### МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ КОЗЬМЫ МИНИНА»

На правах рукописи

Гарина Екатерина Петровна

## ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ СЛОЖНОГО ПРОДУКТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Специальность: **5.2.3** – Региональная и отраслевая экономика (Экономика промышленности)

#### Диссертация

на соискание ученой степени доктора экономических наук

Научный консультант: доктор экономических наук, профессор Кузнецов Виктор Павлович

#### СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ТРАНСФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗВИТИИ ПРОДУКТА	
МАШИНОСТРОЕНИЯ КАК ОБЪЕКТИВНЫЙ ФАКТОР	
ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТА	
1.1. Эволюция подходов к разработке продукта в мировой практике и в	
практике отечественного машиностроения	20
1.2. Формирование систем разработки продукта: современные подходы	
и комплексные решения	35
1.3. Тенденции и детерминанты формирования и развития систем	
разработки продукта в машиностроении	50
2. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ	
РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТА	
2.1. Разработка продукта, ее экономические результаты	77
2.2. Системы разработки продукта: экономико-технологическое	
содержание в машиностроении, элементный состав	99
2.3. Архитектурные композиции систем создания продукта в условиях	
их постоянной трансформации	115
2.4. Концепция системы разработки продукта. Методы и подходы к	
концептуальному проектированию и развитию экономически	
эффективных систем разработки продуктов	127
3. МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ СИСТЕМ	
РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ	
МАШИНОСТРОЕНИЯ	
3.1. Методология формирования системы разработки продукта, как	
совокупность связанных моделей, методов и инструментария	144
3.2. Методология комплексного проектирования системы разработки	
продукта, где альтернативная эффективность конфигурации продукта и	
выбора поставщика определяется на основе сравнительного	
преимущества	154
3.3. Система оценки стоимости разработки продукта как ведущего	

параметра	164
3.4. Система оценки эффективности, результативности, развития	
процесса разработки продукта	187
4. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ	
РАЗРАБОТКИ СЛОЖНОГО ПРОДУКТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ	
МАШИНОСТРОЕНИЯ	
4.1. Методический подход к формированию системы разработки	
продукта	205
4.2. Технология определения стоимости разработки продукта в	
машиностроении	218
4.3. Определение эффективности системы разработки продукта с	
позиций оценки сложности создаваемого продукта, сравнительного	
анализа, бережливых технологий	230
5. РЕШЕНИЯ ПО ФОРМИРОВАНИЮ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ	
ПРОДУКТА МАШИНОСТРОЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РОСТА ИХ	
СЛОЖНОСТИ	
5.1. Организационные меры как предпосылки успешной разработки	
продукта в контексте стратегии освоения множества продуктов	
(семейства продуктов)	248
5.2. Формирование совместной платформы «продукт – производство» в	
условиях вариантности оценки ее стоимости	256
5.3. Разработка унифицированной продуктовой платформы в контексте	
экономически эффективных стратегий развития продукта	277
5.4. Изменения системы разработки продукта под фактические условия	
её реализации	289
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	314
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	334
ПРИЛОЖЕНИЯ	362

#### **ВВЕДЕНИЕ**

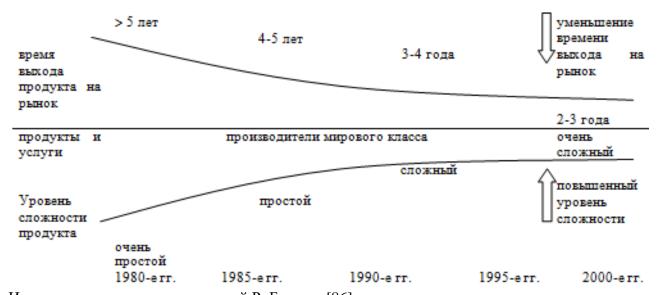
Актуальность исследования. Прикладные исследования и разработка высокотехнологичного продукта, новейших технологий и инноваций: проектно-конструкторские работы и технико-экономическое сопровождение выступают «точками прорыва», стратегическими результатами, заявленными в Национальной технологической инициативе по модернизации и развитию экономики РФ. Формирование долгосрочных конкурентных преимуществ предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности, в т.ч. машиностроения, за счет применения систем разработки (РD-систем) и управления продуктом (PLM-систем), начиная с 1990-2020-х гг. в контексте реализации WCM-подхода (Производство мирового класса) подтверждается релевантными практиками лидеров отрасли (таблица 1), обеспечивая:

Таблица 1 – Стратегические направления развития производителей – лидеров автомобилестроения (подотрасли машиностроения) за счет применения современных технологий разработки продукта (PD-технологий) с конца 1990-х до 2020-х гг. (фрагмент)

Стратегии	Chrysler	Ford	Honda	Toyota	BMW	$\mathbf{V}\mathbf{W}$	Rover
Платформа продукта (Platform	+						
Organisation)							
Сбалансированная матрица		+	+	+	+	+	+
(Balanced Matrix)							
Единый центр развития (Single	+		+	+	+		+
development centre)							
Время, как ключевой фактор	+	+		+	+		
(lead time as a key driver)							
Высокая интеграция	+		+	+			+
поставщиков (Higher Supplier							
Integration)							
Выделение «основной			+	+	+		
компетенции» (Core							
Competence Models)							
Альянсы по разработке		+				+	+
продуктов (Product Development							
Alliances)							
Открытая архитектура продукта	+	+	+	+		+	
(Overt Product Platform Strategy)							

Источник: систематизировано автором по данным ENAPS (база данных лидеров отрасли), по данным официальных сайтов производителей

- сокращение инженерных часов на концептуализацию продукта за счет применения PD-технологий и времени его запуска в производство на ~ 25% посредством точной координации действий «технолог-конструктор»<sup>1</sup>, где различия производителей в инженерных часах определяются логистикой, элементов<sup>2</sup> и платформенной насыщенностью PD-систем, количеством изначальной сложностью продуктов позиции технологического  $\mathbf{c}$ экономического инжиниринга. И это – на фоне увеличения разнообразия и уровня сложности продукта в %-ном соотношении с «простого» в 1990-х гг. до «очень сложного» в 2020-хх гг. по машиностроению в целом. Как результат – сокращение времени вывода нового продукта на рынок с 5 лет до диапазона 2-3 года (рисунок 1).



Источник: на основе исследований Р. Бергера [86]

Рисунок 1 – Увеличение сложности продукта машиностроения и сокращение времени его коммерциализации

 сокращение стоимости разработки продукта, зависимой от специализации производителя и достигающей диапазона 4,2-13,8

 $^1$  Усредненное время реализации проекта производителями мирового класса составляет 55,7 мес.; среднее значение инженерных часов на проект 2,75 тыс. час., доля уникальных элементов продукта 72 %

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Рост количества используемых элементов (компонентов) более чем в 5 раз, где более половины устанавливаются только на 5% конечных продуктов

тыс.руб./час у лидеров отрасли и от 27,6 тыс.руб./час и более в Российской Федерации (таблица 2).

Таблица 2 — Стоимость разработки продукта в 2020-х гг. в практике WCMлидеров отрасли машиностроения

Этап разработки	Стоимость разработки продукта, тыс. руб./час	Суммарная стоимость разработки, тыс. руб
Концепция продукта	4,2-9,68	921,97 и выше
Дизайн продукта	4,2–9,68	921,97 и выше
Механический дизайн	4,2–11,52	460,98-921,97
Индустриальный дизайн	4,2–13,82	460,98 - 921,97
Прототипирование	4,6–11,06	184,39 и выше
Дизайн электроники	10,0–13,82	921,97 и выше
Архитектурный дизайн	3,22 -6,91	10% от общей стоимости продукта

Источник: группа показателей системы ENAPS, аналитические данные (URL: https://www.cadcrowd.com/blog/new-concept-design-costs-engineering-prices-product-development-services-rates/); (https://www.riganelli.ca/articles/the-costs-of-hiring-a-product-design-firm)

При том, что последующий двух-кратный рост вариантов продукта обуславливает рост затраты на единицу продукта на ~20-30%, в том числе за счет увеличения стоимости его компонентов в 2020-х гг. с 13,7% до 30,9%.

Изменение элементной насыщенности продукта, рост сложности и стоимости разработки продукта; необходимость формирования единых положений и нормативов разработки продукта в «макросистеме» всей технологической цепочки; необходимость совокупности участников обоснования пространства решений разработке экономического ПО современного продукта отрасли предопределяет потенциал темы к развитию вопросов:

совершенствования разработки продукта и возможности использования общих, унифицированных элементов в продукте при сохранении на высоком уровне отличительных особенностей отдельных продуктов, что позволит реализовать эффект экономии от масштаба производства за счет высокого уровня общности между вариантами продукта; уменьшить показатель сложности при сохранении продуктового разнообразия, повысить экономическую эффективность и результативность разработки продукта;

формирования универсальной системы разработки продукта на основе сочетания ряда концепций (комплексной разработки продукта, управления жизненным циклом продукта, др.) на начальных этапах концептуализации продукта, позволяя сократить количество инженерных часов на его проектирование, изменить уровень сложности продукта, повсеместно определяемый современными технологическим достижениями и производственными парадигмами, что позволит уменьшить стоимость разработки продукта;

– управления сложностью посредством: а) взаимодействия, кооперации производителя и стейкхолдеров, в условиях, когда аутсорсинг<sup>3</sup> со сравнительно небольшой добавленной стоимостью, офшоринг операции с более высокой добавленной стоимостью инженерных и R@D-работ, показали снижение эффективности своего использования, часто заменяясь инсорсингом операций; б) строгого структурирования архитектуры продукта через: стандартизацию продукта и процессов его разработки. Цель – относительное снижение стоимости разработки продукта;

– формирования и контроля затрат на этапе разработки продукта; управления цепочкой создания стоимости продукта, убывающая доля производителей конечного продукта (англ. ОЕМ-производителя) которая объясняется: современной ролью поставщиков первого, второго и последующих уровней (англ. FTSs/OES/OEM/ поставщиков), определяющих большую часть результатов в отношении продукта с позиции создаваемой добавленной стоимости.

Комплексную разработку продукта машиностроения eë экономическую эффективность в исследовании предлагается решать посредством формирования универсальной интегрированной разработки продукта, определяя потенциал темы исследования экономическом ее содержании.

 $<sup>^3</sup>$  по статистике, внешние расходы на аутсорсинг в 2010-2020-е гг. в отрасли составляют  $\sim$  806,19 млрд руб. в год

Степень разработанности проблемы. Теоретико-методологическим базисом современных исследований в области разработки продукта являются работы ряда авторов. К зарубежным ведущим исследованиям можно отнести труды Ю.Акао, С.Альджорефани, М.Андреасена, В.Барнетта, Н.Бокена, К. Баккера, Дж.Бауэра, В.Боулдинга, Т.Браунинга, М.Бура, Дж.Вебера, Б.Вернера, А. Гриффина, К. Кана, К.Кларка, Д.Клаузинга, М.Кристена, Дж.Криштиану, Р.Коллинза, Р.Купера, Р.Логендрана, Дж.Невинса, Х.Такеучи, И.Тонака, С.Пью, С.Уилрайта, Д.Уитни, К.Ульриха, А.Урбани, Т.Фудзимото, А.Фогеле, Дж.Фримана, П.Чекленда, Р. Чейза, С.Эджетта, С.Эппингера, К отечественным – М.Я.Веселовского, О.В. Глебову, Р.С.Голова, С.С.Голубева, А.Д. Бобрышева, Е.В.Джамай, П.А.Дроговоза, Л.С.Зеленцовой, А.Е.Карлика, В.В. Клочкова, Л.В. Кох, Т.О.Толстых, И.Е.Селезневой, А.И. Шинкевич, Е.В. Шкарупеты, А.В.Юдина, полагающих, продукта не может формироваться разработка производственной системы производителя, и выступающих за параллельное проектирование систем продукта и производства. Вместе с тем, в трудах что на практике полная авторов отмечается, интеграция процессов разработки продукта и планирования производственной системы почти не достигается, при этом являясь постоянным источником циклов доработки под потребности конкретного производства, и во многом зависит от допущений и стабильности входных данных, применяемого разнообразия инструментов и методов, увеличивает затраты и риск координации. Это не позволяет систематизировать текущую практику, единую создать формализованную систему или методологию реализации и требует дальнейшего развития подхода в части его практико-ориентированности.

Развитие методических и прикладных основ разработки продукта представлено в трудах таких ученых, как О.В.Грачевой, О.В.Глебовой, В.В.Клочкова, О.Ю.Мельникова, А.И.Шинкевича, С. Ансари, Д.Бен-Арье, В. Бейтца, Х.Вана, Дж.Вомак, И. Гёпферта, А.Гриффина, С.Дженкинса, Т.Истона, Э.Кадзуми, С.Квонга, Х.Луо, П.Ноэ, Г.Паля, Т.Симпсона, П.Смита,

К.Шлиффенбахера, М.Хаммера, Т.Хиллбранда, Х.Хуанга, Дж.Танаки, Ю.Цао, Дж. Чампи, и др., которые предлагают различные управленческие и организационные стратегии сочетания развития производства и систем управления продукта, и при этом авторами параллельную разработку продуктов и процессов (корпоративных систем) предлагается дополнять процессами логистического обеспечения, управлением операциями, инвестиционным сопровождением и др., преобразуя комплексное, системное, интегрированное выполнения проекта, дополняя концепциями сложного продукта и систем. Тем не менее, авторы не занимаются вопросами ранней интеграции продуктовых и производственных систем, останавливаясь только на этапе «Дизайн» жизненного цикла продукта, формирования и контроля затрат, индивидуализацией продукта под запросы потребителя, адаптационным интеграционным взаимодействием стейкхолдеров системы через достижение баланса интересов. В то время как, необходимость именно раннего рассмотрения аспектов комплексной разработки продукта, на этапе «Концептуализации», определяет экономикотехнологическую эффективность проектирования продукта и во многом определяет достигаемые конечные результаты.

Сосредоточение внимания на процессе формирования продуктовых и интегрированного производственных систем как части концепции найти трудах управления И корпоративного развития онжом В А.М.Батьковского, И.Б.Гусевой, В.П.Кузнецова, Д.Н.Лапаева, Э.Игенбергса, Х.Вильдеманна, А.Гупта, В.Кришнана, К.Лайкера, Дж. Моргана, А. Санчеса, Х. Негеле, С. Прахалада, Э. Фрике, Дж.Хуана, Л.Чжана, Х.ЭльМараги, К. Ульриха, С. Эппингера. Однако в трудах ученых решается как правило отдельная практико-ориентированная задача, и не выделяется акцент на унификацию, стандартизацию системы разработки продукта и ее образующих элементов; их масштабировании, пролонгации проекты. Что достигнутых результатов последующие определяет необходимость разработки решения задачи единого подхода К

формированию системы разработки современного продукта машиностроения, характеризующегося значительной вариативностью и сложностью.

В области экономических исследований анализ и интерпретация результатов развития интеграционных конфигурируемых систем продукта представлен в трудах И.А.Трониной, С.Г.Фалько, В.В.Клочкова, Д.Гейтенби, К.Исии, Д.Клаузинга, М.Мейера, Т.Рэндалла, Д.Робертсона, Дж.Тиссена, К.Ульриха, А.Урбани, Т.Филомена, К.Франца, П.Хиршманна, Г.Шуха, Г. Эриксона, В. Эверсхайма, К.Юнгеля, которые отмечают, что внутренняя сложность и затраты на сложность продукта возникают из-за большого количества его вариантов в отношении производственных процессов и говорит о необходимости управления разнообразием ресурсов. Что вариантов продуктов. А.Д.Бобрышев, М.Я.Веселовский, А.И.Шинкевич, Ф.Вебер, Т.Ёсикава, Дж.Лин, П.Миллер, С.Моралес, Г.Шух отмечают, что рост производственных затрат определяют трудности координации и управления системой из-за увеличения сложности производства и логистики. Л.А.Костыгова, А.М.Батьковский, Р.С.Голов, С.Гроткамп, П.Ратноу, Г.Рейнхарт, Л.Харви, П.Хорват, Ф.Феличе отмечают, что рост организационной и операционной сложности, обусловленной увеличением разнообразия в линейке продуктов, увеличивает средние производственные затраты на продукт, приводит к более высоким коммерческим расходам. Все перечисленное свидетельствует о необходимости акцента внимания разработчиков на экономическое пространство решений при разработке продукта, на вопросы повышения результативности и эффективности деятельности предприятий за счет эффективной комплексной системы разработки продуктов.

Вышеперечисленное обусловило выбор темы, цели, постановку задач и структуру данного исследования.

Научная гипотеза исследования: развитие конкурентоспособного машиностроения в России возможно посредством формирования и развития систем разработки продукта отрасли.

**Цель исследования** — детерминирование системы разработки сложного продукта и её элементного состава с позиции обоснования экономического пространства решений для формирования долгосрочных конкурентных преимуществ предприятий отечественного машиностроения в условиях значительного роста стоимости разработки продукта отрасли.

#### Научные задачи:

- 1) исследовать существующие тенденции и подходы к разработке современного продукта машиностроения и обосновать вывод, на основе выявленных детерминант, о необходимости формирования универсальной архитектуры и элементного состава продукта машиностроения на этапе его концептуализации с учетом всех участников процесса разработки;
  - 2) сформировать комплексную систему разработки продукта;
- 3) предложить технологию подбора элементного состава продукта через обоснование экономической эффективности преимуществ альтернативного выбора;
- 4) сформировать модель многоцелевой системы разработки продукта, основанную на сочетании обязательных и переменных ее элементов;
- 5) предложить конструктор PD-системы с позиции формирования экономического пространства решений;
- 6) разработать систему оценки эффективности комплексной системы разработки продукта с градацией метрик (экономических в совокупности с технико-технологическими) на отдельных этапах разработки продукта исходя из сформированных рамочных решений конструктора PD-системы;
- 7) дополнить методику оценки экономической эффективности сформированной системы разработки продукта с позиции интеграционной сети участников системы и комплексной разработки альтернативных концепций продукта;

8) сравнить формируемую систему разработки продукта в контексте «интегрированная система участников» и «собственная разработка производителя» для подтверждения целесообразности предлагаемого решения.

**Объект исследования** – продукт машиностроительных предприятий, постоянно изменяющейся сложности и стоимости разработки.

**Предметом исследования** является многоцелевая комплексная система разработки продукта машиностроения, а также организационно-экономические отношения, обуславливающие процесс совместной разработки продукта и достижения баланса эффективности.

Теоретическая и методологическая база диссертации базируется на исследованиях отечественных, зарубежных ученых по проблемам экономики, совершенствования систем разработки И планирования продукта, производственных процессов И производственных предприятий машиностроения. Теоретической основой исследования стали философия параллельного проектирования систем продукта (СЕ-подход), комплексная разработка продукта (ІРД-концепция), современные подходы к разработке и оценке создания стоимости продукта – модель совершенствования бизнеса (модель EFQM), модель системы разработки продукта (модель ZOPH) и другие. Для решения задач исследования использовались общенаучные и эмпирические экономического методы исследования: экономическое наблюдение и эксперимент, функционально-стоимостной метод, балансовый метод, системный анализ и другие.

**Информационную базу** решения задач исследования образовали труды отечественных, зарубежных ученых: монографии, диссертации, научные статьи, в области формирования и развития систем разработки продукта и их экономического обоснования; формирования и развития производственных, корпоративных систем; отчеты Росстата, Министерства промышленности и торговли РФ, Министерства промышленности, торговли и предпринимательства Нижегородской области, аналитические материалы

экспертного сообщества; плановые показатели стратегий, дорожных карт, национальных проектов, программ развития. Подтверждение результатов научного исследование выполнено на основе анализа плановых и отчетных данных производственно-экономической деятельности ООО «АвтоКом», ПАО «ГАЗ», ООО «Луидор», ООО «ЛиАЗ» с апробацией и внедрением результатов; при проведении Министерством промышленности, торговли и предпринимательства Нижегородской области региональной политики; при реализации научно-практической деятельности НРО ВЭО, практической деятельности ЗАО «Институт ресурсосбережения», учебного процесса в НГПУ им. К. Минина.

**Нормативно-правовая основа** исследования — законодательные и нормативные акты, отражающие деятельность машиностроения в Российской Федерации с позиции регулирования и развития; документы стратегического планирования социально-экономического развития Российской Федерации.

