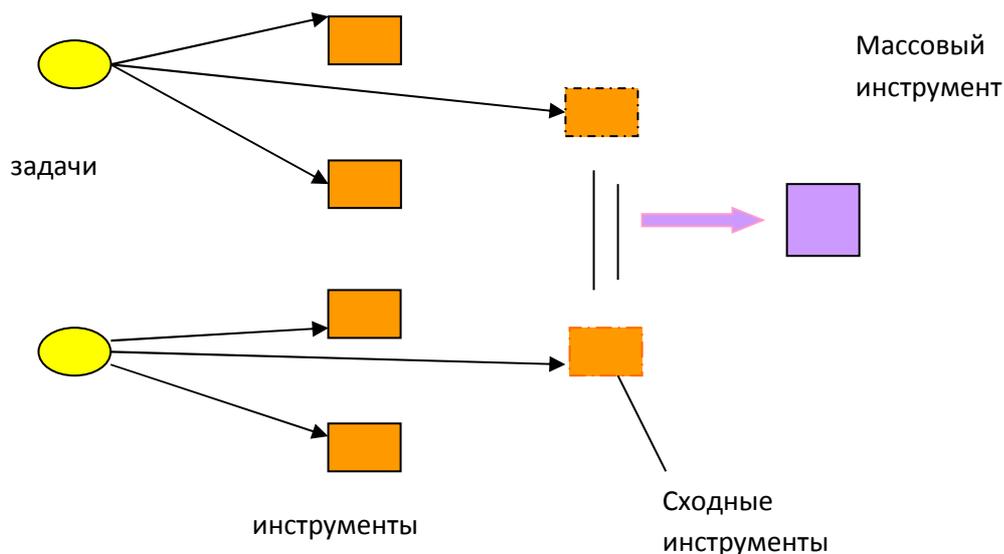


Рис. 1 Формирование массового инструмента

Это позволяет создать инструмент массового действия (МИ), в котором «склеены» специальные инструменты СИ (рис. 1) с аналогичной организацией.

Пример. Инструменты для сверления и для закручивания болтов можно «склеить» в один.

При решении каждой отдельной задачи МИ работает как соответствующий этой задаче СИ.

Таким образом, массовый инструмент способен решать все задачи. Это позволит для его совершенствования привлечь большие инвестиции (включить экономический механизм) и создать массовое производство. В результате этого можно оптимизировать технологию производства массового инструмента, улучшить его функциональные параметры, уменьшить стоимость и т.д. Кроме того, потребителям становится выгодно использовать постановки задач, удобные для применения именно массового инструмента. Поэтому происходит *изменение потребительской технологии* (задачи сегментируются в новом отношении, в отношении удобства массового изготовления решающего их инструмента).

Благодаря этому массовый инструмент превосходит все специальные, из которых он синтезирован. При этом массовый инструмент выполняет как техническую функцию, так и «включает» экономический механизм изменений. Его появление «запускает» цикл естественного совершенствования (технико-экономический процесс). В результате меняются задачи, специальные инструменты, технологии, массовый инструмент. Важно определить структуру этого цикла, модель формирования и совершенствования продуктового комплекса.

2. Модель цикла развития продуктового комплекса.

Рассмотрим пример – массовое производство и применение микроселектронных усилителей (объекта элементной базы микроселектроники). Это чипы сложных электронных устройств, которые имеют следующее свойство: при подаче на вход сигнала $U_{вх}$ на выходе образуется усиленный сигнал $U_{вых} = K U_{вх}$. Величина K называется коэффициентом усиления. Элементы производятся в одном технологическом цикле в числе нескольких тысяч штук на одной полупроводниковой пластине. Круг непосредственного применения получаемых интегральных схем относительно узок из-за свойственного массовому производству разброса и нестабильности параметров.

Улучшение параметров усилителя достигается, например, созданием новой технологии изготовления. Однако для получения инвестиций нужно сначала на *уже имеющейся технологии* расширить потребление продукции. Нужно определить новые варианты применения и выявить перспективные направления совершенствования технологии и продукта. Поэтому требуется организовать расширение применения продукта, незначительно меняя технологии производства. Следует определить совокупность приемов формирования такого комплекса продуктов. Их следует искать среди универсальных приемов улучшения параметров, свойственных высокотехнологичным отраслям (действительно, приемы расширения класса задач и приемы улучшения параметров должны совпадать).

Прежде всего, нужно определить возможности стандартных приемов формирования структур (обратная связь, конвейеризация, параллелизм и др.).

2.1 Использование обратной связи.

В рассматриваемом примере для расширения круга применений, прежде всего, необходимо уменьшить влияние нестабильности и разброса параметров на качество продукции. Для этого можно ввести отрицательную обратную связь (ОС). Принцип ее действия (рис.1) состоит в том, что часть потока с выхода ($U_{вых} * M$) возвращается на вход (со знаком минус). Величина M называется коэффициентом обратной связи.

Введение ОС уменьшает влияние разброса параметров продуктов при массовом производстве.

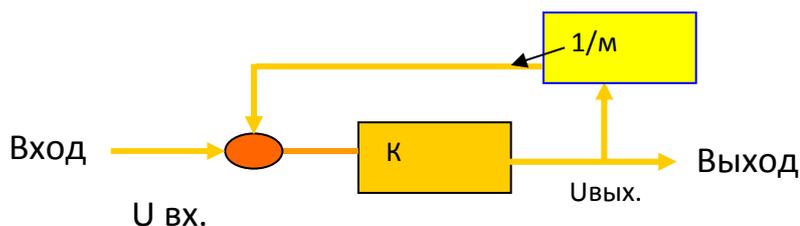


Рис. 2 Элемент, охваченный обратной связью

Пример. В массовом производстве трудно получить усилитель с точным требуемым значением коэффициента усиления ($K=U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$). После охвата усилителя обратной связью коэффициент усиления с обратной связью составит $U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}} = K/(1+MK)$.

Обычно диапазон величин составляет $K = 50-100$, $M= 0.1-1$, то $U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$ приблизительно равно $- 1/M$. Из этого следует важнейший результат: коэффициент усиления усилителя, охваченного ОС, определяются лишь значением величины M . Коэффициент усиления устанавливается точно выполняемым элементом в обратной связи. Значит, погрешности исполнения операционного усилителя в массовом производстве на величину коэффициента усиления не влияют. Это позволяет расширить область применения продукта за счет задач, в которых нужно точное значение коэффициента усиления. Кроме того, можно не отбраковывать произведенные усилители по значению K . Это значительно уменьшает стоимость.

Расширение круга задач применения позволяет определить направления оптимизации усилителя и технологии изготовления, т.к. выявляются новые цели оптимизации. В ходе совершенствования улучшаются качества усилителя. В этом случае становится возможным убрать обратную связь за отсутствием надобности. В результате появится набор оптимизированных специальных вариантов рассматриваемого усилителя (поддержанных небольшими совершенствованиями технологии производства), которые можно «склеить» в улучшенный массовый инструмент.

Для пояснения приведем следующую аналогию, более понятную для экономистов. Рабочему поручили выполнять новое задание, несколько отличающееся от стандартного. Для того, чтобы не сделать ошибок, он должен действовать с оглядкой, т.е. ввести обратную связь. Работая с обратной связью, он приобретает на новых задачах нужный опыт и совершенствует свою квалификацию. В результате обратная связь может стать уже не нужной.

Таким образом, введение обратной связи является приемом одновременного согласованного расширения (совершенствования) класса задач, технологии изготовления и продукта.

Позитивное влияние обратной связи сказывается на многих параметрах. Например, уменьшается влияние шумов до уровня, достаточного для массового применения. Однако при использовании отрицательной ОС снижаются величины полезных параметров, например, уменьшается быстродействие.

По этой причине дальнейшее развертывание комплекса продуктов должно использовать иной метод.

2.2 Использование конвейеризации элементов с обратной связью.

С целью расширения класса применений нужно восстановить полезные качества, теряемые при введении ОС. Можно использовать естественный прием конвейеризации (рис.2).

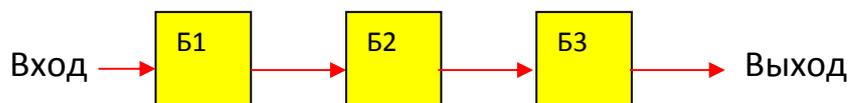


Рис.3 Конвейерная система

Скорость функционирования определяется быстродействием самого медленного элемента. Применение конвейерной схемы значительно повышает быстродействие, снижая негативные последствия введения обратной связи. Однако главное свойство конвейеризации состоит в следующем: в каждой секции естественным образом выделяется одно свойство (доминирующий параметр), по которому следует совершенствоваться. Например, в первом усилителе акцент делается на повышении точности, во втором – на проблемах обеспечения интерфейса с потребителем сигнала. Это резко упрощает задачу совершенствования усилителя для работы в секциях конвейера. Кроме того, удешевляется выпуск продукции, так как для включения в секции конвейера элементы нужно подбирать не по всей группе параметров, но по отдельным сегментам.

Рассмотрим аналогию. Все рабочие готовятся по общей учебной программе (универсальны). Однако в конвейере каждый из них выполняет только один тип операции (становится специальным).