Обоснованность результатов и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации, обеспечивается применением современных подходов к формированию универсальной интегрированной системы разработки продукта, определяя потенциал темы исследования в экономическом ее содержании; новыми организационно-экономическими подходами к совместной разработке продукта и достижения баланса эффективности, что подтверждается внедрением результатов исследования в деятельность предприятий отечественного машиностроения.

Соответствие паспорту научной специальности: область исследования: 5.2.3. – Региональная и отраслевая экономика Паспорта ВАК, в частности: п.2.1. Теоретико-методологические основы анализа проблем п.2.2. промышленного развития; Вопросы оценки И повышения эффективности хозяйственной деятельности на предприятиях и в отраслях промышленности; п.2.4. Закономерности функционирования и развития отраслей промышленности.

**Научная новизна:** развитие теоретических положений, разработка методических и практических рекомендаций по формированию многоцелевой комплексной системы разработки продукта на предприятиях машиностроения, как инструмента управления сложностью продукта и обеспечения современного уровня его конкурентоспособности за счет достижения баланса эффективности.

- 1. На основе систематизации существующих тенденций и подходов к разработке современного продукта машиностроения, определены детерминанты формирования универсальной архитектуры и элементного состава продукта машиностроения постоянно изменяющейся сложности, что позволило обосновать необходимость развития методологии совместной комплексной разработки продукта. Отличительной особенностью является: 1) замена разработки продукта с частичным аутсорсингом системным поставщикам на совместную комплексную разработку продукта в системе «производитель-стейкхолдеры»; 2) управление возрастающей сложностью продукта через стандартизацию части элементов формируемой системы пролонгация разработки продукта И ИХ В последующие 3) формирование элементного состава продукта на более раннем этапе разработки продукта – на этапе «Концептуализации» (противопоставляя предлагаемому в настоящее время этапу «Дизайн продукта»), что позволит: экономическо-технологическую обеспечить преемственность между производителем и его стейкхолдерами; пролонгацию существующего экономического и технологического задела; достичь целевых затрат по проекту за счет использования фактических данных.
- 2. Разработан концептуальный подход к формированию и развитию системы разработки продукта и ее системообразующих элементов с позиции универсальной комплексной разработки продукта, отличающийся от традиционного подхода: 1) выделением обязательного и переменного набора элементов при формировании интервала альтернатив конфигурации продукта; 2) управлением сложностью продукта через сформированный

интервал альтернатив конфигурации продукта, исходя из выбора поставщика с последующим расчетом показателя «вероятность сочетания альтернатив каждой подсистемы»<sup>4</sup>; 3) экономической и технолого-технической оценкой атрибутов компонентов на ранних этапах, что позволяет сочетать элементные компоненты с использованием фактических данных уже на этапе разработки продукта. Авторский подход также предполагает формирование связей между элементами исходных систем (продуктовых, производственных) посредством систематизации результатов «наилучшего их проектирования», сопоставления через «критические точки», исчисляемого целеполагания и параметры согласования, такие как стоимость систем, эффективность, производительность, что позволяет заинтересованным сторонам планировать объемы и сроки поставки продукта в производство на этапе разработки продукта.

- 3. Система разработки продукта разработана в ее элементном содержании и в технологии выбора элементов системы, дополнена использованием расчетного индекса (I<sup>i</sup>PD), который считается как отношение индекса важности к сравнительной стоимости отдельной характеристики продукта или его компонента, и, в отличие от существующих практик относительных экспертных оценок, позволяет лицам, принимающим решение, обосновать использование отдельного элемента в системе на основе фактических расчетных данных. Также индекс позволяет: а) учитывать стоимость неодинаковых типов носителей ценностей, б) формировать баланс эффективности каждого шага PD, что обеспечивает системе свойство универсальности, позволяя тиражировать практику в последующие проекты разработки продукта.
- 4. Предложена модель многоцелевой комплексной системы разработки продукта в условиях альтернативности выбора обязательных и переменных её компонентов. Модель сформирована в виде корреляционной матрицы,

4 Обязательной (унифицированной) и переменной частей системы

-

учитывает экономические проектные переменные, реализует технологию выбора отдельного элемента системы с использованием расчетного индекса (ГРР). В отличие от существующих моделей оценки: 1) экономическая переменная оценивается в модели в виде разных типов стоимости и выступает параметром альтернативного выбора, а не результатом процесса разработки продукта; кроме того, 2) градация результатов оценки, дает возможность рекомбинации обязательных (унифицированных) и переменных элементных компонентов; что позволяет выполнять расчетную сравнительную оценку не только технологической, но и экономической эффективности компонентов системы.

- конструктор PD-системы, как Разработан инструментальное обеспечение технологии оценки стоимости разрабатываемого продукта по центрам затрат исходя из альтернативного выбора его элементов. Авторское отличие в моделировании конструктора системы разработки продукта заключается: а) в привязке подмножества системы к приращению стоимости учетом роста сложности, б) в рассмотрении групп показателей (экономических, технических, технологических) «в связке» в условиях альтернативности выбора. Использование конструктора позволяет «сдвинуть» возможность оценки стоимости разрабатываемого продукта с «Дизайн» разработки более этапа продукта ранний на этап «Концептуализацию».
- 6. Предложена система оценки эффективности комплексной интегрированной системы разработки продукта, включающая систему критериев оценки на отдельных этапах разработки продукта: на ранних этапах через выражение «отсроченной полезности»; на средних этапах решения в виде оценки экономических преимуществ от реализации сетевого взаимодействия (производитель + стейкхолдеры); на поздних этапах в виде комбинации экономических и технических критериев. Новым является: 1) применение аналогового метода по показателям эффективности ТРМ в качестве эквивалента стоимости и включения бенчмаркинга в качестве

постоянного бизнес-процесса оценки эффективности разработки продукта; 2) разработка технологии оценки стоимости разрабатываемого продукта исходя из сформированных рамочных решений конструктора PD-системы через: сопоставление технических, технологических и экономических показателей «в связке» с диапазоном значений посредством сопоставления вводимых в технологию оценки индексов технических и технологических характеристик ( $I_{RTi}$ ) и индекса затрат ( $I_{Cost}$ ). Использование системы оценки позволяет: 1) соотнести разные типы стоимости (приращения ценности) принимаемых решений и создать пространство решений для минимизации потерь; 2) выбрать приоритетную элементную конструкцию системы из TPMальтернатив посредством расчета не только показателей эффективности, но и сметной стоимости продукта.

- 7. Дополнена методика оценки экономической эффективности системы комплексной разработки продукта постоянно изменяющейся сложности за счет учета ресурсов участников И неоднородности объектов ПО экономическим и технико-технологическим и показателям. Новизна в: 1) формировании критериев выбора, не только на уровне технологической, но и на уровне экономической системы с использованием экономических, технических и технологических показателей в натуральном и стоимостном выражении через реализацию отношений; 2) в предложении модели оценки экономической эффективности сформированной системы разработки продукта с позиции достаточности совокупных ресурсов интеграционной сети участников системы и наличия альтернативных концепций продукта. Предлагаемая модель позволяет максимизировать экономический результат в интервале значений при комплексной разработке путем соотнесения эталона с результатами выделенных альтернатив в условиях реализации проектов с высоким уровнем неопределенности и ограниченными данными по продукту.
- 8. Разработана методика сопоставления категорий «собственная разработка продукта» и «интегрированная разработка продукта совокупностью участников», позволяющая сделать итоговый выбор подхода

посредством наложения профилей процессов. Отличие предложенной методики сравнения в операционализации метрик показателей эффективности систем; в использовании авторских показателей «результативность системы», «фокус-индекс элемента системы».

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость состоит в развитии содержания категории «комплексная разработка продукта», включая: технологию выбора элементного состава продукта, где альтернативная экономическая эффективность конфигурации определяется основе сравнительного преимущества; продукта на методического подхода к формированию конструктора PD-системы с позиции обоснования экономического пространства решений; систему оценки эффективности комплексной системы разработки продукта с градацией метрик на отдельных этапах разработки продукта, дополняя теоретико-методологическим базисом современных исследований в области разработки продукта с позиции обоснования экономического пространства решений. Практическая значимость состоит в возможности применения результатов исследования при разработке продукта машиностроительных предприятий с динамичным разнотипным производством, выпускающих изменяющейся изделия постоянно сложности, ЧТО подтверждается апробацией и внедрением результатов по теме исследования на ряде предприятий отрасли, способствуя повышению эффективности разработки продукта.

Результаты исследования внедрены в учебный процесс посредством создания научно-методических материалов по дисциплинам «Формирование и развитие бизнес-процессов предприятий (организации)», «Бизнесмоделирование организации», «Создание продукта в промышленности», «Проектный менеджмент на производстве», «Экономика промышленного предприятия», «Технико-экономический анализ», «Технико-экономическое обоснование проектной деятельности предприятий», «Конструкторская,

технологическая и организационная подготовка производства», «Управление предприятием и технологический менеджмент».

**Апробация результатов исследования.** Научные и практические результаты диссертационного исследования представлены в докладах на международных и всероссийских научно-практических конференциях и размещены в открытом доступе в виде научных статей и монографий.

**Публикации.** Результаты исследования изложены в 71 научных работах общим объемом 157,8 п.л. (лично автора – 77,1 п.л.), в том числе в 12 монографиях, 19 – в журналах, индексируемых в базе Scopus и Web of Science, 31 – в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ, 9 – в статьях РИНЦ.

# 1. ТРАНСФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗВИТИИ ПРОДУКТА МАШИНОСТРОЕНИЯ КАК ОБЪЕКТИВНЫЙ ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТА

## 1.1. Эволюция подходов кразработке продукта в мировой практике и в практике отечественного машиностроения

В современной экономике можно выделить ряд подходов к разработке продукта отрасли, наибольше распространение из которых получили разработка продукта В рамках традиционного процесса развития производства (PDP-подход), философия параллельного, совместного проектирования систем «продукт-производство» (Concurrent Engineering – СЕ-подход) и комплексного развития продукта (IPD-подход):

С позиции разработки продукта в машиностроении PDP-подход развивается поступательно. 1 этап – начало XX века – продукт чаще всего ориентирован на массовое производство» унифицирован, (концепции Фредерика У.Тейлора и Генри Форда), запрос к его характеристикам со стороны потребителя не учитывается. Часто оценивается с позиции теории управления жизненным циклом продукта (PLM-стратегия). 2 этап – период 1960-1990-х гг. Товарное насыщение вследствии роста конкурентной борьбы между производителями в конечном итоге способствует появлению небольших нишевых сегментов рынков, действуя на которых, компании стремятся получить более высокую потребительскую ценность и более экономические выгоды за счет быстрого реагирования сильные индивидуальные запросы потребителя. Формируются предпосылки для индивидуальной настройки продуктов «под заказ». В 1980-х годах компании максимальное внимание качеству и конкурентоспособности уделяют продукта. Уровень разнообразия в это время связывается с тремя аспектами: конкурентоспособность масштаба на рынке, степень OT экономии

производства и различие потребительской ценности продукта. А в 1990-х годах – с диверсификацией продукта. В это время теория традиционной (PDP-подход) разработки продукта реализуется как: 1) проектноконструкторские работы по продукту (НИОКР); 2) разработка и оценка маркетинга. При продукта позиции ЭТОМ отмечается экономического и технологического обоснования. З этап – 2000-е года: • разработка продукта основывается на функциональной специализации и стандартизации процессов, на обеспечении адаптивности производственной среды под ассортиментный ряд продукта; • получает активное развитие R&D-деятельность.

Значительное распростанение PDP-подхода к разработке продукта в практике современного машиностроения, порзволяет выявить ряд недостатков:

1) «разрыв» и/или неадаптивность методов, инструментов, моделей сложных продуктов отрасли к существующим производственным системам производителя; 2) отрывочность и последовательность работ предопределяют дополнительные итерационные циклы, что в частности обуславливает существенный срок жизненного цикла проекта создания продукта (и/или его увеличение), а соответственно рост затрат (рисунок 2);



Источник: определение «точки безубыточности» (на основе [48])
 Рисунок 2 — Жизненный цикл продукта (РLС-цикл) с выделением
 эффекта «упущенных выгод»

3) задача разработки продукта вторична по отношению в производственным системам. 4) работы в PD-проекте фрагментарны — функциональные отделы (инжиниринг, производство, маркетинг, финансы и т.д.) концентрируются на своей доле работы и формируют отдельные, отрывочные навыки у исполнителей, что предопределяет генерацию ими ошибок на последующих этапах проекта; 5) наличие «тяжелой иерархии» управления: в функциональной структуре.

Определенные преобразования в подходе к развитию машиностроения через усиление значимости систем создания продукта осуществляются только в середине XX века. Предпосылкой изменений становится резкая трансформация покупательского спроса в сторону его увеличения на продукты массового производства, а также: • в 1970-х годах, обеспечение качества продукта отрасли посредством ритмичного и бездефектного его производства; • в 1980-х годах, обеспечение разнообразия ассортиментного перечня посредством развития и гибкости производства, повышения производительности процессов; • в 1990-х годах, обеспечение разнообразия ассортиментного перечня посредством выпуска новых, сложных, а • в 2000-х – высокотехнологичных продуктов. Из-за разницы, существующей между спросом и производственными возможностями в этот период, разработка продукта потребовала кросс-функциональную (или многофункциональную) деятельность исполнителей, обеспеченность согласованности процессов и инструментария, системности действий производителей. Именно в это время формируется вопрос равнозначности концепции производства и концепции продукта, а идея ранней вовлеченности технологов в процесс создания продукта получает развитие у: • Дж.Невинса, Д.Уитни и де Т.Фацио [234] – одних из самых ранних исследователей, выступавших за необходимость параллельного проектирования систем продукта и производства; К.Кларка и Т.Фудзимото [108], которые работая на фактологическом материале автомобильной промышленности, доказали необходимость формирования кросс-функциональных проектной межфункциональных, связей

деятельности; • в работах С.Уйлрайта и К.Кларка [320], занимающихся вопросами ранней интеграции корпоративных систем, к которым они относили совокупность производственных систем и систем создания продукта; • Б.Ву, Дж.Кей, В.Лукас, М.Беннетт [331], фокусирующихся на разработке производственных бизнес-процессов в рамках управления жизненным циклом продукта (PLM-стратегия), считающих, что система разработки продукта (РD-система) значима должна формироваться в связке с формированием производственных систем производителя, начиная с этапа «Дизайн продукта»; Х.Абдаллы [64], доказавшего необходимость раннего рассмотрения аспектов, связанных с жизненным циклом продукта, а именно функциональности, технологичности, надежности, стоимости и качества в РО-процессе его проектирования; • Н.Рузенбурга, Дж.Экельса описывающих технологию разработки продукта в контексте формирования и развития производственных систем; • Г.Паля, В. Бейтца, Дж. Фельдхузена и К. Гроте [239], выделившив системе разработке продукта этапы, (ворота, шлюзы), завершающиеся промежуточным контролем конструкций продукта и процессов их создания; • Р.Рида, Н.Сандерса [257], останавливающихся подробнее операционном уровне разработки продуктов на И производственных систем. Перечисленные труды отмечают значимость проектных решений по продукту на начальных стадиях его разработки с позиции стоимости, времени разработки, конечного финансового результата.

Сформированный научный задел в 1980-х-1990-х гг. используется в качестве базы совместном проектировании продуктовых при И производственных систем – CE-подход (Concurrent Engineering) параллельном проектированим систем создания продукта И производственных систем (SE-подход), разработанный и апробированный Х.Такеучи и И.Нонака [296] после ІІ Мировой войны, раскрываясь в традиционных системотехнических подходах и подходах к разработке продуктов. Современные авторы: М.Гейссдорфер, П. Саваже, Н.М.П. Бокен и Э.Дж. Халтинк [152] определили СЕ-подход как «систему, в которой потери минимизируются посредством «сужения» PLM-цикла в рамках реализации принципов 3R: сокращение, повторное использование и рециркуляция. К.Шетц [270] определил идею СЕ-философии в виде параллельного, совместного проектирования элементов систем «продукт-производство» и (кросс-функциональная связанных c ними элементов интеграция); В. Эверсхайм, Г. Шух [138] - как частичное или полное параллельное выполнение действий конструкторов и технологов; Л.Ларссон, Д.Ромеро [202] как интеграцию систем посредством перемещения границы возможностей производственной пространства системы системам продукта; Т-Ц. Куо, С.Х. Хуанг и Х.К. Чжан [201], определяющих потенциал продукта и производственной системы интеграции систем перекрывающейся области временного пространства, определяемой методологией проектирования и применяемыми технологиями производства, продукта В рассматриваемом контексте системы производство» пересекают традиционные границы (функциональные, такие как маркетинг и инженерия; организационные – совокупность корпораций; системные и др.), обеспечивая необходимый уровень функциональности, которого не достигают их составные элементы, за счет взаимодействия нескольких участников, выступая инструментом их сотрудничества в достижении общей цели. Окончательно СЕ-подход (SE-подход) формируется в конце XX в. в работах М. Андреасена [75], К.Кларка и С.Уилрайта [109] и К Ульриха с С. Эппингера [305, 306], а термин «параллельная инженерия» применяется в отчете Института анализа обороны США R-338 для объяснения систематического метода проектирования продукта и процесса [326]. Дж.Клитус [112] предоставил расширенное определение параллельной инженерии, которая затрагивает контекст инженерных исследований с позиции их синхронизации.

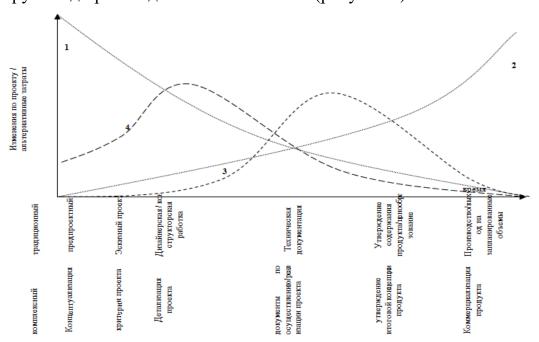
Исходя из вышесказанного, параллельное проектирование производственных систем и систем создания продукта реализуется посредством: 1) одновременных разработок концепции и структуры продукта,

а также инженерного сопровождения процессов; либо в виде 2) совместного проектирования продукта и производственных процессов. Подход обеспечивает сокращение общего времени выполнения проекта, может привести к снижению затрат, и повышение производительности труда. Экономия временных затрат достигается как за счет совмещения этапов работ, так и благодаря сокращению количества ошибок, которые могут быть допущены на начальных фазах проекта и не обнаруживаться вплоть до последней его стадии.

В практике машиностроения, запараллеленные системы на практике редко развиваются как монолитное целое, но формируются в процессе интеграции; то есть они «соединены»; интегрируемые компоненты находятся на разных этапах своего индивидуального жизненного цикла и могут быть разработаны с использованием разных стандартов и различных принципов проектирования; составляющими элементами являются, по крайней мере частично, независимые системы, которые были разработаны для выполнения отдельно определенных функций и продолжают выполнять это даже в отрыве от целого. Важнейшим условием реализации подхода выступает использование баз документооборота. единых данных, единого Интегрированные, многофункциональные команды (типичными являются: группы управления программой/проектом, проектно-производственные и технические группы, группы по разработке технологий, интегративные группы) соответственно работают вместе, синхронно «решая» несколько аспектов разработки новых продуктов. Ответственность за реализацию проекта распределяется между группами – участниками проекта. Например, разработчики производственных процессов не дожидаются завершения спецификации продукта, вместо чего они тесно интегрируются в процесс разработки концепции продукта, его дизайна. При этом существенное значение приобретает вопрос обеспечения добавленной стоимости продукта и показатели производительности.

Резюмируя вышесказанное, определяем: • совместное, параллельное проектирование продуктовых и производственных систем (СЕ-подход, SЕ-подход) дает возможность разработать в минимальные сроки продукт сравнительно недорогой и более высокого качества, чем при реализации PDP-подхода за счет развития межфункциональной интеграции и одновременном совместном проектировании различных видов продукта и предназначенных для его производства технологический процессов; • на уровне производства совместное, параллельное проектирование систем включает: 1) PD-процесс; 2) MSP-процесс (разработку производственной системы) и 3) производство, как фактическую реализацию замысла.

Однако, практика современного машиностроения, помимо преимуществ СЕ-подхода (SE-подхода), выявляет ряд недостатков: в то время как эмпирические работы показали связь между параллелизмом и разработки, более высокими скоростями некоторые исследователи утверждают, что параллелизм может увеличить затраты на разработку и риски для качества продукта [196] [288], может стать потенциальным источником циклов доработки [297], зависит от допущений, стабильности входных данных, изменений входных данных и скорости повторных работ. По факту часто не является процессом «plug-and-play», так как спецификация и этап концептуального проектирования продукта реализуется на первых этапах проекта, а полная интеграция процессов разработки продукта и планирования производственной системы почти не достигается [292]; перекрывающихся фаз сложность зависимого поведения затрудняет прогнозирование конечных результатов [335], поэтому хотя процессы межфункционального развития широко применяются рядом машиностроения (69%), показатель успеха проектов в 2000-х и последующих годах не улучшается и остается стабильным – 58-59% [81]. Перекрытие действий и этапов увеличивает затраты и риск координации, потому что работа на последующих этапах начинается с использования допущений [98]. С ростом фактов применения подхода под потребности конкретного производства, его инструменты и методы стали более разнообразными, а концепция размыта, что не позволяет систематизировать текущую практику, создать единый стандарт или методологию реализации. Рост сложности производства, а также увеличение сложности продукта, изменения в потребительких предпочтениях и др. определяют дальнейшее развитие СЕподхода (SE-подхода): в 1980-х-1990-х годах идея дополняется CoPSконцепцией (концепцией сложного продукта и систем) [174] с задачами по обеспечению контроля за критериями результативности в интеграционного взаимодействия стейкхолдеров по цепочке добавленной стоимости продукта, по расширению рыночных позиций производителя за счет «бизнеса, основанного на продуктах», где генерация продуктов формируется в бизнес-процесс, основанный на инновациях [242]. В 2007 году выстраивается содержательное описание СЕ-, SE-подходов, основой для следующего этапа – комплексной разработки продукта – разработки IPD-концепции, где система разработки продукта уже превалирует над производственной системой (рисунок 3).



где: 1. Влияние на стоимость, функциональные возможности продукта; 2. Стоимость изменений в продукте; 3. Параллельная разработка продукта; 4. Комплексная разработка продукта Источник: систематизировано автором через сопоставление SE-метода (параллельное проектирование систем «продукт-производство») [64],[104],[112], IPD (комплексная разработка продукта) [74],[107]

Рисунок 3 – Карта ключевых решений по продукту

#### Из рисунка:

- решения по продукту «сдвинуты» с этапа «Дизайн» на этап
   «Концептуализация», что снижает количество ошибок, как следствие повышается эффективность разработки продукта;
- фазы концептуализации, формирование критериев оценки и детализация притягивают на себя сравнительно больше усилий.

Соединение этапов проекта в случае комплексного подхода (по сравнению с параллельным) показано на рисунке 4.

EDO HUM	процесс параллельного проектирования					
ПРОДУКТ		DARRA FORMA FIRO	THE FEOTE A			
		РАЗРАБОТКА ПРО	ДУКТА			
					КОММЕРЦИ	<b>КИДАЕИЦА</b>
				ДОРАБОТКА ПРОДУКТА		
Решения по	Эскизный	Дизайнерская / ко	Техническая	Окончательное	Производство/выход	Коммерциализация
продукту	проект	нструкторская	документация	утверждение продукта	на запланированные	продукта
	-	работка		/ ценообразование	объемы производства	
	-				посредники	
инвесторы (собо	твенники)					
конструктора, п	роектировщики	производства				
	консультанты	по дизайну продукта	а, системы прои	зводства		
					ОЕМ-производители	
					диллеры	
		Ko	иплексный про	цесс проектирования		
ПРОДУКТ						
		РАЗРАБОТКА:	ПРОДУКТА			
					КОММЕРЦИА	<b>РИЦАЕИП</b>
		ДОРАБОТКА ПЕ	ОДУКТА			
Концептуализа	Разработка	Детализация	Документы	по уточнение системы/	Производство/выход	Коммерциализац
ция	критериев	проекта	реализации	утверждение	на запланированные	ия продукта
	проекта		проекта	итоговой концепции	объемы производства	
FTSs/OES/OEM- поставщики						
ОЕМ-производители, конструкторы, технологи						
инвесторы						
консультанты по дизайну продукта, системы производства						
_	диллер	ы				

Источник: систематизировано автором на основе сравнения: PD-процесса [117],[182] MSP-процесса (разработка производственных систем) [202],[239] SE-метода (параллельное проектирование) [64],[112],[234] IPD (комплексная разработка продукта) [74],[107],[161]

Рисунок 4 — Комплексная и параллельная разработка продукта в сравнении

В 2010-х гг. технологией развития машиностроения выступает интеграция систем создания продукта и производственных систем. Формируется концепция комплексного проектирования продукта (DIP-концепция) [130]. В современной экономике развитие подхода представлено с позиции: 1) «синхронной инжинирии» («параллельное проектирование

продукта») используются как синонимы – параллельная инженерия более распространена В американских экономических школах, синхронная инженерия – в области европейской школы, в качестве стратегии и методологии для разработки современного продукта производства [100], продукта» (IPD-подход), «Интегрированной разработке комплексного проектирования продукта (DIP) и др.[104]; 2) «инженерии корпоративных систем» – промышленная инженерия, технологии производства, разработка продукта, разработка корпоративных систем; 3) «систем качества» (TQMподход), в настоящее время получившее развитие в виде: «интегрированных производственных систем(СІМ-подход), «гибких производственных систем» будущего» (FMS-подход), (FOF-подход), «бережливого «завода производства» (Lean Manufacturing), «систем качества» (PROsys, LLC-подход) [54, C.37].

Идея трансдисциплинарного интегрированного выполнения проекта в настоящее время определяется рядом решений:

одновременным практикоприменением ряда концепций (таблица 3).
 Таблица 3 – Формы организации разработки продукта (PD) и их тенденции

Модель DP	Субъекты	Временной	Участие менеджмента	Природа знания
	действий	характер	в процессе принятия	
			решений	
Проект	Дизайнеры,	Срочный	Минимально	Дисциплинарный
	маркетологи			_
Параллельное	«Технический»	Постоянный	На уровне управления	Многопрофильный,
Проектирован	персонал	характер		склонный к
ие	(Инжиниринг)			междисциплинарному
Комплексная	Персонал с	Постоянный	На высоком уровне	Междисциплин-ый
разработка	разноплановой	характер	управления	
продуктов	подготовкой,			
	функционалом			
Управление	Персонал из	Постоянный	На высоком уровне	Трансдисциплинарны
жизненным	всех областей,	процессуаль	администрирования и	й
циклом	участвующих в	ный	управления	
продукта	DP-деят-ти			

Источник: систематизировано автором на основе сравнения: PD-процесса [117],[182], SE-метода (параллельное проектирование) [112],[234], IPD (комплексная разработка продукта) [270], PLM-концепции (управление жизненным циклом продукта) [295]

альтернативностью производственных парадигм, сопоставляемых по степени значимости (таблица 4):

Таблица 4 – Сравнение концепций «продукт» – «производство»\*

Сравниваемые	Концепция продукта	Концепция производства
показатели		
Идея	Удовлетворение спроса	Продукт, рассчитанный на массовый
	потребителя за счет предложения	спрос по доступным ценам
	уникального нового продукта с	
	фасширенным функционалом	
Средства	Улучшение продукта с течением	Повышение эффективности
реализации	времени	производства, коммерциализация
идеи		продукта
Задачи	Достижение заданных	Обеспечение эффекта масштаба
исполнителя	показателей качества продукта	
Акцент	Продукт	Производство

<sup>\*</sup> Различие между этими двумя концепциями заключается в том, что первая направлена на потребителей, на удовлетворение их потребностей. Тогда как фокус на производство направлен на производство самого «лучшего продукта» по самой низкой цене независимо от потребностей потребителей

Источник: систематизировано автором на основе сравнения: PD-процесса [117],[182], SE-метода (параллельное проектирование) [112],[234], IPD (комплексная разработка продукта) [270],

Исходя из чего гипотезой исследования выступает утверждение, что развитие современного машиностроения исходя из выявленной онтологии возможно посредством реализации положений IPD-концепции (комплексной разработки продукта) при разработке продукта; путем использования стратегической формирование гибких, альтернативы: адаптивных, интегрированных систем раработки продукта, нацеленных на соответствие будущим стратегиям устойчивого развития отрасли. В рассматриваемом приобретают определение контексте решающее значение вопросы: переосмысление содержания категории «продукт», проектных производственных практик разработки конкурентоспособного продукта отрасли посредством комплексного проектирования системы, использование адаптивных методологий, инструментария.

Под продуктом научным сообществом предлагается понимать: любой искусственно созданный объект, как то отдельные детали (нельзя разобрать без разрушения), узлы, агрегаты, системы, совокупность которых составляет структуру, настроенную соответствии сборки, его В аспектами функционирования или размещения [126]; конечный физический результат процесса; модели, технические объекты» (технические характеристики, макеты, прототипы, инженерные чертежи, процессы конструкции,

инструментарий, оборудование и программное обеспечение), состоящие из нескольких отдельных частей [149]; сложную систему взаимодействующих компонентов, полученную в результате трансформации возможностей производства посредством использования технологий; информации; как факт реализации проекта [99]; инженерные проекты, как-то: проектирование и создание заводских мощностей и процессов. А.Фогеле [311] развивает термин «продукт» еще дальше и под термином «продукт» включает в себя общую производительность, определяемую мощностью, ресурсным обеспечением и т.д.; цифровой результат — с правилами, стандартами, рекомендациями по дизайну.

Характерными чертами современного продукта машиностроения выступают многокомпонентность, наукоемкость, технологичность, новизна на уровне элементной насыщенности, физического выражения, технических условий, спецификаций, производственных систем, технологии производства в рамках реулизуемой производственной парадигмы (таблица 5).

Таблица 5 – Представления о продукте в производственных парадигмах

Парадигма	Позиция по продукту
Массовое производство	Идентичный / стандартизированный продукт
Массовая кастомизация	Модульный, настраиваемый продукты
Системы качества	Унифицированный продукт с повышенным качеством
Гибкое производство	Разнообразные продукты
Совместное конфигурирование	Адаптация продукта к запросам потребителя
Пост-массовая	Реконструируемый продукт с повторно используемыми
производственная парадигма	адаптивными компонентами
Устойчивое производство	Экзогенные продукты, где: Продукт = Функциональность
	+ Дизайн + Монетизация + Контент (информация в
	цифровом пространстве)

Источник: систематизировано автором посредством сопоставления производственных парадигм (на основе [66],[70],[136],[292],[306])

Вышесказанное позволяет определить, что продукт состоит из ряда элементов, каждый из которых имеет определенное количество вариантов. Элементами могут быть отдельные компоненты, но также сборки или целые изделия. Соответственно, структура продукта: «... модель, представляющая

продукт, которая включает в себя как элементный состав, так и действия по его компоновке». Г.Шух и У.Швенк [280] отводят структуре продукта важную, если не центральную роль как один из ключевых факторов в оптимизации производительности с точки зрения затрат и выгод, управления сложностью. Направления проектирования продукта часто представлены с позиции: 1) маркетинг; 2) инженерное проектирование систем; 3) организационный (организация производства); аспект процесса 4) операционный менеджмент, что предопределяет многообразие контекстному насыщению характеристик промышленного продукта, часто различающихся по уровню абстракции, критических факторов успеха, используемых переменных: (таблица 6).

Таблица 6 – Сравнение подходов к развитию промышленного производства в контексте создания продукта производства

Показатели	Маркетинг	Инженерное	Организация	Операционный
		проектирование	процесса	менеджмент
П.,	(		производства	
Продукт	«пучок	проектные решения	проектное решение	алгоритмы,
	атрибутов»,	в виде: модели,	в пром. дизайне,	технологии,
	сформированных с	макета, прототипов,	имеющее	методики развития,
	учетом мнения	чертежей,	материальное	РД-процессы,
	потребителей	конструкции,	выражение	бизнес-процессы
		инструментария		предприятия
Показатели	- доля рыночных	-функциональность	выстроенный	- эффективность
эффективности/	продаж	продукта	процесс	управления
результативности	- доля	- технические	производства	- уровень
	положительных	возможности,		управляемости
	отзывов о	производительность		процессов
	продукте,	- нновационность		- ремонтоприг-сть,
	- размер прибыли	- затраты		- время операций
Переменные	-	- технические	- производственная	- график
	функциональность	характеристики:	система	производства
	продукта	размер, форма,	- технологические	- дифференциация
	- ценовые	конфигурации	процессы	производства
	характеристики		- конфигурация	- дискретность
			цепочек поставок	процессов
Критические	- позиционир-ие	- конфигурация	- организационное	- реализация
факторы успеха	продукта	продукта	выравнивание	проекта
	- ценообразование	- производит-сть	- команда по	- логистика
	- удовлетвор-сть	- функциональность	проекту	
	потребностей	продукта		
	заказчика			
Критические	-	- целевые значения	- сроки;	- прототипирование
точки	функциональность	атрибутов продукта	- участники	продукта;
	- вариативность	- форма,	проекта;	- план

продукта;	конфигурация и	- механизм	производства,
-	промышленный	интеграц-ого	запуска,
коммерциализация	дизайн продукта,	взаимодействия;	- достижение
	- детальное проект-	- цепоча поставок	плановых
	е компонентов	- технологический	значений;
		процесс сборки	- коммерц-я
		продукта	продукта

Источник: систематизировано автором посредством сопоставления подходов к развитию промышленного производства в контексте создания продукта производства, представленных в таблице (на основе [18], [85], [109], [155])

Маркетинг продукта определяет стратегические цели для согласования продуктового портфеля компании на основе анализа рынка, альтернативы которых: инновации продукта, дифференциация продукта, стандартизация продукции, где продукт — «пучок атрибутов», конструкция с определенными параметрическими характеристиками, а критерий значимости продукта — «квалификатор заказа» (таблица 7).

Таблица 7 — Критерии конкурентоспособности промышленного продукта с позиции маркетинга

	«Победители заказа»	«Квалификаторы заказа»
Внешние	Цена, соблюдение технологий,	Время выполнения заказа,
приоритеты	технические требования,	технические требования, качество,
	номенклатура продукции	надежность поставок, цена
Внутренние	Себестоимость, качество	Гибкость нового продукта,
приоритеты		надежность, гибкость ассортимента

Источник: составлено автором (на основе подхода М.Янсити и Т.Косник [180])

В инженерном проектировании основными переменными выступают функциональность архитектура И продукта, стоимость продукта И определяемые ею затраты, технические возможности производителя. С позиции «Организация производства» продукт чаще всего материален, характеризуется инновационностью, технологичностью, качеством. Значимы конфигураторы систем, спецификации, ресурсообеспечение, характеристики производства, сборки [106]. В операционном менеджменте критериями оценки продукта выступают показатели финансового результата; эксплуатационные характеристики продукта. Переменные качество, гибкость, скорость, затраты [54, С.26]. Стоимость продукта определяется как:

 $Z_i = f_i(X_{1i}, X_{ki}..., t_{li}, t_{li}, S_1,...S_j, Y_i), i = 1...m$ , где  $Z_i$  — функция производства і-продукта,  $X_{li}$  — количество ресурса для производства і-продукта,  $t_{li}$ — время производства і-продукта,  $S_j$  — труд,  $Y_i$  - другие факторы.

В.Линнау использует термины «продукт» и «товар» как синонимы [210, С.18]. Однако можно выделить отличие дефиниций «продукт» и «товар» (таблица 8).

Таблица 8 – Сравнение дефиниций «продукт» и «товар»

	Товар	Продукт производства
под	всегда конечный продукт	помимо конечного,промежуточный
дефиницией	производства	результат, то есть возможна
понимается		последующая трансформация
спрос	потребителем,	потребителем и производителем, где
определяется	«максимизирующим» полезность	набор характеристик – это сочетание
	посредством выбора, формируя	полезности для потребителя и
	цели и технологию производства	технологическими возможностями
	для производителя на перспективу	производителя
предложение	стоимостью, полезностью товара,	совокупностью факторов потребления
определяется	т.е. факторами потребления	и производства

Источник: разработано автором (на основе трудов В.Линнау [210], В.Кришнан и К.Ульрих [200], К.Мурти [228])

Учитывая объем затронутой проблематики в контексте заявленной темы исследования, предлагаем рассмотреть отдельный структурный элемент темы — возможность систематизации и унификации решений по комплексной разработке продукта с последующей пролонгацией полученных результатов в последующие проекты через:

- управление жизненным циклом продукта, разработкой продукта;
- управление разработкой продукта с позиции системного подхода формирование системы разработки продукта;
- разработка методологий, моделей, инструментов адаптации и сформированной системы разработки продукта;
- экономическое обоснование целесообразности выполнения заявленных задач.

## 1.2. Формирование систем разработки продукта: современные подходы и комплексные решения

Предпосылками к формированию систем разработки продукта выступило эволюционное развитие дефиниции «продукт», реализуемое поэтапно. Остановимся на вопросе подробнее.

Технологические прорывы в 1950-1960-х гг. стимулируют развитие продукта машиностроения по направлению его структурной трансформации от единой монолитной единицы к многоуровневой системе, где, в соответствии с Г.Патзак, разнообразие продукта определяется количеством между этими элементами [244],элементов и связей процессы характеризуются распределенностью (аутсорсинг, офшоринг, др.). Продукт преобретает первые признаки сложности, обуславливаемые: а) увеличением элементов в системе; б) увеличением связей между элементами в системе. Способы уменьшения сложности: сокращение единиц компонентного ряда продукта или единиц хранения запасов (SKU-единиц) в соответствии с принципом Парето; уменьшение сложности организационных структур, сложности управления в корпоративных системах. Значение преобретают стандарты работы, упрощение архитектуры продукта. В 1980-1990-х годах «продукт» значим с позиции: взаимосвязи технологической составляющей и архитектуры продукта; различий природы элементов продукта, определяющих отношения в области производства, состава [212]; межсекторальности элементов [69]. Рост сложности этот период обусловлен: а) вариабельностью продукта [304],б) концептуальным разнообразием [295], в) изменчивостью атрибутов.

В 2000-2010-х годах продукт производства раскрывается в контексте категорий «новый продукт», «высокотехнологичный продукт», «наукоемкий продукт» «технически сложный продукт», и подразумевает соизмерение возрастающей сложности продукта с насыщенностью и динамикой его ассортиментного, модельного ряда, а также с производством, технологиями, с формируемыми производственными системами. Степень приобретаемой

продуктом сложности на этом этапе определяется как «мера того, как разнообразие элементов и их взаимосвязей может усложнить производственный процесс». Что позволяет сформировать гипотезу о: первичности инженерной идеи продукта над его потребительскими характеристиками; прочтении «сложности продукта», как естественного свойства, меры продукта производства, о ее степени (таблица 9).

Таблица 9 – Оценка сложности по двум параметрам

	Количество элементов	Количество ограничений
Низкая сложность	500 - 1300	200-800
Средняя сложность	1300-2000	800-1200
Высокая сложность	>2000	>1200

Систематизировано по данным открытых источников (URL: https://www.mckinsey.com/; https://www.hindawi.com/journals/mpe/2015/670831/). В основе — модель «Ценность — сложность»,

В 2010-х важными темами определяются системы разработки продуктов, инженерия производственных систем, их сочетание в контексте эффективности, производительности, Формирование развития. существенных технологических возможностей производства, чаще всего достигается за счет формирования сложных интеграционных взаимодействий участиков процесса (противопоставляя распределенной разработке продукта) [16],где технологические возможности производства это: 1) сформированные производственные системы; 2) основная конструкция, модуль – результат R&D-деятельности; 3) инновационность платформа, процессов (технологических, производственных, бизнес-процессов) R&D-деятельности; 4) результат технологическое содержание сотрудничества на уровне федерации систем в области разработки и реализации технологий; 5) R&D-деятельность по разработке спецификаций, конструкций, оборудования, организации производства; высокой инновационных процессов включенностью В процесс производства продуктового ряда [11]. Под сложным продуктом понимается открытая многомерная система, являющующаяся результатом реализации гибридных/интегрированных процессов, обладающая признаками наукоемкости, технологичности и новизны, высокой стоимостью и низкой адаптивностью, технологической неопределенностью по развитию системы (таблица 10).

Таблица 10 – Ключевые параметры сложных и простых продуктов в сравнении

Ключ-е пар-	Сложный продукт/ системы	Простой продукт	
-	сложный продукт системы	простои продукт	
ры характерист ики	-сложная архитектура; - сложные взяимосвязи (интерфейсы); - кросс- (много-)функциональность; - сравнительно высокая стоимость единицы продукта; - длительный жизненный цикл продукта; - адаптивность компонентов продукта; - ресурсоемкость, капиталоемкость	<ul> <li>простая архитектура продукта</li> <li>простые интерфейсы компонентов;</li> <li>одна илинесколько функций;</li> <li>стандартные компоненты, свойства;</li> <li>сравнительно низкая стоимость продукта;</li> <li>короткий жизненный цикл продукта;</li> <li>стандартизированные</li> </ul>	
	продукта	компоненты системы;  — низкая ресурсоемкость продукта	
Разработка и	–единичное;	<ul> <li>серийное, массовое;</li> </ul>	
производств	<ul><li>–интеграция участников;</li></ul>	концентрация; технологический	
0	<ul><li>гибридные процессы</li></ul>	тип; интенсификация произв-ва	
инновацион	<ul> <li>потребитель управляем</li> </ul>	<ul> <li>поставщик управляем вендором;</li> </ul>	
ные	производителем;	<ul> <li>бизнес-идеи как реакция</li> </ul>	
процессы	<ul> <li>В2В-системы взаимодействия;</li> </ul>	производителя на рынок;	
	– организационная и	<ul> <li>формализованные инновации;</li> </ul>	
	производственная гибкость;	– инновации, направленные на	
	<ul> <li>отказ от «рассеянных» инноваций;</li> </ul>	«оптимизацию» процессов, систем,	
	<ul><li>–интеграционная сеть в виде</li></ul>	удовлетворенности потребителей	
	ландшафта бизнес-поцессов		
конкурентн	– акцент на дизайн продукта,	– экономия от масштаба;	
ые стратегии	системы;	<ul><li>компетенций вендора;</li></ul>	
_	<ul><li>интеграция компетенций;</li></ul>	<ul><li>–устойчивое развитие;</li></ul>	
	<ul><li>федерация систем</li></ul>	– приоритет ведущей концепции	
промышлено	- сложные сети;	– единая структура цепи поставок;	
е развитие	-временные мульти альянсы;	<ul><li>–диверсификация производства;</li></ul>	
_	–интегратор производства	-R@D-проектировщики	
особенности	– высокая доля гос.контроля из-за	– монополистическая конкуренция;	
рынка	радикальности технологических	– минимальное гос. регулирование;	
	изменений	– рыночные цены;	
		<ul> <li>высоко конкурентная борьба</li> </ul>	

Источник: систематизировано автором (в основе – математические задачи в инжиниринге [205], открытые и закрытые архитектуры в продукте [215],[303],[312] CoPS-концепция (концепция сложного продукта и систем) [119])

В настоящее время усилена значимость вопросов управления сложностью продуктовых систем в условиях вариативности ассортиментного ряда. Решением вопроса автором предлагается управление сложностью через сокращение единиц компонентного ряда продукта посредством:

1) формирования продукта, как набора функциональных компонентов, составляющих конфигурацию семейства продуктов, и предопределяющих состав системы разработки продукта:  $FC=\{FC_1,FC_2,...,FC_n\}$ . Функциональный компонент  $FC_i$  может быть реализован одним или несколькими элементными компонентами  $EC_i=\{EC_{i1},\,EC_{i2},\,...,\,EC_{im(i)}\}$ , где m(i) выступает как число элементных компонентов, выстроенных в определенном порядке (где j отвечает за порядковое число экземпляра элемента функционального компонента),  $EC_{ij}$  ( $1 \le i \le n$ ,  $1 \le j \le m(i)$ ).

Исходя из чего процесс разработки продукта можно выразить следующим образом: функциональные требования заказчика сопоставляются с целевым набором функций разрабатываемого продукта, т.е. с набором функциональных компонентов, где экземпляры элементных компонентов, входящие вотдельный функциональный компонент продукта составляют конфигурацию семейства продуктов, на ранних этапах учитывая различия атрибутов компонентов экземпляра, предоставляемых разными поставщиками. Список поставщиков (S<sub>ii</sub>k) для каждого компонента экземпляра при разработке интегрированной модели семейства продуктов включает k-го поставщика j-го компонента экземпляра EC<sub>ii</sub> функциональной составляющей  $FC_i$ :  $S_{iik} (1 \le i \le n, 1 \le j \le m(i), 1 \le k \le s(i, j))$  (рисунок 5).

Альтернативная эффективность сформированной системы разработки продукта предполагает возможность составления интервала альтернатив конфигурации продукта и выбора поставщика на основе сравнительного преимущества. Массовая настройка продукта на базе платформ на уровне концепции продукта, по экспертным оценкам в 2020-х гг., позволила отдельным лидерам отрасли сократить время выполнения заказа на 30%, время сборки на 27%, снизить затраты на складирование и сборку на 18-24%.

		1	2		j		m	
1	$F_1$	$S_{11}$	$S_{12}$ —		$S_{1i}$	•••	$S_{1m}$	
2	$F_1$	$S_{21}$	$S_{22}$		SII		$S_{2m}$	
	•••		·					
i	Fi	S <sub>i1</sub>	$S_{i2}$		$S_{ij}$		Sim	
•••	•••							
n	$F_n$	$S_{n1} $	$S_{n2}$	•••	$S_{nj}$		$S_{nm}$	

Комбинация 1  $S_{11}+S_{21}+S_{i2}+\ldots+S_{n1}$  Комбинация 2  $S_{21}+S_{2j}+S_{im}+\ldots+S_{n2}$ 

Источник: составлено на основе многокритериального отбора поставщиков для платформенных продуктов Ю.Цао [103]

Рисунок 5 — Комбинация компонентов экземпляра продукта из существующего подмножества вариантов

В настоящее время разработка конфигурации семейства продуктов на основе модулей сдерживается массивом несистемной эмпирики.

В 2010-2020-х гг. инструментом противодействия высокому уровню конкурентного давления и повышения конкурентоспособности компании рядом ученых, таких как: С. Прахалад, Г.Хамель [252], Р.Райхвальд, Ф.Пиллер, [262], Дж.Милберг [224], П. Хиршманн [173], А. Пико [247], С.Ахмад, Р.Шредер, Д.Маллик [68] и др., помимо вышесказанного, также предлагается использование примуществ сотрудничества при разработке продукта, которое позволяет производителю выйти за пределы ограничения ноу-хау и мощностей и, обеспечив дополнительные инвестиции в мощности и технологии, получить альтернативность выбора. Сосредоточение внимания на «интегрированном управлении и развитии продукта» также можно найти в трудах К.Ульриха [303], как решения противоречия 1990-х годов – выбора концепций «закрытой» и «открытой» архитектур продукта в пользу последней, П.Гринли [157],трудах выделяющего совместные (RJV-подход), исследовательские проекты совместное использование результатов исследований (НИОКР), (RSJV-подход). Ссылаясь на примеры последнего десятилетия, Гринли предполагает, ЧТО **RSJV** (a не кооперативные RJV) – преобладающая форм разработки продуктов.

Смена парадигм в настоящее время также определяет новизну методологии системной разработки продукта (рисунки 6,7).

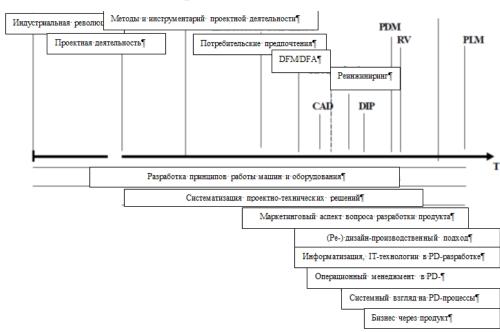


<sup>\*</sup> разработка продуктов какусловие реструктуризации бизнеса компании¶

Источник: составлено на основе: WCM-подхода (Производство мирового класса) [86], модель совершенствования бизнеса (модель EFQM) [298], современных подходов к разработке и производству продукта [306],[320]

Рисунок 6 – Развитие категории «продукт» как фокус внимания в

производстве



Источник: составлено на основе: практик совместной разработки продукта (DIP-подход) [173], концепции управления жизненным циклом продукта (PLM) [295], др. подходов к разработке и производству продукта [95],[116],[155]

Рисунок 7 – Методы и приемы разработки продукта в историческом

## контексте

Преимущества интеграции также отражены в исследовании Delphi, в котором необходимость формирования «производственных ассоциаций и спонтанных сетей» выступает в качестве одного из центральных ожидаемых результатов в области «менеджмента и производства [93, C. 51]; в работе В.Вебера [313], отмечающего «компенсацию краткосрочных узких мест мощностей и нехватку компетенций в качестве причин для заключения сотрудничества ряда производителей, либо производителя и стейкхолдеров. Необходимость формировать продукт, ранее предлагаемый только одной компанией, в настоящее время несколькими компаниями на разных этапах цепочки создания стоимости, отмечается также в работах Х.Баумгартена, С. Уолтера, [84], что по их мнению, обусловлено уменьшением глубины добавленной стоимости для отдельного производителя отрасли. В качестве причины интеграции производителя с компаниями-партнерами, либо со стейкхолдерами, также выступает разработка и реализация ключевых компетенций<sup>5</sup> – компании должны принять решение о том, какие виды деятельности следует осуществлять самостоятельно в будущем, а какие в сетевом сотрудничестве с компаниями-партнерами [252], [261]; [323], необходимость контроля, конкурентных сложность отношений И неопределенность в процессах принятия решений по межфирменной производителей [141]. Поэтому формирование сетевых деятельности взаимосвязей, создание корпоративных сетей, представляющих собой основу краткосрочного И эффективного инициирования И реализации межфирменного сотрудничества на этапе концептуализации продукта [259, С. 179], [55]. Сотрудничество означает «сотрудничество разных (деловых) партнеров, каждый из которых берет на себя определенную зону ответственности» [129, С. 428]. Межфирменное сотрудничество определяется договором сотрудничеством юридически независимых регулируемым

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Ключевые компетенции, выступают навыками с уникальным характером и состоят из сочетания освоенных технологий, приобретенных знаний и опыта, а также организационных навыков [258, C. 58]

компаний, которые интегрируют свои компетенции в межфирменную цепочку создания стоимости с целью совместного выполнения задач [248].

Результатом сотрудничества могут стать корпоративные сети как межфирменные организационные структуры, ориентированные на компетенции, так называемые «сети компетенций» [248, С. 60]; [93, С. 51], при этом, в литературе предлагаются различные типы корпоративных сетей с различными организационными характеристиками сетевого управления: это взаимосвязанные сети, проектные сети, стратегические и оперативные сети, а фабрики [216];также виртуальные компании ИЛИ виртуальные межфирменные цепочки создания стоимости – цепочки добавленной стоимости, формируемые под отдельный проект, сопровождаются сменой производственных партнеров, быстро меняющимися объемами производства, вариантами состава продукта и его производства, альтернативными соответственно предъявляя новые требования К управлению всеми участниками межфирменных цепочек создания стоимости [260].

Цепочки добавленной стоимости, формируемые с помощью сетей компаний, ориентированных на компетентность, межфирменных цепочек создания стоимости на практике, как правило, сопровождаются сменой производственных партнеров, быстро меняющимися объемами производства, новыми вариантами в продукте и частыми их изменениями после начала производства. При разработке межфирменных цепочек создания стоимости рядом авторов выделяются две их типологии: рентабельная цепочка поставок и цепочка поставок, адаптивных к рынку [259]. Экономически эффективные цепочки поставок предопределяются высоким уровнем стабильности и отношениями сотрудничества. Стабильность долгосрочными поставок ограничена продолжительностью обработки заказа и пулом возможных партнеров по сотрудничеству, определяя организацию процессов в сетях компетенций. Цена, затраты и прибыль, как критерии, в этом случае являются решающими факторами выбора элементов PD-системы, при этом имея ограничения с точки зрения их применимости в компетентностноориентированных сетях компаний, что определяет необходимость разработки системы контроллинга (учета затрат) процесса создания добавленной стоимости со стороны производителя. Что касается рентабельности РDдеятельности, то менеджмент системы должен обеспечить бесперебойное партнерами [324]. сотрудничество между Для противодействия индивидуальным, изменяющимся интересам компаний-партнеров на первый план выходят интеграционные и координирующие усилия менеджмента [162, С.39]. Поэтому в дополнение к задачам по эксплуатации сетей компетенции необходимо разделение задач по управлению цепочкой создания стоимости между операторами сети (производителями), поставщиками и потребителями (стейкхолдерами).

Помимо вышесказанного, необходимость системного подхода разработке продукта также определяется растущей сложностью систем продуктов и процессов [224], [318] [261], что требует использования адаптивных методов, инструментов и стратегий. Помимо теории систем (General System Theory), которая нашла свое отражение в разработке продуктов в виде технико-экономических систем, эта точка зрения обеспечивается также: а) теорией ресурсов (RBV) – согласно Б. Вернерфельту [316] представленной соотношения ресурсов (систем, процессов, компетенций) достигаемых конкурентных преимуществ; б) выделенным в 1990-х гг. П.Чеклендом [105] отдельным научным направлением организации производства – инженерией корпоративных систем, рассматривающей производственные предприятия в контексте совокупности динамических связанных систем И ландшафтов бизнес-процессов, a организацию производства как подмножество технологических процессов, включая моделирование рабочих процессов и отдельных задач, управление качеством (TQM), анализ добавленной стоимости и управление затратами, предполагая повышению эффективности производства за счет переосмысления потока создания ценности, фундаментальной и интегральной структуры всего предприятия; в) сформированным в 2000-х гг. походом «интегрированной разработкой продукта (DIP)», где интегрированная разработка продукта относится к идеализированной модели, которая объединяет с точки зрения создания, маркетинга, продукта и производства. По мнению М.Андерсена, это интерактивный процесс, который управляет процессом разработки продукта посредством интеграции действий в группах (EC) и моделей разработки продукта [74].

В продолжение логики, представленной выше, предприятие — это также система, состоящая из множества хозяйствующих единиц, представляющая собой скоординированную сеть элементов, градация которых представлена системой производства, непосредственно «превращающую проект в физический артефакт» и системой разработки продукта («РD-системой»). [87]; системой бизнес-процессов [17]. Из чего следует, что процесс разработки корпоративных систем (далее систем «продукт-производство») подразумевает, что любое изменение продукта определяет необходимость изменений в объема капиталовложений, производственных затрат, инженерных часов, разработку технико-экономического сопровождения [63].

Формирование систем разработки продукта, также обусловлено новыми требованиями и граничными условиями, с которыми сталкиваются производители машиностроения в 2000-х годах: к ним относятся большее количество участников и целей, междисциплинарность, распределенная разработка продукта, подвижность границ решений, авторство подходов [273]. В 2010-х гг. значение приобретают взаимосвязи между разработкой продукта, её эффективностью и управлением вариантами продукта и производством; определение условий необходимости улучшения разработки продукта (конфигурации продукта, гибкость, оптимизация затрат и перемещение добавленной стоимости), разработка технологий координации систем разработки продукта, производственных систем и другое [3].

Исходя из совокупности выделенных ранее систем, очевидна необходимость их соотнесения (соизмерения). Решений может быть несколько. Конфликтующие цели систем могут решатся либо путем

интеграции решений на общем уровне и на уровне подсистем, либо путем совместной их разработки. Данное утверждение присутствует в работах: М.Даниловича и Т. Браунинга [119] – авторы моделируют зависимости между элементами систем «продукт-производство»; Т.Гертнера, Н.Роледера и К.Шлика [148] – поддерживают управление изменениями путем учета зависимостей систем создания продукта и производства, моделируют продолжительность и стоимость проекта, Р.Ахмад Сохель [67] – формируют эффективные структуры систем процессов и продуктов, предполагающих их динамическое изменение исовершенствование, В.Леварди, Т.Браунинг [203] – моделируют набор возможных действий для для поддержки адаптивного управления процессом проектирования системы, Н.Бокен, И.де Пау, К.Баккер [95] определяют ключевые показатели производительности, функциональности систем, тем самым расширяя представления о структуре продуктов отталкиваясь из экономической нагрузки. При этом, разработка продукта, по мнению превалирующего числа авторов, реализуется исходя из: а) первичности модели продукта; б) первичности модели производства. В первом случае результатом, конечным продуктом выступают разработанные чертежи, экономические спецификации, данные по системам сборки [195]. Во-тором случае – процессные модели и модели разработки продукта, с их технико-экономическим обоснованием и вариантами улучшения [143].

Выполненная систематизация и оценка позволила определить бо́льшую неоднозначность моделей процессов, в сравнении с моделями продуктов, которые могут отображать отдельные решения о процессе с разными уровнями детализации. Соответственно они непригодны для принятия решений на операционном уровне оценки экономической эффективности, результативности. Решение вопроса — в рамках моделируемой РD-системы определить взаимосвязь между моделями продуктов и моделями процессов с выделением единых целевых экономических показателей, таких как время, стоимость, производительность. В авторском видении это возможно через:

1) сравнение (таблица 11);

Таблица 11 — Сравнение процессов разработки продукта (PD-процессов) и производства (MSP-процессов)

Показатели	Разработка продукта	Производство
фазы процесса	– планирование продукта	– планирование, организация
	<ul><li>– спецификация проекта</li></ul>	производства,
	– требования к управлению	– проектирование
	– проектирование системы	производственной системы
	– макет, проект, спецификации	(инжиниринг)
	– объединение систем	<ul><li>дизайн, спецификация;</li></ul>
	– моделирование, обоснование,	– ввод в эксплуатацию
	– результат (конечный продукт)	<ul><li>пуско-наладка, запуск</li></ul>
повторяемость	уникальный / единичный	повторяющиеся процессы
передача	уникальность/сложности и	четко определенная структура
информации	содержания	
время отклика	допустимое время отклика	низкое время отклика
несоответствие	ворота качества не пересечены	ворота могут пересекаться при
критериям	до момента достижения всех	определенных условиях - в
эффективности/	требований по эффективности,	противном случае продукт
результативности	результативности	выводится из производства
вариации	один процесс	множество процессов исходя из
		вариативности и частоты
		изменения продукта

Источник: разработано автором на основе сравнения: PD-процесса [182],[320], MSP-процесса (разработка производственных систем) [202],[239], SE-метода (параллельное проектирование систем «продукт-производство») [64],[104],[326], IPD (комплексная разработка продукта) [74],[107]

## 2) основания взаимозависимостей между системами (таблица 12):

Таблица 12 — Исходные элементы, рекомендуемые к использованию при интеграции моделей

Элементы моделей продуктов	Элементы моделей процессов
Визуализация: компоненты, уникальные и	Визуализация уникальные и стандартные
стандартные элементы модели, выделенные	элементы модели; выделенные
взаимосвязи	взаимозависимости, порядок действий
Планирование: формирование архитектуры	Планирование: структурирование процесса
продукта исходя из заданной	проекта: работ, графика работ, этапов
функциональности; разработка	оценки выделенных шагов, действий
спецификаций	
Выполнение и контроль: оценка	Выполнение и контроль: оценка
функциональности, соответствия на	соответствия на заданные параметры

заданные свойства, спецификацию	проекта,	тех	хнологию,	процессы;
	мониторинг	И	оценка	произведенных
	изменений; до	раб	отка	

Источник: разработано автором на основе: IPD (комплексная разработка продукта) [161], интегрированный реинжиниринг продуктов и процессов (IPPR-подход) [307], развития СЕметодологии в части формирования PD-процессов [234]

По замыслу автора, основное внимание уделяется «связыванию» возможностей системы продукта с возможностями производственных систем через формирование: 1) структуры продукта и соотнесение её с элементами производственной системы; 2) структуры производственной системы, отвечающей за изменение компонентов, функциональности продукта. Где изменения параметров процеса повлекут за собой снижение операционных затрат производителя.

Запараллеливание задач по комплексной разработке продуктовых и производственных систем возможно усилить посредством:

1) описания возможностей систем через выделение «точек согласования» (таблица 13). Реализация заявленных действий может осуществляться с использованием технологий: реинжиниринга бизнеспроцессов; технологии интеграции данных о системах в соответствии со стандартом ISO 10303 в виде общей корпоративной сети [48];

Таблица 13 – Описание возможностей систем через выделение «точек согласования»

Параметры	Методологии разработки продукта	Методологии проектирования
		производства
Стоимость	Стоимость дизайна – ограничение	Стоимость производства -
	по затратам исходя из заложенных	снижение издержек производства
	требований	без ущерба ТЗ
Качество	Разработка продукта с учетом	Разработка технологического
	требований к его качеству	процесса, с учетом требований к
		характеристикам продукта
Гибкость	Разработка продукта (платформы,	Формирование производственной
	модулей, т.д.) с возможностью	системы, адаптивной под новый
	последующего маштабирования	продукт
Риск	Снижение риска несоответствия	Обеспечение ожидаемой
	заданным характеристикам	эффективности и качества

Время	Формирование решений в рамках	Быстрая реакция на запрос при
выполнения	быстрого реагирования на запросы	сохранении уровня затрат и
заказа	потребителей	качества
Эффективность	Разработка функций продукта,	Сокращение производственного
	сохраняющихся длительное время	брака

Источник: систематизировано автором на основе: IPD (комплексная разработка продукта) [74], СЕ-методологии в части формирования PD-процессов и производственных систем [173]

2) посредством бенчмаркинга: компонентой насыщенности систем; их эффективности и результативности [58].

Систематизация практик формирования систем продукта лидерами машиностроения на концептуальном уровне первично предполагают определение альтернативных стратегических решений по продукту, затем — технико-технологических и экономических решений по производственным системам и организации производства (рисунок 8) как-то: этапы процессов, методы, инструменты; факторы успеха, подходы к их совмещению: запараллеливанию процессов систем «продукт-производство» [56].

жизненн	I I	планирование	производство
ый цик.		корпоративных систем	
PD- сист	<b>↓</b>	₩	₩
	Процесс разработки пр	родукта (PDP- product develo	pment process)
фазы	-планирование продукта	–планирование систем,	
проце	<ul><li>–спецификация проекта</li></ul>	-системный	<ul><li>планирование,</li></ul>
cca	-концептуальный проект	инжиниринг;	расположения
<b>—</b>	системы	-экономический	оборудования,
	<ul><li>– спецификации</li></ul>	инжиниринг;	<ul><li>исполнение</li></ul>
	-моделирование, анализ	<ul><li>инструментарий</li></ul>	специф-ций
	модели	систем;	<ul> <li>сборка, запуск,</li> </ul>
	-выполнение и контроль	<ul><li>–оценка, контроль</li></ul>	коммерциализация
	1	процесса	
	управление жизненным	концепция воронки,	бережливое произ-во
подхо	циклом продукта (PLM),	Аксиоматическая	(LeanPDD, LeanPPD);
ды к	WCM-подхода (World Class	концепция дизайна,	пост. улучшение
разрыб	Manufacturing), SE-подход,	Концепция прототипов,	(Kaizen); проект
отке	IPD-подход, комплексное	прототипирование PDP-	SixSigma; KPI,
	проектирование продукта	процессов	потери (Muda) и др.
	(DIP) и др.		_
метод	аналитические методы	парал-ный инжиниринг,	бережливое произ-во,
ы и	(маркетинговые, анализ	интеграция процессов,	дизайн сокращение
инстр	рисков, затрат), функции	множественность	разнооб-я сборки
умент	качества, конфигурация	выбора,	продукта,
ы 🛶	вариантов продукта	альтернативность,	производства
		анализ эффектов	
крити	–ценообразование	-эффективность	<ul><li>–реализация проекта</li></ul>
ческие			решизация проекта

факто	-конфигурация продукта	процессов	–логистика
ры	-функциональность	<ul><li>качество исполнения</li></ul>	<ul><li>–обратная связь с</li></ul>
успеха	продукта	-ключевые компетенции	потребителем
	-команда по проекту	<ul><li>организационное</li></ul>	
	-затраты на PD	выравнивание	
крити	-функциональность	-сроки	–план производства,
ческие	-вариативность продукта	-участники проекта	запуска,
точки	-целевые значения	–интеграц-ое	–достижение
	атрибутов продукта	взаимодействие	плановых значений
	– форма, конфигурация и	<ul><li>цепочка поставок</li></ul>	-тестирование рынка
	промышленный дизайн	-технологический	– выход на рынок
	продукта	процесс сборки продукта	-коммерциализация
	<ul><li>–проектирование</li></ul>	<ul><li>–прототипирование</li></ul>	_
	компонентов	продукта	
Точки	- стоимость, ограничение по	- стоимость	- стоимость
соглас	затратам	производства –	производства
овани	– дизайн с целевыми	разработка произв.	– процесс с
я при	характеристиками;	инноваций	соответствием
разраб	– повторное использование	– дизайн	нормативам
отке—⇒	платформ	технологического	<ul><li>адаптивность</li></ul>
,	– уменьшение времени	процесса с высоким	производственной
	коммерциализации продукта	соответствием	системы
	- формирование	нормативам	-гибкость реакции на
	«эффективной» конструкции	– изменение системы	запрос
	продукта	под новые продукты	– эффективное
		<ul> <li>гибкость реакции на</li> </ul>	производство
		запрос	
		<ul><li>формирование</li></ul>	
		эффективного	
		производства	

Источник: систематизация выполнена на основе методики разработки открытых продуктов Р.Киршнера [193], производственных систем Г.Шуха [279]

Рисунок 8 — Систематизация релевантных практик формирования систем

Где вероятность нахождения пары альтернатив в пределах архитектуры системы  $X_i$  и  $X_j$ – $p_F(X_i, X_j)$  определяется выражением:

$$p_F(X_i, X_j) = 1 - (1-p)^{X_i, X_j}$$
 (1)

р-вероятность сочетания альтернатив каждой подсистемы, начиная градацию с«удовлетворительной» совместной работы.

Вероятность нахождения пар альтернатив в пределах архитектуры системы определяет как уровень сравнительной сложности разработки системы, так и сложности функционирования архитектуры системы [23].

Вместе с тем, остается поле для развития интеграционных систем и процессов в высокотехнологичных отраслях машиностроения за счет:

- 1) формирования продукта в контексте стратегии управления вариантами (освоения множества).
  - 2) реализации потенциала общности архитектуры PD-системы.
- 3) формирования решений по развитию продукта в плоскости экономической целесообразности.

## 1.3. Тенденции и детерминанты формирования и развития систем разработки продукта в машиностроении

Области исследований и разработок в машиностроении обладают типичными характеристиками, которые отличают их от других отраслей. собой Продукты машиностроения представляет сложные, междисциплинарные продукты, разработка и развитие которых требует сотрудничества многих дисциплин, В частности машиностроения, электротехники, гидравлики, пневматики, оптики, информатики. При этом, следует учитывать неоднородность отрасли по количеству выпускаемой продукции.

Эволюционно продукт машиностроения развивается этапами. До начала 1970-х годов отраслевые субрынки самостоятельны по инженерной парадигме, продуктам, стратегиям и организации производства, а также в практике взаимоотношений с поставщиками [35]. Однако, начиная с 1980-х годов ситуация меняется: развитие инженерно-технического потенциала по проектированию и разработке продукта на фоне «размывания» границ специализации способствуют развитию международной конкуренции по вопросам сравнительных преимуществ в адаптационных издержках и сроках производства. В конце 1980-х – начале 1990-х гг. лидеры отрасли обеспечивают собственное развитие, как фактор конкурентного успеха за счет: превосходства над конкурентами В трех измерениях производительности во времени, объемах и качестве [291]; повышения эффективности в межфункциональной работе команды – интеграционного

взаимодействия участников системы производства врамках IPD-деятельности запросов клиентов в продукт посредством [327],[107]; включения формирования и реализации ключевых компетенций производителя [254], [111]; формирования уникальных производственных процессов, технологий непосредственно производства, поддерживающих развитие (B производственном дизайне), например, прототипирование и штамповка [108],[321]; проектирование технологии выстраиваются исходя существующего задела производственных технологических И возможностей, учетом уровня «поглощающих способностей» c(абсорбционной способности) и комбинации ресурсов производителя [40], включая оборудование, трудовые навыки, спецификации продукта и материалов, организационные структуры и др. (таблица 14).

Таблица 14 – Матрица возможностей

Технологические		Уровень развития технологического потенциала			
возможнос	ГИ	Основной (Простой)	Средний	Прогрессивный	
!			(адаптивный)	(Инновационный)	
инвестиц	прединвест	технико-	оценка источников	планирование	
ии	иционный	экономическоеобосн	технологий,	инвестиций,	
		ование,	согласование условий	проектированиенов	
		Планирование	приобретения	ЫХ	
		инвестиции		производственных	
				систем	
	проектная	стандартная закупка,	приобретение	основные	
	деятельнос	Найм рабочей силы	оборудования,	конструкции	
	ТЬ		Определение условий	процесса,проектиро	
			его технического	вание элементов	
			обслуживания	систем	
производ	инжинири	ввод в	адаптация	развитие	
ство	НΓ	эксплуатацию,	производственной	новационных	
	технологий	техническое	системы,	процессов, систем	
		обслуживание,	использование новых		
		мониторинг резуль-а	технологий		
	разработка	адаптация дизайна	приобретение	внутренние	
	продукта	продукта, улучшение	технологий,инкремент	продуктовые	
		качества продукции	альный дизайн нового	инновации	
			продукта		
интеграц	промышле	планирование	инновационный	разработка	
ия	нная	рабочих процессов,	иниринг, мониторинг,	процессов, систем,	
	инженерия	прототипирование	контроллинг	спецификаций,	
		элементов систем		графика работ	

развитие	Совместные	Приобретение	Кооперирование в
	компетенции с	технологий,	исследованиях,
	стейкхолдерами	синхронизированное	собственные
		проектирование	технологии

Источник: разработана автором на основе метода управления процессами разработки продукта, ориентированного на результат П.Ноэля [235], методологии развития производства К.Шетца [270]

Где абсорбционный потенциал определяется как способность производителя поглощать технологии, с точки зрения стратегической гибкости и производительности в контексте приобретения, усвоения, преобразования и эксплуатации, определяя конкурентные преимущества [9].

Методы приобретения технологий выступают еще одним из условий развития технологического потенциала производителей в этот период (таблица 15).

Таблица 15 - Методы приобретения технологий

Методы приобретения	Описание
технологий	
1. Имитация	Копирование или моделирование технологии из
	импортных или сопоставимых
2. Получение патента	Получение технологии через производство под патентные
	условия
3. Лицензионное соглашение	Получение технологии через производство под
	лицензионные соглашения
4. Помощь иностранных	Получение технологии от иностранного производителя,
экспертов	помощь со стороны материнских компаний
5. Обучение	Участие в учебных программах владельцев технологий
6. Развитие внутреннего	Разработка технологий
потенциала	

Систематизировано автором (на основе данных агенства международного сотрудничества ITC: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/licensing/906/wipo\_pub\_906.pdf)

Изменение системы «продукт-производство» предполагается за счет изменения ее компонентов (добавление или удаление машин) и их настроек (последовательность операций, настройки, тип инструментов и типы машин и инструментов, выполняющих операции).

В конце 1990-х – 2000-х гг. производители отрасли выбирают управленческие решения, основанные на выделении приоритетных

организационных стратегий развития уже не только производства, но и продукта, формируя практику сочетания развития производства и систем управления продукта в контексте реализации идеи «Производства мирового класса» — подхода (World Class Manufacturing- WCM-подхода), разработанного Ричардом Дж. Шонбергером в 1980-х годах, [54 С.38]. В этот период акцент делается на:

1) сокращение времени запуска продукта в производство – в среднем примерно на 25% за счет применения PD-технологий [86], посредством уменьшения инженерных часов.



Рисунок 9 – Соотношение количества и сложности продукта в машиностроению, в % [86]

Несогласованность инженерных часов объясняется разной логистикой, архитектурой и структурой систем, исходной сложностью инжиниринга, уровнем производительности (таблицы 16-18).

Таблица 16 – Отдельные показатели по PD-проектам лидеров отрасли в 2010-2020-х гг.

Показатели лидеров	В среднем	Япония	США	Европа
Общее количество (проектов)	29	12	6	11
Года реализации	2000-2017	2001-2015	2004-2017	2000-2017
Инженерные часы на проект, в среднем	2,75	1,155	3,478	3,636
(тыс. час.)	,	,	,	,
Время проекта, реализация (месяцы)	56,69	46,59	62,87	63,79

Количество моделей продукта, в среднем (в проекте)	2,06	2,3	1,7	2,2
Доля повторных модулей (%)	10,23	7,6	9,2	13,9
Оригинальные элементы продукта (%)	76	87	65	76

Источник: систематизировано автором по данным ENAPS (база данных лидеров отрасли)

\* Инженерные часы по автомобильному проекту делятся на четыре класса: EL: инженерные часы, потраченные насоздание проектной командой отдельных уникальных деталей и компонентов; EC: инженерные часы, потраченные на создание проектной командой унифицированных/стандартизированных деталей (общих для нескольких продуктов части); ES: часы на инженерные работы, выполняемые внешними поставщиками. Работа концептуально похожа на EI и EC, но, выполняется группой, отличной от основной команды проекта. ET: совокупность инженерных часов, затраченных на выполнение проекта — ET = EI + ES + EC. На проектирование нового помимо инженерных часов, выделенных на разработку конструкции большого количества деталей, также требуется определенное количество времени на деятельность, связанную с формированием концепции продукта, его инжиниринг, прототипирование и др., на что также выделяется определенная норма времени N. Исходя из чего общее количество часов по проекту закладывается как сумма: MHadj = N + ET.

Таблица 17 – Инженерные часы, выделенные на реализацию проекта в среднем

	Инженерные	Скорректированные	Процент часов,	Процент часов,
	часы в	инженерные часы с	выделенных на	выделенных на
	среднем	учетом практической	производство	дизайн продукта,
	(тыс. часов)	реализации проектов	стандартизированных	логистическое
		(тысяч)	частей продукта	сопровождение
Всего	2,577	4,567	26	38
Япония	1,155	2,701	18	52
Соединенные	3,478	4,892	38	15
Штаты				
Европа	3,636	6,426	29	35

Источник: систематизировано автором по данным источников [107,108]

Таблица 18 — Влияние характеристик продукта на среднее значение инженерных часов

	Инженерные часы			
Независимая переменная (-ные)*	1	2	3	4
Усредненное значение инженерных	5885	4920	955	2661
часов				
Типы модельного ряда	••••		1086	1038
Стандартное отклонение по	2029	2425	2152	1836
инженерным часам в среднем по				

проекту				
Степени свободы (NH)	27	26	25	24

Источник: систематизировано автором по данным источников [107,108]

- \* В качестве независимой переменной меры сложности продукта рассматривают: размер, модельный ряд, цену, «сфера использования продукта».
  - 2) изменение стоимости разработки продукта (PDP-процесса).
- В 2010-х гг. приобретают значимость вопросы интеграционного взаимодействия учатников (ОDM-, ОЕМ-/вендоры, ОЕS/«ОЕМ-поставщик»/ FTSs-поставщики, СЕМ-производители, R&D-поставщики) и управление сложностью систем [334]. Центральная проблема: оценка затрат на сложность [279] в условиях роста разнообразия продуктов каждое удвоение количества вариантов увеличивает затраты на единицу продукции примерно на 20-30% [223], что предопределяет потенциал темы к развитию вопросов:
- 1. Роста сложности систем за счет: а) развития межкорпоративного взаимодействия в виде «глобального» изготовления продукта, когда его отдельные элементы могут быть созданы через аутсорсинг/офшоринг инженерных и R@Dработ любым производителем отрасли (где: аутсорсинг- перемещение задачи или функции на объект, принадлежащий третьей стороне, часто в местную компанию в стране с низкими затратами, например Китай, Индия; офшоринг – перемещение задачи или функции на объект, принадлежащий компании, в страну с низкими затратами, например, Китай, Индия [336]. Операции с низкой добавленной стоимостью, такие как рутинные задачи проектирования на более поздних этапах процесса PD, в передаются на аутсорсинг, а операции с более высокой основном добавленной стоимостью, такие как разработка концепции, в основном в офшорнг [205]; б) ловушки сложности. Первоначальные инвестиционные затраты приводят к увеличению удельных затрат, которые часто не компенсируются соответствующими дополнительными доходами. Подход к решению – это строгое структурирование архитектуры продукта через: стандартизацию продукта, технологий, процессов, как единовременное решение повторяющегося технического или организационного процесса с

использованием современных средств; масштабирование и гибкость, как «экономики интеграции»; конструирование продукта.

2. Изменения в цепочке создания стоимости в РLМ-цикле продукта [96]. Структурирование цепочки создания стоимости исходя из элементного состава системы разработки продукта может включать в себя совокупность начиная с разработки концепта продукта и определения процессов, возможностей производственных ДО PLM-цикла продукта конца предполагать возможность формирования нескольких цепочек добавленной стоимости, с делегированием этапов на отдельных участников системы (таблица 19), в т.ч.: разработка межфирменных цепочек создания стоимости, где предпосылкой является быстрое развитие цепочки создания стоимости между компаниями для заказа, оптимально адаптированного к требованиям клиента [272].

Таблица 19 – Цепочка создания стоимости PD-процесса

	Цепочка создания стоимости				
Генерация и	Дизайн и	Производство и	Сервис и	Утилизация и	
отбор идей	развитие	поставка	поддержка	утилизация	
•	• подготовка и	•	• определить	• определить	
исследовать	согласование	прототипировани	требования к	опасные	
новые	спецификации	е продукта,	передаче	материалы	
технологии	• полное	серийное	продукта	• выявить	
•	инженерное	производство	• отзывы	дорогостоящий	
исследовать	обоснование	• отладка	клиентов	материал для	
новые	• детальный	продукта	<ul> <li>прогноз</li> </ul>	восстановлени	
рыночные	концептуальный	•	будущих продаж	Я	
возможности	дизайн	производственны	• оценка	• архивировать	
•	• разработка	е испытания	эффективности	документальны	
генерировать	прототипа	•	продукта	e	
новые идеи	• разработка	технологические	• ремонтные	доказательства	
продуктов	произв. процесса	изменения	схемы	• архив	
•	• дизайн системы	• соизмерение	•	информации о	
генерировать	• выбор	стандарта сборки	документирован	конструкции	
концепции	поставщиков	стандарту	ие и внедрение		
для	оборудования и	проектирования	изменений		
улучшения	услуг	• улучшение	спецификации		
продукта	• оценка	продукта	продукта		
• определить	готовности к	• соответствие	• настройка		
особенности	производству	спецификации	концепции		
продукта	• политика	эксплуатационны	обслуживания и		
• выбор	обслуживания /	м возможностям	поддержки		
вариантов	поддержки	• полная	• обновление		
решения в	• процедура		компонентов		
соответствии	технического	процессов	продукта		
С	обслуживания	• план поддержки	• координации с		

требованиям	• оценка	продукта	клиентом	
и заказчика	работоспособност	• процедура		
• рыночная и	и процессов и	обслуживания в		
техническая	систем	процессе		
оценка		эксплуатации		
• бизнес и		• управление		
финансовый		логистикой		
анализ				
• полная				
спецификаци				
я продукта				
• концепция				
служивания и				
ддержки				

Источник: систематизировано автором (на основе модели Х.Чжан [336])

Мерами оценки долгосрочных преимуществ в этом случае является соотношение между прибылью и понесенными затратами. Убывающая доля ОЕМ-производителей в цепочке создания стоимости объясняется: 1) их выбором «решения по сборке»: производство на отдельной территории, «разрушенные производственные мощности» – упоминаются в литературе как CKD- и SKD- сборка и сборочные предприятия по контракту; 2) Современной ролью OES/OEM/ FTSs- поставщиков. В отличие от классики производственных отношений, когда в значительной степени модули проектируются производителем продукта, а производятся комплектуются поставщиком, в современных отношениях поставщик определяет большую часть результатов в отношении продукта с позиции создаваемой добавленной стоимости [325]. Современная классификация поставщиков по уровням компонентов делит их на а) технологических лидеров, интеграторов – партнеров ОЕМ-производителей по формированию ключевых компетенций по продукту, поставщиков систем, б) поставщиков «сложных продуктов, с изначально значительной добавленной стоимостью», то есть поставщиков модулей, с) поставщиков компонентов со сложными деталями, которые уже были разработаны заказчиком, обладающих высоким уровнем технических ноу-хау и преимуществами производительности в нишевых продуктах, d) поставщиков деталей и e) поставщиков материалов.

- 3. Необходимость формирования и контроля затрат (FWCA-подход) на этапе разработки продукта производителями отрасли. В контексте вопроса исследования получает развитие ресурсный подход (VBR –Resource-BasedView), теории непредвиденных обстоятельств к непредвиденным обстоятельствам относят технологии, стратегии, среду и структуру системы и метод целевых затрат (CA) система планирования прибыли и управления затратами, основанная на цене, которая инициирует управление затратами на начальном этапе PDP, что требует эффективного участия во всей цепочке создания стоимости.
- 4. Индивидуализации продукта на насыщенных рынках отрасли. Цель состоит в достижении максимально возможной гибкости продуктового ассортимента посредством быстрого И рентабельного получения дополнительных производных. Согласно Бергеру, количество деталей в типовом продукте машиностроения увеличилось в пять раз с 1975 года, и более половины компонентов устанавливаются только на 5% конечных продуктов. В.Эверсхайм, Г.Шух [138] видят оптимум в этой области между индивидуализированной производительностью противоречия максимальной экономией на масштабе, которая, начиная с базового продукта, и может быть достигнута только за счет индивидуализированной производительности продукта. К. Линдеманн [209] предлагает стратегию массовой кастомизации, отмечая основным фактором прибыльности Цель производителя в этих условиях организацию производства. распределить и сгруппировать отдельные продукты по максимально семействам продуктов на ранних этапах процесса разработки продукта в зависимости от архитектуры, используя потенциал снижения затрат на производство.

Таким образом, общей характеристикой машиностроения выступает:

-«революция» продуктов и производственных процессов как результат активного внедрения технологических инноваций; усиление глобально

синхронизированных бизнес-циклов; стремление к модульности в разработке продуктов; рост / колебание стоимости сырья и материалов.

- -тенденция к системным решениям, пр. НИОКР сосредоточены на оптимизации всей системы (анализ производственных затрат, слабых мест и неэффективности);
- усложнение продуктов, предопределяющее проблемыв их разработке,
   а также эффективных производственных процессов и реализации экономии
   на масштабе;
- интенсивная интеграция стейкхолдеров на мировом уровнеопределяет новые возможности для структурирования цепочки создания стоимости и снижает потенциал производительности для современных участников проекта.

Практика отечественного производства также дополняется:

- высокими темпами роста стоимости продукции, где имеются признаки увеличения объемов аутсорсинга производства на фоне низкого роста реальной валовой добавленной стоимости;
- снижением факторной производительности по сравнению с 1990-ми гг., что не может быть объяснено проблемами измерения производительности, уменьшением усилий компаний, сдвигом в структурах создания стоимости.
- -низкой долей внедряемых инноваций, что выступает как фактор, определяющий уровень конкурентоспособности отрасли. Статистика ОЭСР по НИОКР показывает, что доля машиностроения в общих расходах составляет почти 9%.

Кроме того, различные подотрасли машиностроения подвержены дифференцированным рыночным изменениям по-разному. Поэтому целесообразно изучать машиностроение на примере отдельной подотрасли, например, подотрасли среднего машиностроения — автомобилестроения. В выбранной подотрасли, структура, поведение и результаты рынка

характеризуются: развитием процессов и продуктов, их интеграцией; тенденциями к консолидации рынка, к сокращению количества компаний; доминированием ОЕМ-производителей; конкуренцией ПО затратам; интенсивной конкуренцией на всех уровнях цепочки создания стоимости; высокой стоимостью инноваций, что в равной степени распространяется и на параметры разрабатываемого продукта. Исходя из постоянства базовой технической конструкции продукта подотрасли конкурентоспособность определяется постоянным потоком технологических инноваций в продукт и производственный процесс, высокими отраслевыми расходами на НИОКР [37], в т.ч.на: 1) пошаговые усовершенствования вариантного ряда и используемых технологий производства; 2) развитие модельного ряда, развитие/внедрение совершенно новых компонентов продукта (например, автоматических парковочных систем), параллельно с этим среднесрочное развитие производственных технологий; 3) разработку новых вариантов компонентов/модулей; интегрированых систем. Общий процесс создания стоимости для автомобилей включен в вертикально интегрированные инновационные процессы частичным аутсорсингом системным поставщикам (примерно на 25%) [13], тенденцией к стандартизации отдельных компонентов; расширению сетей (анализ данных, фабричное облако, облачные вычисления, блок-чейн, адаптивное управление, бережливое управление).

Инновации в процессах и продуктах, внедренные за последние десятилетий, определяющим несколько стали фактором повышения производительности автомобильной промышленности. Примером выступает японская модель, обеспечивающая рост производительности за счет уменьшения глубины добавленной стоимости, то есть путем передачи производственных линий на аутсорсинг поставщикам, тщательный отбор исключению менее прибыльных компаний которых привел К автомобильной цепочки создания стоимости. Что касается производственных процессов, раннее начало автоматизации производственных процессов,

внедрение принципа своевременности во внутрифирменной и внутренней логистике, массовое давление со стороны производителей конечной продукции с целью снижения затрат поставщиками первого и последующих уровней и связанная с этим оптимизация цепочек поставок, а также тенденция передавать производственные этапы на аутсорсинг, в частности, в места производства с низкими затратами, имеет ограничение по потенциалу роста, усложняет конечный продукт, предопределяет рост потребности в ресурсной обеспеченности [46].

Наиболее важные изменения в подотрасли можно резюмировать следующим образом:

- 1) доля стоимости продукции, закупаемой у поставщиков в автомобильной промышленности, значительно увеличилась в период с 1995 по н.в. (с первоначально 13,7% до 30,9%). Идея аутсорсинга, заложенная в модели Тоуоtа, потеряла импульс к развитию и в настоящее время реализуется с меньшей эфективностью, с равнении с 1990-х годами [319]. Уменьшение доли авансовых платежей, полученных от автомобильного сектора, свидетельствует о том, что аутсорсинг в н.в. часто заменяется инсорсингом.
- 2) аутсорсинг услуг НИОКР включенные в импорт услуги НИОКР от поставщиков специализированных услуг в н.в. составляетменее процента (0,06%) от общего объема импорта. При этом, попытка зафиксировать предварительные расходы на НИОКР с помощью таблиц «затраты-выпуск» наталкивается ограничения, поскольку существует на возможность регистрировать предварительные НИОКР-расходы, только которые обеспечиваются внешними поставщиками исследовательских услуг. Согласно статистике, внешние расходы на НИОКР автомобильного сектора в 2010-е гг. составили около 806,19 млрд руб., т.е почти половину суммы внутренних расходов на НИОКР в размере 1 691,03 млрд руб.
- 3) улучшения в производственном процессе часто проводятся в процессе производства, как у производителей оригинального оборудования,

так и у поставщиков. В количественном отношении это составляет лишь относительно небольшую часть научно-исследовательских работ, так что, например, у производителей оригинального оборудования обычно нет официального отдела исследований и разработок для окончательной сборки.

4) большая часть затрат на НИОКР направляется на дальнейшее развитие продуктов. Однако инновационные продукты не обязательно приводят к увеличению производительности, поскольку часто усложняют продукт и, следовательно, производственный процесс. Таким образом, увеличение добавленной стоимости компенсируется увеличением трудозатрат на производстве.

Кроме того, в практике отечественного производства, стремящегося к трендам развития мирового производства, выделяются оригинальные точки роста, обусловленные исходными производственными и технологическими данными, отдельными базовыми условиями развития отечественной отрасли. На примере суботрасли машиностроения – в автомобилестроении наибольшее количество совместных проектов России с западноевропейскими компаниями представлены в Волжском кластере, Ленинградской, Калининградской областях, в Санкт-Петербурге и в регионе «Калуга – Москва», среди которых интерес представляют: проект в Калининградской области «Автотор» (1997), «ТагАЗ» (1998), «ИжАвто» (2005),«Северсталь-Авто») (2002),Sollers (бывшая стратегическое соглашение «АвтоВАЗа» и Renault (2007) и др. Взаимодействие отечественных и международных автопроизводителей представлено в виде: СКО-производства (CompletelyKnockedDown) (режим промышленной сборки); SKD-производства (SemiKnockedDown – полуразобранный) – (режим «отверточной сборки»); CBU-производство (CompleteBodyUnit) – окончательная комплектация и сборка конечного продукта в странеимпортере.

Характерными чертами развития отечественного рынка выступают [51]:

- а) производство большинством OES- элементов продукта для отдельного OEM-, что определяет низкий уровень конкуренции, качества продукта, инвестиций в PD.
- б) отсутствие у большей части OEM-OESs-производителей в качестве текущих и стратегических целей создания нового/развитие существующего продуктового ряда (Приложение: Характеристика участников рынка в РФ). По данным открытых источников, развитие продукта или производственных процессов, усиление НИОКР, а также повышение качества продукции составляет не более 15%, от общего числа отечественных производителей. А основной же задачей отечественных производителей продолжает оставаться сохранение существующих позиций на рынке через постоянное приспособление к текущим условиям (таблица 20). И это на фоне доминирующего значения в деятельности лидеров отрасли (ведущих компаний автопрома) работ по созданию интегрированных систем «продуктпроизводство» для разработки сложного продукта.

Таблица 20 — Классические решения вопроса развития отечественного производства на современном этапе

Основные направления	OEMs	OESs	Ритейл и дистрибьюция
По повышению взаимодействия участников рынка	<ul> <li>направленность на повышение ценности продукта для клиентов</li> <li>Получение преимуществ при формировании добавленной стоимости</li> </ul>	• сотрудничество с большим числом субъектов рынка • Расширение компонентного ряда • внедрение мировых стандартов при производстве компонентов	<ul> <li>развитие сервиса, постпродажногообслуживания</li> <li>формирование долговременных отношений с поставщиками;</li> <li>поощрение производителей к производству многофункцго продукта</li> </ul>
Развитие	• изменение версий продукта под спрос • новые рыночныесегменты • предложение в бизнессегменте	<ul> <li>рост технологической эффективности</li> <li>снижение производственных затрат</li> </ul>	<ul> <li>послепродажное обслуживание, доп.услуги</li> <li>развитие механизмов коммуникаций</li> </ul>
По формированию бизнес-моделей	• сотрудничество с иностр.производителями, с целью использования их технологий, платформ, моделей и др.	• формирование стратегий устойчивого и долгосрочного роста выручки	<ul> <li>использование социальных медиа и интернет-продаж</li> <li>сотрудничество с международными инвесторами</li> </ul>

В контексте	• формирование	• создание стратегических	• формирование стратегии
развития рынка	финансово-зависимых	альянсов с	мультибрендовой розничной
	бизнес-единиц	производителями	торговли
		оборудования, R&D-	• создание и развитие центров
		центрами)	по пост-продажному
			обслуживанию
По развитию	• контроль программ	• развитие систем	• оценка потенциала роста
поставок/	локализации	управления предприятием	региона
формированию	производства	• Создание	
цепочки создания	участниками рынка	производственных	
стоимости	• мониторинг	мощностей в особых	
	преимуществ,	экономических зонах	
	предлагаемых		
	Правительством страны		

Источник: систематизировано автором (на основе данных Департамента станкостроения и тяжелого машиностроения Минпромторга России $^6$ , Стратегии развития автомобильной промышленности РФ)

в) развитие технологий производства и создания продукта касаются отдельных преобразований в материалах компонентов, обработке деталей и процессного сопровождения, реже — проектирования отдельных компонентов/продукта как самостоятельной единицы. Но практически никогда — комплексного преобразования систем создания продукта, производственных и технологических, систем управления. Причем, из всех участников рынка, наибольший акцент на развитии продукта делают не OEMs-, а OESs-производители;

г) несмотря на усилия по производству отечественных компонентов демотивацией к производству выступает: 1. сравнительно низкое качество выпускаемых компонентов; 2. сравнительно низкий спрос со стороны отечественных ОЕМ-производителей. В связи с чем ОЕМ-производители запрашивают необходимый уровень локализации для ОЕМ-производителей до 55-60% (вместо ранее 30%) при производстве двигателей и коробок передач до 2030 года [12].

Согласно Концепции долгосрочного социально-экономического развития России одной из ключевых задач экономической политики

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Пивень В.В. О направлениях развития станкосроения и тяжелого машиностроения России. Минпромторг России.

государства является развитие высокотехнологичного и конкурентоспособного производства, продукта машиностроения с высоким уровнем добавленной стоимости и локализацией наиболее критически важных технологий и компонентов.

Стратегическое целеполагание в перспективном периоде на самостоятельную производственную политику (полный цикл производства) в настоящее время реализуется посредством трансфера технологий и стандартов «продукт-производство» с последующей их диверсификацией и адаптацией под условия отечественного производителя (таблица 21) [14]:

Таблица 21 – Отечественные направления развития машиностроения

Направления	Сценарии	развития российского	о машиностроения
	Сегменты	Текущие задачи	Стратегические цели
1997 год – отверточная		Интеграция	Конкурентоспособность
сборка (SKD:Автодор);		вендоров в	на глобальных рынках
1998 год – «локализация		глобальные	(1/3 продукции на
по желанию» (Лицензия	Проморожатро	произв. сети через	экспорт)
TarA3 Sollers);	Производство конечной	механизм	Независимый нишевой
2002 год – «обязательная		локализации	игрок
локализация» (РПС:	продукции	производства.	
«Иж-авто», Toyota, GM,		Эффективность до	
VW, Nissan);		30% от объема	
2008 год – «прямой		спроса	
импорт технологий» (СП		Присутствие	Конкурентоспособность
«АвтоВАЗ» - Renauit);	Производство	отечественных	на глобальных рынках,
2012-2015 года – импорт	компонентов	OES-B	их высокая локализация
и внедрение технологий,	KUMIIUHCHIUB	глобальныхпроизв.	
импорт и внедрение		сетях	
стандартов		Инженерное и	Полномасштабные
менеджмента, контроля	НИОКР	технологическое	НИОКР для
качества, эволюция	IIIIOKI	обеспечение	отечественных
кластеров;		производства	производств
2020-е г.г. –	Необходимые	25 млрд. евро (50%	40 млрд. евро (25% -
формирование	инвестиции	- компании, 50% -	компании, 75% -
кластеров, экспортная	иньстиции	государство)	государство)
экспансия и			
импортозамещение,	Реалистичность	высокая	низкая
новая точка роста в	1 casinoin mocib	DDICORUM	IIIISKWI
экономике			

Источник: систематизировано автором по данным источников [14,49]

В сложившихся условиях развитие машиностроения обеспечивается по совокупности направлений (таблица 22):

Таблица 22 — Основные направления реализации промышленной политики РФ в 2010-х гг.

Документ	Цели	Стратегия достижения	Целевые индикаторы и	Фактические
-		целей	показатели	решения
Концепция	Формирован	<ul><li>– развитие</li></ul>	рост	Разработка
долгосрочно	ие	высокотехнологичног	капиталовложений;	технологий
ГО	комплекса	ои	расходы на НИОКР;	локализации,
социально-	высокотехн	конкурентоспособног	рост	кластеризации
экономичес	ологичных	о продукта	производительности	экономики;
кого	отраслей,	производства с	труда;удельный вес	Развитие
развития РФ	расширение	высоким уровнем	затрат на	логистической
	позиций РФ	добавленной	технологические	инфраструктуры
	на	стоимости и	инновации в общем	;
	глобальных	локализацией	объеме	Техническое
	отраслевых	наиболее критически	промышленного	регулирование
	рынках	важных технологий и	производства; экспорт	модернизации;
		компонентов	российских	Развитие
		<ul><li>интенсивное</li></ul>	высокотехнологичных	сырьевой базы
		технологическое	товаров; внутренние	
		обновление	затраты на	
		производств	исследования, уровень	
		<ul><li>формирование</li></ul>	гармонизации	
		центров глобальной	национальных	
		компетенции в	стандартов РФ с	
		обрабатывающей	международными	
		промышленности		
Государстве	Интеграция	– создание новых	инвестиции в	<ul><li>поддержка</li></ul>
нная	РФ в	технологий и	высокотехнологичные	OEMs
программа	мировую	материалов;	проекты; объем	(конечный
РФ	технологиче	<ul><li>стимулирование</li></ul>	производства	производитель),
«Развитие	скую среду,	экспорта;	продукции	OESs
промышлен	освоение	— создание	наноиндустрии;	(поставщики
ности и	новых	инфраструктуры:	обновление стандартов	первого и
повышение	рынков	инжиниринговые компании и R@D-	на уровне,	последующих уровней)
ее	инновацион ной		соответствующем мировому; повышение	уровнеи) – создание
конкурентос пособности		центры	экспорта продукции;	инновационно-
посооности	продукции		степень модернизации	технологических
			технологической базы;	центров (ИТЦ)
			рост индекса	цептров (итц)
			производства	
Указ	Создание в	<ul><li>– развитие</li></ul>	<ul><li>- увеличение доли</li></ul>	– повышение
Президента	России	региональной пром.	России на мировых	уровня
РФ от 7 мая	конкурентос	инфраструктуры	рынках	экономической
2018 г. №	пособной,	- техническое	высокотехнологичных	связи
204	устойчивой,	регулирование,	товаров;	территорий
	структурно	стандартизация;	– доля промышленных	(транспортные
	сбалансиров	<ul><li>государственная</li></ul>	предприятий	коридоры
	анной	информационная	получивших	«Запад –
	промышлен	система	«цифровые паспорта»,	Восток» и
	ности	промышленности	– импортозамещение в	«Север – Юг»)
		_ локальная	гражданских отраслях	'
		технологическая	промышленности	
		конкурент-сть на	-	
		основе импортных		

		технологий		
Дорожная	Присутстви	<ul> <li>разработка продукта</li> </ul>	– сокращение	производственн
карта по	e e	на основе технологии	стоимости	ые технологии;
развитию	отечественн	цифрового двойника;	производства;	технологические
новых	ых	– разработка	— <b>рос</b> т	стандарты;
производств	компаний на	субтехнологий	высокотехнологичных	цифровое
енных	глобальных		предприятий,	проектирование
технологий	высокотехн		применяющих	и моделир-ние,
(НПТ) в	ологичных		технологию цифровых	вкл.инжиниринг,
рамках	рынках,		двойников;	«умные»
реализации	сокращение		<ul> <li>сокращение времени</li> </ul>	модели,
мероприяти	сроков		разработки	«цифровые
й	вывода		высокотехнологичных	двойники»;
федеральног	новой		продуктов.	– новые
о проекта	продукции,			материалы;
«Цифровые	характеризу			– гибридные
технологии»	ющейся			технологии;
	высоким			- системы
	уровнем			управления
	добавленно			производством
	й стоимости			

Источник: систематизировано автором по данным источников [14],[48],[49]

Оценивая реализуемые в рамках промышленной политики решения на государственном уровне, определяем, что сформулированные подходы по производственного технологического развитию И потенциала машиностроения в РФ не претендуют на полноту и определяются несоответствием инструментария, методов И стратегий достижения поставленных целей. Отсутствует комплексность, локальность решений вопроса, фрагментарное использование новых производственных технологий в создании высокотехнологичной продукции, как то: информационные и коммуникационные технологии, аддитивные, нано-технологии и др. [1].

Также существует невозможность кросс-отраслевого трансфера и комплексирования передовых наукоемких сквозных технологий, обеспечивающих конкурентоспособность страны (таблица 23).

Таблица 23 – Крупнейшие экспортеры высоких технологий в 2010-х гг.

Страна-	Ранжи	Изменения на	Высокотехнологи	Доля мир.	Доминант
экспортер	ровани	глобальном рынке	чный экспорт	рынка выс-х	ный
	e	выс-х технологий,	(млрд. руб)	технологий,	сегмент *
		%		%	
Китай	1	↑ (7,1)	761 906	27	HHT
США	2	↓ (-3,9)	317 573	11	HHT

Германия	3	↓ (-0,4)	311 806	11	HHT
Южная	4	↑ (0,5)	4 167 827	6	MHT
Корея					
Япония	5	↓ (-1,4)	164 331	6	MHT
Сингапур	6	↓ (-0,1)	160 744	6	HHT
Франция	7	↓ (-0,05)	159 820	6	HHT
Нидерланды	8	↓ (-0,4)	110 832	4	HT
Швейцария	9	↑ (0,4)	88 498	3	MHT
Бельгия	10	↓ (-0,3)	77 071	3	HT

<sup>\*</sup> НТ - высокотехнологичный экспорт; МГТ - средне-высокотехнологичный экспорт; ННТ — сверх-высокотехнологичный экспорт. Источник: систематизировано автором (на основе аналитических данных агенства международного сотрудничества ITC: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/licensing/906/wipo\_pub\_906.pdf)

По факту, Россия является нишевым производителем высокотехнологичной продукции со слабым конкурентоспособностью в большинстве товарных сегментах рынка и высоким уровнем зависимости от импорта (таблица 24).

 Таблица
 24
 Экономическая
 зависимость
 России
 от импорта

 высокотехнологичных товаров

Основная группа продуктов	Коэффициент торгового	Доля импорта из стран,
(инженерия)	дисбаланса Российской	наложивших санкции
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Федерации	против России (%)
Ядерные технологии	0,98	72
Двигатели и турбины	0,01	81
Машины и оборудование (кроме	0,89	54
ядерных технологий, двигателей и		
турбин)		
Коммуникационные технологии	0,73	31
Электрооборудование	0,67	54
Компьютерное оборудование	0,9	30
Оптическое оборудование	0,64	29

Источник: систематизировано по данным Росстата (https://rosstat.gov.ru/)

Исходя из вышесказанного, существует необходимость альтернативного решения по развитию отечественного машиностроения, в соответствии с общемировыми трендами отрасли. Например, адаптация релевантных практик развития лидеров отрасли исходя из существующего технологического развития отечественных производителей, а именно: антиципация проблемных ситуаций и выработка предложений по поиску

решений на основе положений теории классического развития производства (концепция производства), нацеленной на соответствие реализуемой производственной парадигме: сохранение существующих позиций на рынке «функциональных через формирование эквивалентов» условиях глобализации отрасли [6]; привлечение конструкторских и технологически решений по продукту/производству на патентной основе; продоложение развития принципа «одна покупка – три сотрудничества» (совместные предприятия); перемещения границы пространства возможностей развития технологического производственного И потенциала машиностроения посредством применения стратегических альтернатив: формирования отечественных трансформационных, гибких, адаптивных, интегрированных корпоративных систем, нацеленных на соответствие будущим стратегиям устойчивого развития отрасли: развития отечественного производственного и технологического потенциала.

Рациональность заявленной гипотезы исследования может быть подтверждена:

1. Релевантными практиками лидеров отечественного машиностроения, с выделением их отрицательных последствий (таблица 25).

Таблица 25 — Сравнение показателей развития систем «продуктпроизводство» ведущих мировых лидеров с отечественной практикой

Подход, сложившийся в отечественной	Опыт ведущих мировых	
практике	производителей	
Проектирование продукта на основе	Разработка продукта единой кросс-	
«инициативы конструктора», «по образцам»	функциональной командой специалистов	
Разработка продукта без решения об	Исключение возможности	
экономической целесообразности «в начале»	административно-волевого решения по	
PD-	продукту	
Реализация инструментов SE-, IPD-	Современные методы и инструментарий	
концепций с серединной фазы разработки	разработки продукта реализуются,	
продукта – с прототипирования	начиная с концептуализации продукта	
Управления стоимостью осуществляется с	Цели по стоимости продукта	
начала старта производства, реже - с	формируются на этапе «Решение о	
прототипирования	реализации проекта»	
Отсутствие оценки цепочек создания	Процессно-ориентированная оценка	

Подход, сложившийся в отечественной	Опыт ведущих мировых		
практике	производителей		
стоимости по системе разработки продукта	цепочек создания стоимости		
Отсутствие пролонгации опыта, повторение	Оформление отчетности с фиксацией		
типовых ошибок	положительного и отрицательного опыта		

Источник: систематизировано автором (на основе [48],[67],[86])

В связи с чем, приобретают значение вопросы: проектных и производственных практик комплексной разработки продукта, формирования оригинального конструкторского и технологического задела, использования инструментария сравнительной оценки экономикотехнологической эффективности решений.

- 2. Эмпирическими результатами реализации концепции продукта в РФ, результативности их практикоприменения в условиях отечественного производства в 2010-х гг. как то: сокращение времени разработки высокотехнологичных продуктов с 10% до 25%; достижение целевых характеристик разрабатываемого продукта за счет виртуальных испытаний; ростом выработки на одного рабочего на 10-30% в зависимости от предприятия; сокращения затрат на рабочую силу на 18-33%; увеличение скорости работы оборудования на 190%, продуктивности – на 180%. По данным открытых источников, сохранение тенденции позволит отечественным производителям получить дополнительный экономический эффект от 55 232,1 млрд руб. до 110,46 трлн руб. к 2025 г. [7], [41].
- 3. Показателями эффективности развития корпоративных систем отдельных отечественных производителей, реализующих концепцию продукта на практике (таблица 26).

Таблица 26 – Релевантные практики реализации концепции в РФ

Показатели	Значения	
1. Доля отдельных концепций управления и	кол-во предприятий/доля в общем	
организации PD-систем	числе	
TQM, 6 Сигм, 20 ключей и др., кол-во предп. /доля в общем числе	25 / 5%	
Kaizen, кол-во предприятий/доля в общем числе	25 / 5%	
Business system, кол-во предприятий/доля в общем числе	25 / 5%	

Показатели	Значения		
Lean system, кол-во предприятий/доля в общем числе	143 / 28,6%		
Product system, кол-во предприятий/доля в общем числе	282 / 56,4%		
Production system, кол-во предприятий/доля в общем числе	78 / 31%		
2. Затраты производителей на внедрение и развитие PD-систем	доля в сумме затрат		
ПАО ГАЗ, затраты – процент от выручки	2%		
ООО «Луидор»	0,2%		
ООО «ЛиАЗ»	0,2		
ООО «АвтоКом»	0,1		
3. Выгоды от внедрения и развития корпоративных систем (производственных систем, PD-систем)	значение результата		
в сфере машиностроения: снижение себестоимости	на 30% (год. экономия 11,5 млн рублей)		
сокращение незавершенного производства	на 50% (доп. год. доход 130 млн рублей)		
высвобождение производственных площадей	на 30%		
высвобождение рабочей силы	на 25% (снижение ФОТ > 1,3 млн рублей в год)		
в ПАО ГАЗ: сокращение расходов	на 30% (экономия 65 млн рублей за 1 неделю)		

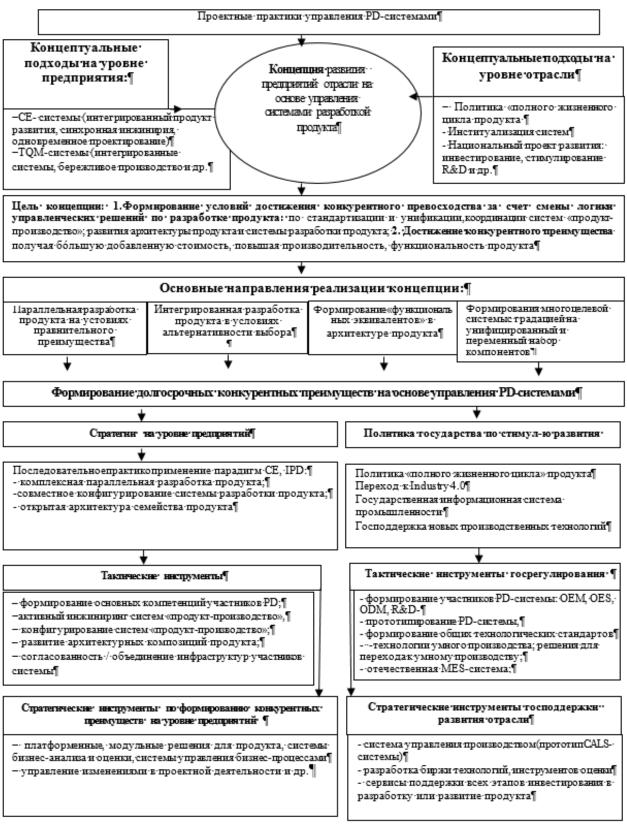
Источник: систематизировано по данным сайтов компаний: ООО «АвтоКом», ПАО «ГАЗ», ООО «Луидор», ООО «ЛиАЗ»

Участие государства как стратегического регулятора системы, иститута управления развития отрасли в этом случае может быть представлено разработкой инструментария формирования и развития систем разработки продукта на предприятиях машиностроения.

Основными положениями в этом случае выступают:

- кластеризация решений по ее формированию как на государственном уровне управления, так и уровне управления предприятиями;
- адаптационное интеграционное взаимодействие стейкхолдеров системы через достижение баланса интересов;
- государственные нормативные стимулы для развития машиностроения и производства.

В соответствии с выдвинутой гипотезой исследования развитие систем разработки продукта предприятиями отрасли целесообразно рассматривать в контексте составляющих:



Источник: разработано автором на основе проектных практик разработки продукта отечественного машиностроения, Стратегии развития транспортного машиностроения РФ до  $2030 \, \text{г.}$ ( http://government.ru/docs/28874/)

Рисунок 10 — Концепция развития предприятий отрасли на основе управления системами разработки продукта

- 1. разработка продукта с акцентом на интеграцию ODM-OEM-OESsпроизводителей и FTSs-CEM- R&D-поставщиков, определяющей степень сложности продукта;
- 2. управления возрастающей сложностью продукта через стандартизацию, унификацию и масштабирование части элементов формируемой системы разработки продукта.

#### Таким образом:

Сотрудничество при разработке продукта в современной экономике выступает инструментом обеспечения конкурентоспособности продукции машиностроения, позволяет производителю обеспечить дополнительные инвестиции в мощности и технологии, получить альтернативность выбора. Сосредоточение внимания на «интегрированном управлении разработкой и продукта» найти В совместных развитием онжом комплексных исследовательских проектах основе кооперации (RJV-подход), на объединении с целью совместного использования результатов исследований (RSJV-подход), в теориях формирования «производственных ассоциаций и спонтанных сетей» «корпоративных сетей», «сетей компетенций».

Предпосылкой роста значимости проектных решений по продукту становится резкая трансформация подходов к вопросу, начиная с середины XX века: традиционное выделение в качестве отдельного бизнес-процесса, с последующим достижением этапа, когда комплексная разработка продукта (IPD-подход) превалирует над разработкой производственной системы. В современной экономике системная, комплексная разработка продукта обеспечивает сокращение общего времени выполнения проекта, снижение затрат, повышение производительности труда, где экономия временных затрат достигается за счет совмещения этапов работ, сокращению количества ошибок, допущенных на начальных фазах проекта.

Важнейшим условием реализации IPD-подхода выступает повышение эффективности процессов разработки продуктов. Однако, практика

современного машиностроения, ПОМИМО преимуществ, выявляет недостатков: затраты на разработку и риски для качества продукта в краткосрочном периоде часто растут, что является потенциальным источником циклов доработки; процесс не является «plug-and-play», так как процессов разработки полная интеграция продукта И планирования производственной системы почти не достигается, определяя нестабильность успеха PD-проектов и по н.в.

Поступательный рост сложности производства, а также увеличение сложности продукта, определяют поэтапное развитие IPD-подхода: в 1980-х-1990-х годах идея дополняется CoPS-концепцией (концепцией сложного продукта и систем) с задачами по обеспечению контроля за критериями результативности в системах. В 2010-х гг. интенсивной технологией развития машиностроения выступает интеграция систем создания продукта производственных систем. В 2010-2020х гг. приобретают значимость вопросы взаимодействия учатников PD-системы, включая: ODM-, OEM-/вендоры, OES/«OEM-поставщик»/ FTSs-поставщики, CEM-производители, R&D-поставщики и управление сложностью систем. Значение приобретают также взаимосвязи между разработкой продукта, её эффективностью и управлением вариантами продукта и производством; определение условий необходимости улучшения разработки продукта (конфигурации продукта, гибкость, оптимизация затрат и перемещение добавленной стоимости), разработка технологий координации систем разработки производственных систем и другое. Активное применение систем разработки продукта производителями, обусловлено требованиями и граничными условиями, с которыми сталкиваются производители машиностроения в 2010-xгодах: большее количество участников И целей, междисциплинарность, распределенная разработка продукта, подвижность границ решений, авторство подходов.

Предпосылкой роста значимости систем разработки продукта также становится отраслевая практика сочетания развития производства и систем

управления продукта с целью сокращения времени запуска продукта в производство — в среднем примерно на четверть за счет применения PD-технологий, посредством максимально точной координации деятельности конструкторов и инженеров-технологов (уменьшения инженерных часов), управления логистикой, количеством элементов и платформенной насыщенностью систем «продукт-производство», моделей продукта, с позиции инжиниринга, дизайна, качества, уровня производительности. И изменение стоимости разработки продукта — каждое удвоение количества вариантов увеличивает затраты на единицу продукции примерно на 20-30%, что предопределяет потенциал темы к развитию вопросов.

Исходя из чего гипотезой исследования выступает утверждение, что развитие современного машиностроения возможно путем адаптивного, ситуативного управления системами разработки продукта на основе положений IPD-концепции (комплексной разработки продукта); путем использования сравнительно новой стратегической альтернативы: формирование трансформационных, гибких, адаптивных, интегрированных эффективных систем разработки продукта. В рассматриваемом контексте решающее значение приобретают вопросы экономического обоснования целесообразности выполнения заявленных задач.

Исходя из вышесказанного, существует необходимость антиципации проблемных ситуаций и выработки предложений по поиску решений к системному подходу комплексной разработки продукта, как интенсивной философии развития производства последующего уровня.

В соответствии с выдвинутой гипотезой исследования развитие систем разработки продукта предприятиями отрасли целесообразно рассматриватьв контексте составляющих:

1. разработка продукта с акцентом на интеграцию ODM-OEM-OESs-производителей и FTSs-CEM- R&D-поставщиков, определяющей степень сложности продукта. Новизна – во вводе группы экономических показателей оценки;

2. возрастающей управления сложностью продукта через стандартизацию, унификацию и масштабирование части элементов формируемой системы разработки продукта за счет: 1) формирования продукта В контексте стратегии управления вариантами (освоения множества); 2) реализации потенциала общности архитектуры PD-системы.

# 2. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТА

#### 2.1. Разработка продукта, ее экономические результаты

Разработку продукта целостно определяют как процесс формирования технико-экономической системы (продукта, производства) [74, С. 249]; как фазовую модель, в которой фазы процесса формируются последовательно перекрываясь [151], как процесс многомерного адаптационного интеграционного взаимодействия участников системы [305], как систему, включающую подсистемы, где разработка продукта представляет собой и конкретный бизнес-процесс и корпоративную функцию [233]; как процесс, в результате которого информация о рынке преобразуется в информацию и товары, необходимые для производства продукта для коммерческих целей» [108]; как системную деятельность по определению запросов потребителей – охватывает продукты, процессы, людей и организацию [254]; как бизнеспроцесс, включающий от первоначальной идеи и обзора рыночной информации до окончательного утверждения продукта и процесса и передачи информации о проекте и продукте во все функциональные области компании; кросс-функциональный процесс, основа для нового бизнессценария [250]; как совокупность действий по разработке сложного продукта или альтернативных продуктов для выполнения определенной функции.

Применительно к отрасли машиностроения термин «разработка» описывается как «[...] внедрение научных принципов в практически-реализуемые продукты и процессы»; как целенаправленная оценка и применение результатов исследований и опыта, например, экономических, где целями разработки могут быть: базовые решения, технические продукты, и т. д. [310]. Дизайн (как этап разработки продукта) относится к совокупности всех действий, с помощью которых разрабатывается информация, необходимая для производства и использования продукта, и

заканчивается определением документации продукта. Эти действия включают предварительную материальную композицию отдельных функций и частей продукта, сборку в единое целое и определение всех деталей. Соответственно, разработка продукта описывает целостный процесс от проверки идеи на технологическую осуществимость до ее реализации. Конструкция концептуальная единица творческих как продуманных действий может рассматриваться в этом контексте как часть развития или процесса развития.

Для данного исследования под разработкой продукта предлагается формирования экономико-технической понимать процесс системы условиях интеграционного, распределенного взаимодействия участников системы-стейкхолдеров процесса. Параметрами модели считать: действия / этапы, ресурсы; элементы организации как то: организационную структуру, организационную культуру, профессиональную квалификацию, другие взаимоотношения, связанные c аспектами организации работы; информацию: данные, структура и формат.

В начале 1990-х гг. разработку продукта начинают с решения задач параметрического проектирования, часто реализуемого посредством изменения значений переменных в условиях конструктивных ограничений; разрабатываются решения с особым акцентом на процессы сборки; проектирования компонентов [45, 46], [178]. Кроме того, экспоненциальный прогресс информационных технологий позволил разработать мощные инструменты, которые зарекомендовали себя в качестве стандарта в современной разработке продуктов (например, системы CAD, и т.д.). Разработка продуктов в этот период часто основана на концепции Lean Product Development (Lean PDD) [328]. Экономическое сопровождение проекта разработки авторами не предлагается.

В соответствии с возрастающим объемом работ в этот период различают следующие типы разработки продукта: • формирование конструкции с фиксированным принципом: в основном это касается

размеров отдельных элементов продукта; • вариантивность конструкции: продукт конфигурируется как комбинация существующих модулей, которые часто можно параметризовать, а базовая расстановка модулей планируется заранее; • адаптация конструкции по функциям, дополнительным принципам решения, модификациям; •дизайн нового продукта.

В 2000-х гг. разработчики фокусируются на ключевых элементах: ценность, знания, улучшения, инжиниринг, параллельное или комплексное проектирование систем на основе множеств. Разработка процесса находится в релевантном соотношении с разработкой продукта (таблица 27).

Таблица 27 — Сравнение процессов разработки продукта производителями отрасли (на примере подотрасли — автомобилестроения)

Произ	П	роцессы разработки продукта	
водите	Концепция создания	Этапы разработки / Системы	Основные решения по
ЛЬ	продукта		развитию
Toyota	Разработка концепции;	Разработка	Процессы, добавляющие
	дизайн; проектирование	взаимозависимых	ценность продукту в
	систем; изготовление	подсистем:технологической;	контексте PLM; их
	опытных образцов;	ресурсного и	стандартизация,
	инструментальная	инструментальногообеспече	постоянное улучшение
	конструкция систем; запуск	ния, др.; определение	
	продукта; контроль	стоимости продукта,	
	качества	ценности для потребителя	
Volks	Разработка концепции	Этапы разработки:	Создание моделей,
wagen	продукта: планирование	разработка концепции;	дизайн-решений;
	продукта; дизайн; модель	разработка серий,	разработка концепции,
	управления; виртуальное и	сопровождение	прототипирование,
	физическое	производства; определение	тестирование;
	прототипирование;	взаимозависимых макро-фаз;	разработка производ-ых
	тестирование; подготовка к	сосредоточенность на	систем; настройка
	серийному производству;	разработке продукта	процессов, запуск
	разработка	нескольких моделей.	опытного производства;
	предварительной серии и		запуск продукта на
	выход продукта на рынок;		рынок; оценка
	оценка результатов		результатов
	первичной		коммерциализации
	коммерциализации		продукта
Genera	Концепция развития	Этапы разработки: три	Определение
1	продукта: разработка	основные макро-фазы:	ассортимента
Motors	продукта; развитиесистем	разработка портфеля	продукции, изучение
	продукта; дизайн-решения;	продуктов;опережающее	рынка; формирование
	доработка конечных	развитие конечного	дизайн-решений,
	продуктов и	продукта, процесс развития	разработка конечного
	процессов;испытания	основных компетенций.	продукта; разработка

процессов;	формирование	Сосредоточенность на	производ-ых	процессов,
опытного	производства,	разработке продукта от трех	систем;	настройка
начало	производства	до девяти моделей	процессов,	запуск
продукта			опытного про	оизводства

Источник: систематизировано автором по данным ENAPS (база данных лидеров отрасли), по данным официальных сайтов компаний, работы Р.Бергера [86]

В.Эверсхайм, Г.Шух [138] в контексте интегрированной разработки продуктов и процессов предлагают к использованию ряда общих инструментов, таких как ТQM, SixSigma и т.д. В качестве основной трудности в управлении разработкой продукта авторами отмечается большое количество инструментов, систем, методологий, решений, разработанных профессионалами из разных областей, которые не согласованы друг с другом (таблица 28), и соответственно применяемых с разных позиций.

Таблица 28 — Методологические подходы к разработке продукта, получившие распространение в 2000-х гг.

Автор	Наименование PDP-подхода	Назначение	
Эванс	Дизайн спирали	Концепции дизайна продуктов	
Купер	Концепция сценических ворот	Создание новых продуктов	
Вомак и соавт.	Концепция бережливого производства	Бережливая разработка продукта	
Кларк и Фудзимото	Концепция воронки	Эффективность разработки продукта: стратегия, организация и управление	
Кларк и Уилрайт	Концепция воронки	Управление разработкой новых продуктов и процессов	
Розенфельд и соавт.	Эталонная модель управления жизненным циклом продукта (PLM)	Управление процессом разработки продукта	
Дитер и Шмидт	Концепция сценических ворот	Инженерный дизайн системы продукта	
Вебер	Практико-ориентированный подход	Процессы разработки продукта отрасли	
Ульрих, Эппингер	Концепция прототипов	Дизайн и разработка продукта	

Источник: систематизировано автором (на основе источников [108], [109], [114], [268], [305], [313], [314])

Так, инженеры склонны рассматривать разработку продукта как конкретную деятельность по расчетам и испытаниям; дизайнеры как результ концептуальных исследований; менеджмент как категорию, независимо от

технологического содержания, ориентированную на организационные и проблемы; специалисты по качеству — в контексте применения отдельных инструментов; экономисты — с позиции стоимости процесса разработки, цепочки приращения ценности и т.д.

В 2010 гг. разработку продукта отрасли предлагается осуществлять в интегрированных, распределенных проектах развития систем, где системный интегратор замыкает на себе: компетенции по продукту, потенциал развития, ноу-хау в ключевых технологиях, управление процессами, управление проектами, общую концепцию по всей технологической цепочке (табл. 29).

Таблица 29 – Методологические подходы к разработке продукта в 2010-х гг.

Назначение	Стратегии / модели / методы / PDP-
	подхода
Снижение внутренней сложности	Стратегии сложности
посредством: реализации потенциала	Стандартизация, Массовая
общности в архитектуре продукта,	кастомизация, Индивидуализация
применение эффект масштаба, синергии от	
общих компонентов продукта, технологий	
Расчет вклада отдельных свойств продукта	Анализ рынка и потребителей:
	Конджойнт-анализ, АВС-анализ,
	Модель KANO
Управление сложностью с помощью мер по	Методы модульности, модуляризации
дизайну продукта на этапах концептуализации	DfV «Дизайн для разнообразия» MFD
продукта	(QFD, MIM, DFx), Энергетическая
	башня и др.
Структура предполагает минимально	Анализ и оптимизация отклонений
возможное дерево вариантов, что позволяет	продукта
избежать «ненужные» отклонения на уровне	Программа сокращения разнообразия
сборки	(VRP), Оптимальное разнообразие

Источник: систематизировано автором (на основе источников [279, 280])

В 2020-х гг. решения по разработке относятся в первую очередь к содержанию и архитектуре систем продукта [206], к реализуемым функциям, организационной модуляризации: адаптивным технологиям и нацелены не на избежание, но на контроль сложности [323], на эффективность конфигурируемых систем [307], на соизмерение дифференциации продуктов с производительностью систем, эффективностью производства [185].

Классической градацией подходов к разработке продукта считается:

- бережливым • исследования, связанные cпроизводством управлением процессом разработки продукта, упоминаемые в работах Т.Фудзимото [108],Дж.Вомак, Д.Джонс, Д. К.Кларка, Pooc [327.], И. Красовской, Н. Власова [33]. Авторы делят процесс разработки продукта на три основных этапа: стратегия развития, где представлена структура для планирования и управления портфелем текущих проектов; управление конкретным проектом (решение вопросов управления, лидерства, типов взаимодействия между видами деятельности и других вопросов, связанных с конкретным проектом); обучение (представление способов обеспечения улучшения процесса и организационного обучения на основе опыта работы с проектом).
- исследования, связанные с управлением качеством продукта Д. Клаузинг из Массачусетского технологического института в значительной степени ответственен за внедрение методологии QFD в промышленность США в начале 1980-х [111]. Особое внимание уделяется интеграции методов QFD, метода Тагучи и матриц Пью, решениям по 6 Сигм;
- исследования, связанные с одновременным проектированием продуктов и процессов. Б.Прасадом [253] выделяется два «колеса», называемых колесом организации продуктов и процессов (РРО) и колесом интегрированной разработки продуктов (IPD). В центре обоих у автора есть описание четырех элементов поддержки методологии, а именно: модели, методы, показатели и меры. Два колеса также имеют промежуточное кольцо, которое представляет команды или организационную структуру. Первое рассматривает факторы, определяющие степень колесо, сложности управления разработкой продукта, и организационные факторы. Второе колесо, определяет интеграцию процесса разработки продукта. Систематизация источников позволила сопоставить процессы: а) разработки продукта и б) разработки процесса производства, формируемых параллельно или комплексно;

исследования, связанные с управлением разнооразием продуктов. Выделенная организационная функция включает в себя сопровождение продукта на всех этапах его жизненного цикла, от начала до запуска, направленная на максимизацию коммерческой ценности продукта через его постоянное улучшение. Где параметром, определяющим конечный продукт выступает вариативность, традиционно реализуемая через его функциональную дифференциацию, через модульность продукта, платформы продукта. Вариативность продукта соразмерная по показателям выгоды представлена подходом семейств продуктов, производством в различных архитектурах, методологией проектирования продукта «сверху вниз» и «снизу вверх». Альтернативами, предлагаемыми в 2010-х гг., выступают подход массовой настройки И конфигурации систем, управление изменениями [209], «конструкторами» систем [215]. Останавливаясь на теоретическом аспекте вопроса определяем следующее. Варианты продукта – это «объекты с высокой долей идентичных компонентов, которые имеют сходство по крайней мере в отношении одной из характеристик геометрии, материала или технологии. Идентичные компоненты, не зависящие от варианта, называются идентичными частями». С.Гроткамп [160] определяет «вариант» как элемент набора похожих объектов, которые в значительной степени идентичны с точки зрения их компонентов, но все же представляют собой комбинацию определенных характеристик определенных И компонентов, а соответственно - имеют высокую долю идентичных групп или частей. Соответственно, варианты – это объекты с высокой долей идентичных компонентов, варианты базовой конструкции, которые имеют сходство по крайней мере в отношении одной из характеристик геометрии, материала или технологии. Сумма всех аналогичных вариантов образует спектр продукции, семейство продуктов или ассортимент продукции. Альтернативные варианты включают обязательные группы компонентов, а также дополнительные объемы. Разнообразие вариантов продукта, видимое покупателям за пределами компании – внешнее разнообразие. Напротив,

внутреннее разнообразие – это узлы и варианты деталей с учетом различных конструктивных характеристик ИЛИ принципиальных решений ДЛЯ функциональных возможностей одинаковых ИЛИ используемых производственных процессов. Также существует множество продуктов; разнообразие продуктов разных типов, семейств или линий в ассортименте компании. В литературе не обязательно проводится различие между разнообразием продуктов И вариантов. П.Ратноу [256] определяет разнообразие продуктов, которое ОН также называет сложностью производительности, как количество продуктов и их вариантов. Согласно автору, внутренняя сложность и затраты на сложность возникают из-за большого количества вариантов, например в отношении производственных процессов и ресурсов. Большое разнообразие приводит к увеличению сложности не только в разработке продукта, но также в процессах, предшествующих и последующих [279]. По этой причине часто используется сложность, вызванная разнообразием, или термин «управление сложностью» [279,280] используется как синоним управления вариантами [325]. Традиционная цель управления вариантами – уменьшить внутреннее и внешнее разнообразие, чтобы уменьшить и контролировать сложность, вызванную разнообразием вариантов. Экономическая цель – снизить прямые и косвенные затраты на варианты [132].

Исследования показали, что увеличение производителем разнообразия продукта не всегда приводит к повышению эффективности производства, напротив, может иметь неблагоприятные последствия для производительности [271], что объясняется рядом причин:

– более длинные производственные линии продукта способствуют росту производственных затрат из-за трудностей координации и управления [187], из-за увеличения сложности производства и логистики [85]. Где продуктовая линия (линейка) – совокупность продуктов, характеризуемых схожим функционалом, находящимися в одной ассортиментной категории [187], оцениваемая с позиции длины (т.е. числом вариантов продукта в линейке) и

широты (количества товарных линий, которые производитель предлагает в данном отраслевом сегменте). Проблемы со сложностью производства могут привести к снижению масштаба производства. Все эти дополнительные расходы стимулируют рост цены, что ведет к снижению спроса со стороны покупателя [85]. Рост организационной и операционной сложности, обусловленной увеличением разнообразия в линейке продуктов увеличивает средние производственные затраты на продукт [97], приводит к более высоким коммерческим расходам [255]. Производители ограничивают возникающие отрицательные эффекты, реализуя стратегии унификации дифференцированного продукта или «сдвигают» возможность изменения продукта на более позднюю стадию процесса [187];

– до «критического» уровня увеличение продуктовой линейки способствует росту показателей производительности, после чего возникает ситуация, когда продажи уже существующих продуктов, их доля на рынке уменьшаются из-за внедрения нового продукта, получившая название «эффект каннибализации» [228], ставя под угрозу воспринимаемую клиентом идентичность продукта, как существующего, так и вновь созданного, сокращая жизненный цикл и не позволяя производителю окупить свои инвестиции в продукт. В дополнение к каннибализации, предложение чрезмерного разнообразия может вызвать неопределенность в предпочтениях и создать конфликт решений, который задерживает решение клиента о покупке [120]. По оценке экспертов положительную корреляцию с эффективностью бизнеса показывает ограниченное количество продуктов (таблица 30).

Таблица 30 — Критерии принятия решений по вводу (выводу) единиц ассортимента при управлении разнообразием продукта\*

Ассортиментные	Значение маржин.	Кол-во позиций в	Окупаемость
единицы:	рент-ти в отрасли	линейке продукта	инвестиций
- собственного	> 25%	> 10	< 3 года
производства			

- аутсорсинг,	> 20%	> 10	< 1 года
оффшоринг, иное			
стороннее произ-во			
«под заказ»	> 15%	> 5	< 1 года

\* маржинальная рентабельность менее 5% - основание вывода продукта из ассортимента

Источник: систематизировано автором по аналитическим данным (URL: https://www.mckinsey.com/), данным Р.Бергера [86]

В тоже время, в ряде исследований выделена положительная связь между эффективностью фирмы и расширенным ассортиментом [82, 229]. более Доказывается, что длинная линейка продуктов позволяет производителю реагировать на широкий спектр потребностей потребителей [229], что, в свою очередь обуславливает рост предложения и долю рынка. Эффект обучения на собственном опыте повышает качество продукта [288]; создает возможность экономии [187]; увеличивая добавочную стоимость продукта [164]. Расширение вариантного ряда продуктов обеспечивает платежеспособный спрос, поскольку решение позволяет снизить затраты потребителя на приобретение продукта [83]. Вышесказанное определяет взаимосвязь между разнообразием продуктов И эффективностью производства.

Управление разнообразием включает не только сокращение ассортимента (семейств) продукта, но также определение вариантов с правильным («оптимальным») соотношением затрат и выгод. Различают два стратегии управления разнообразием: варианта стандартизацию И индивидуализацию (дифференциацией) и их комбинацию. Стандартизация включает меры по согласованию объемов (компонентов, процессов и др.) либо либо качестве последующей меры заранее, В «оптимизации». Индивидуализация (модульность, массовая кастомизация, др.) относится к разбиению продукта (или процесса) на отдельно управляемые независимые единицы, которые, помимо управления вариантами, также ΜΟΓΥΤ больших использоваться разделения проектов, оптимизации ДЛЯ процессов [72]. Массовая кастомизация/настройка производственных

предусматривает адаптацию серийных продуктов к индивидуальным пожеланиям и потребностям клиентов, начиная от простых модульных систем и конфигурируемых продуктов до действительно индивидуально разработанных продуктов [76,77]. Д.Андерсон, Дж.Пайн представляют настройку массовую как создание различных продуктов co стандартизованными процессами. Д.Андерсон показывает, что массовая настройка имеет более стандартизованные рамки и требует меньше индивидуальных корректировок, чем меры реактивного изменения. Индивидуализация рассматривается как возможность и как требование для выживания на высокотехнологичных рынках. Проектирование разнообразия означает реализацию внутреннего разнообразия посредством адаптированной к сложности или соответствующей разнообразию архитектуры продукта [189]. Решения о разработке архитектуры продукта влияют на ассортимент продукции, достижимость качества самого продукта, на эффективности и результативности разработки продукта [305]. Также определяются граничные условия для освоения разнообразия.

Внедрение новых продуктов или вариантов приводит к дополнительным затратам на производство, отсроченным по времени (таблица 31).

Таблица 31 – Причины увеличения затрат из-за большого ассортимента

Развитие	Опытный образец	Производство	
разработка дополнительных	дополнительное	дополнительные итерации	
элементов; технико-	тестирование по этапам	по контролю; подготовке	
экономического обоснования	разработки	к производству, сборке;	
контроль, мониторинг	логистика, закупки	прерыванию PLC-кривой	
анализ; оцента, рефлекция	дополнительные	поддержанию	
продажи	итерации по:	производительности,	
дополнительные усилия для:	управлению; закупка	качества	
обучения; планирования	материалов; комплект-е		
	заказов увеличение		
	заказов; запасов		

Источник: систематизировано автором на основе модели затрат и производительности систем Т.Лин [208], подходу к разработке эффективных продуктов М.Мартина [215], методов управления затратами при разработке новых продуктов С.Моралес [226]

Большое разнообразие увеличивает сложность и, следовательно, затраты. Эффект сложности, возникающий из-за высокого уровня разнообразия, приводит к значительному отклонению между фактическими и плановыми затратами [143]. Также большое разнообразие определяет эффект каннибализма, когда внедрение новых вариантов приводит к сокращению объема продаж существующих продуктов.

Исследования позволили определить, что наибольшее распространение получили стратегии [27]:

- интегрированная разработка продукта (процесса). Формирование кросс-функциональных команд позволяет запараллеливать деятельность по разработке системы «продукт-производство». Перекрестная интеграция функций и технологий, а также продуктов и их поколений позволяет повторно использовать существующие решения;
- одновременное или параллельное проектирование всех процессов (синхронный, параллельный инжиниринг) создания продукта. Зависимость между деятельностью и корпоративными функциями усиливает значение координациираспределенной разработки продукта. Предпосылкой для оптимизации являются инвестиции на ранних этепах, повторное использование в новом продукте, базовая организационная структура, система управления ресурсами, кросс-функциональность;
- реинжиниринг бизнес-процессов (BPR) радикальное изменение бизнес-процессов, систем, организационных структур, решений. Цель улучшения с точки зрения времени, качества и затрат, удовлетворенности потребителей. Продолжением BPR-подхода является интегрированный реинжиниринг продуктов и процессов (IPPR-подход), в котором улучшение процессов ориентировано на «оптимизацию» ассортимента продукции.
- управление жизненным циклом продукта (PLM) предоставление
   всей необходимой информации о продукте в контексте жизненного цикла.
   PLM фокусируется на интеграции технических параметров с бизнес-

параметрами для достижения эффективной разработки и координации разработки продукта (рисунок 11);



Рисунок 11 — Модель управления жизненным циклом продукта, предложенная Дж.Кунья и соат. [163]

- всеобщее управление качеством (TQM) концепция, в которой качество продуктов, процессов и взаимоотношений выступает центральным компонентом корпоративной философии;
- методика «шести сигм» процессы проектируются таким образом, чтобы получаемые результаты отличались незначительно, а их среднее значение улучшалось. Для каждого процесса критические характеристики качества (СТQ) определяются, взвешиваются и количественно оцениваются потребителем;
- бережливое мышление, также называемая бережливым производством, системой производства Тоуоtа (TPS) нацелено на производство того, что действительно требуется заказчику в необходимом количестве или разнообразии по подходящей цене, в нужное время и с требуемым качеством. Система управления стремится к операционному превосходству за счет повышения качества (постоянного улучшения) в

рамках выстроенного непрерывного производственного потока или интегрированной логистики (например, Канбан), стандартизации процессов, «выравнивания» производства, корпоративной культуры(ОНNO 2009, стр. 28),;

– управление портфелем проектов с позиции недостаточности ресурсного обеспечения, приводящего к нарушению взаимодействия и координации шагов, работ. Управление портфелем проектов определяем как визуализацию ландшафта проекта [186]. Цель – избежать дублирования работы и повторного неэффективного использования существующих решений, технологий. Функции управления: мониторинг и контроль существующих проектов, управление ресурсами, генерация стоимости.

### Оценка эффективности (результативности) разработки продукта

Эффективность и результативность, по мнению значимого количество ученых, выступают одинаково важными категориями при разработке продукта [4], [52], [53]. Эффективность системы на стадии разработки продукта в общем виде, помимо положительного роста доходов (прибыли) производителя, отношения выработанного продукта к стоимости затрат [92], экономией определяется приростом капитала, средств, улучшенный денежный поток, рост денежного эквивалента создаваемых компетенций [277]. Приводится различие между абсолютной (доход превышает расходы) и относительной экономической эффективностью (отношение дохода к альтернативных решений), где альтернативное стоимости решение относительно более экономично, если оно предполагает меньше затрат при тех же доходах [34]. Производительность отражает отношение результата к использованию ресурсов. Если результат представляет собой показатель прибыли (например, операционную прибыль), а знаменатель – показатель стоимости, то частное называется прибыльностью (рентабельностью) разработки продукта.

Результативность трактуется как способность PD-процессов и систем к достижению определенных целей, нормативов или требований по проекту

[204]. Требованием к разрабатываемой системе классически выступает: результативности, 1) единое понимание как TO: функциональность, промышленный дизайн, стоимость [177]; 2) учет затрат на продукт с позиции PLM-цикла, определяемых базовым решением системы. Часто разработке продукта в дополнение к классическому расчету затрат, определяются: а) руководящие принципы экономически эффективного проектирования, сопровождающие разработку процедуры учета затрат, системы информации о затратах, вышестоящих систем [132]; б) требования ориентации на клиента, также проявляющиеся в различных формах, включая в себя акцент на качество (QFD развертывания функции качества [71], индивидуализацию (например, массовую настройку [249], инклюзивный дизайн; 3) учет взаимозависимостей элементов системы. понимание влияния разнообразия продуктов на производительность, фиксация причинно-следственных цепочек «дефицита производительности», причин неэффективной работы (таблица 32).

Таблица 32 — Факторы низкой производительности (причины потерь при разработке продукта) в соответствии с Lean\*

Фактор/ состояние	Категория	Подкатегория
исследований	причины	
Стратегия, организационный	стратегия	Несоответствующая корпоративная
дизайн, архитектура		стратегия
продукта, управление		Несоответствующая стратегия продукта
ассортиментом		Несоответствующая стратегия проекта
Дизайн процессов,	Управление	Несоответствующие стандарты
организационный дизайн	процессом	процесса
		Неправильно определенные процессы
		Недостаточное соблюдение процесса
		Нерабочие процедурные инструкции
		Недостаточно определенные методы
		Непрогнозируемое развитие процесса
Управление проектом,	Управление	Недостаточное планирование
измерение	проектом	Недостаточное сопровождение проекта
производительности		Недостаточное измерение
		производительности
		Недостаточное использование ресурсов
Коммуникации, общение	Поток	Недостаточный поток информации
	информации	между проектами

		II
		Недостаточный поток информации в
		проектах
Инфраструктура	Данные	Недостаточные стандарты
	идокументация	документации
		Недостаточное соблюдение стандартов
Руководство, развитие	Менеджмент	Отсутствие развития компетентности
персонала, корпоративная		исполнителей
культура, дизайн команды		Ненрамотное распределение
		обязанностей (задач, специализации)
		Недостаточное понимание задач
		сотрудниками
Развитие персонала	Сотрудников	Недостаточная дисциплина
		Недостаточная осведомленность
		Недостаточное понимание задач
		сотрудниками
Инфраструктура	Инструменты	Неправильные инструменты
		управления проектами, их отсутствие
		Неправильные инструменты
		управления процессами, их отсутствие
		Неподходящее или не работающее
		оборудование

<sup>\*</sup>представлены в подходах: ценностная стратегия в SE, Lean принципы для инноваций, Lean PD-поток; бережливый логистический подход; основанная на множестве структура для разработки продукта

Источник: систематизировано автором (на основе [59],[118],[153],[172])

При оценке эффективности (результативности) разработки продукта, помимо количественных критериев, ориентированных на экономическую эффективность, для принятия решения также используются качественные или неденежные критерии; опережающие (измеряют факторы, влияющие на процесс) [8], запаздывающие (показатели результатов) и совпадающие показатели [47]; модель совершенствования бизнеса (модель EFQM), разработанную Европейским фондом управления качеством для оценки [298], компаний результатов деятельности включающую критерии организации и результата деловой активности; индекс жизнеспособности процесса (PVI) как инструмент для измерения прогресса в управлении процессами в проектах [153]. Т.Гертнер и соавт. [148], основываясь на стандартной блок-схеме разработки продуктов автомобильной В разрабатывают показателей: промышленности, три типа показатели измерения прогресса проекта: затраты, время и производительность отслеживаются в ходе