Таким образом, в секциях конвейерных структур выделяются параметры массового продукта, которые следует совершенствовать для расширения его применения. При этом опыт, полученный в ходе эксплуатации и закреплённый в конструкции усовершенствованных усилителей, интегрируется путем «склеивания» их конструкций в массовом элементе (как описано в п.п. 1). Рассмотрим аналогию. Рабочие подготовлены на базе универсального учебного курса. На выделенном месте в заново созданном конвейере каждый из них быстро приобретает дополнительные особенные навыки, создает специальные инструменты. Происходит естественное совершенствование знаний каждого рабочего. Создается набор знаний, по которым должен совершенствоваться общий учебный курс.

Прием конвейеризации обладает еще одним важным свойством. Создаются условия для собственного процесса совершенствования задач применения, связанных с производимым массовым продуктом. Действительно, сформировав конвейерную структуру, мы определяем решаемую ею наиболее сложную задачу. Эта задача оказывается структурированной (она состоит из последовательности задач, решаемых в секциях

конвейера). Она оказывается естественно дивизионированной (разложенной на части). Например, формируется многокаскадный усилитель, в котором в разных секциях решаются задачи разного типа. Таким образом, сложная функция усиления представляется как совокупность вполне универсальных задач усиления с разными свойствами. Эти задачи по отдельности встречаются во многих различных применениях. Благодаря этому возникают процессы совершенствования частей сложной задачи. Например, вариант усилителя, оптимизированный для первой секции, оказывается полезным для многих применений. Его появление вызывает естественное совершенствование задач, вскрывает новые возможности потребления.

Аналогично, рабочие, получившие задачи в созданной конвейерной системе сложного технологического процесса, могут рассматривать возможности применения своих знаний и инструментов в иных технологических системах меньшей сложности (т.е. стремятся расширить круг применений).

Таким образом, конвейерная система совершенствуется во множестве процессов совершенствования ее частей, расширяя круг задач для применения массового продукта.

Проблема создания конвейеров состоит в том, что неоптимальное решение даже одного из блоков (например, снижение быстродействия) делает бесполезными хорошие качества других. Нужно одновременно искать очень точные согласованные решения всех блоков. При усложнении конвейера это затрудняется. Значит, для расширения продуктового потока нужен новый прием, который не требует тщательного определения новых решений (т.е. снимает проблему развития конвейера).

2.3 Использование параллельно-конвейерного соединения элементов с обратной связью.

Смысл приема создания конвейерно-параллельной структуры поясняется рисунком 3. Поясим его смысл, используя аналогию. Если во второй секции конвейера отсутствует рабочий, способный быстро работать, то ставят двух рабочих, «включающихся» поочередно.

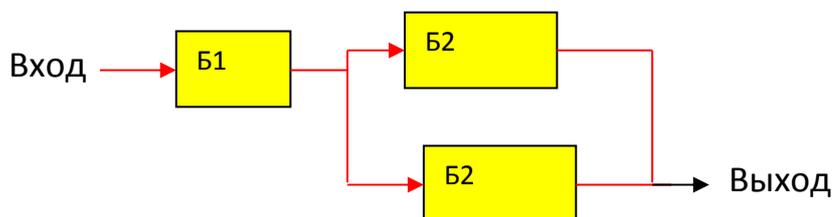


Рис. 4 Параллельная система

При это важно, чтобы время выполнения задания каждым элементом во второй секции не превышало $2T$, где T - время выполнения задания элементом первой секции. Таким образом, нет необходимости в точном подборе элементов второй секции (в отличие от конвейера). Этот прием позволяет продолжать расширение класса задач применения без

слишком точного подбора и оптимизации включаемых элементов (продуктов). В ходе практической деятельности варианты будут оптимизированы и их можно будет их «склеить» в массовый продукт (см. п.п.1).

Параллельно включаемые элементы точно не подбираются и функционируют на не оптимально выбранных задачах применения. Поэтому сложность задач применения вынужденно должна быть понижена. Значит, включенный массовый инструмент будет функционировать не во всей полноте, а в некоторой части. Например, на рис.3 при параллельном включении усилителей «верхний» усилитель усиливает преимущественно высокочастотную часть сигнала, нижний – преимущественно низкочастотную часть сигнала. Аналогично, например, двое рабочих выполняют параллельно не вполне знакомые им работы и не вполне ясно описанные. Естественно, они не должны использовать сложные приемы, задачи не должны быть сложными.

Таким образом, массовый инструмент в ячейках конвейерной сети функционирует как бы в упрощенных вариантах. При этом совершенствуется та часть его содержания, на которую «ложится» основная нагрузка. Например, рабочий оттачивает умение использовать одну небольшую часть знаний.

Таким образом, *параллельная система формирует класс задач для дивизионирования массового инструмента*, т.е. создает условия для совершенствования отдельных элементов внутренней структуры. Проблема использования параллельного включения состоит в том, что при дальнейшем расширении конвейерно-параллельной системы приходится включать все больше массовых инструментов, которые функционируют с постоянным снижением оптимальности подобранных задач, включают небольшую часть своих функциональных ресурсов. Это приводит к уменьшению эффективности использования инструментов в сети, непропорциональному росту затрат при расширении класса задач. Следует применять новый прием.

2.4 Имитационное развитие.

Поставленная проблема решается созданием универсального инструмента (УИ), имитирующего функционирование сразу нескольких элементов сети (рис. 4). Это оказывается возможным в связи с упрощением выполняемых элементами функций и «простоями». Поясним это на аналогии. В сети функционируют рабочие, деятельность которых трудно согласовать. Они выполняют отдельные, не слишком сложные для них операции. Тогда один высококвалифицированный рабочий может выполнять их функции, перемещаясь по задачам в сети. При этом он с пользой использует промежутки времени, связанные с моментами «простоя» функционирования разных элементов.

В организации массового инструмента появляется новое качество, не требующее изменения технологии производства: он ориентирован на работу в сети, у него появляются средства интерфейса и др. Выполнение функций организуется в порядке, эффективном для работы в сети. Благодаря применению такого инструмента решается проблема дальнейшего расширения круга задач, на которых может происходить совершенствование массового продукта.

Пример. Универсальный микропроцессор (неймановская архитектура) может имитировать функционирование любого специального устройства. Однако время выполнения операций при имитации может быть очень большим. Поэтому для универсальных микропроцессоров требуется значительное повышение быстродействия, например, путем улучшения технологии производства (уменьшения размера транзистора). Такие затраты на совершенствование технологии производства становятся обоснованными, если использование универсального процессора открывает широкий круг применений, в которых происходит совершенствование аппаратной среды.

В вычислительной технике процесс совершенствования на рассматриваемом этапе приобретает, например, следующую форму.

Для высокопроизводительных вычислений создается специальный микропроцессор для класса задач. На его основе эффективно формируются конвейерно-параллельные сети. На этапе универсализации в микропроцессор вводятся средства, соответствующие универсальному процессору (элементы неймановской архитектуры) и средства интерфейса. Таким образом, производится универсализация специального аппаратного процессора. Вследствие этого специфика новых задач все в большей части отражается в содержании программного обеспечения (ПО), а не аппаратной среды. Развитие программного обеспечения позволяет привлечь финансовые средства и выявляет направления естественного совершенствования производства электроники как целого, в том числе и аппаратной среды микропроцессора. Например, это приводит к уменьшению размера транзистора, что порождает волну совершенствования решений, созданных на предыдущих этапах развития.

Таким образом, цикл совершенствования массового инструмента (массового продукта) может происходить путем его включения в стандартные объединения (обратная связь, конвейерное включение, параллельное включение, универсализация).

Выводы

Инновационные технологии формируют все более взаимосвязанные комплексы производств, продуктов, потребителей. Это определяет условия организации продуктовых комплексов, поддерживающих согласованность развития. Особенно это касается продукции

на уровне элементной базы. Продуктовый комплекс, поддерживающий согласованность развития инновационной технологии производства, может формироваться на основе применения описанной последовательности приемов (введение обратной связи, конвейеризация, параллелизм, универсализация).

Список литературы

1. Елкин С.В., Петровский А.Н., Фирстов Ю.П. Проблемы исследования динамики нового поколения технологий. // Инновационная деятельность – 2013 – №3 (26) – С. 10-17.
2. Елкин С.В., Фирстов Ю.П. Техничко-экономический анализ трансформации в новый технологический уклад. НТИ сер.1 – 2011 – №7 – С. 6-15.
3. Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике. // Под ред. С.Ю. Глазьева и В.В. Харитонов. – М.: «Тривант», 2009. – 256 с. (+48 цв.илл.).
4. Фирстов Ю.П. Особенности смены комплексов технологий в инновационной экономике. // Вестник Университета – №2 – М.: «Государственный Университет Управления», 2009. – С. 316-319.
5. Фирстов Ю.П., Хуснияров М.Р. Особенность прогнозирования научно-технического развития в экономике инноваций // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4; URL: www.science-education.ru/110-9498

Рецензенты:

Тупчиенко В.А., д.э.н., профессор, профессор кафедры «Управление бизнес-проектами», Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва;

Путилов А.В., д.т.н., профессор, декан факультета управления и экономики высоких технологий, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва.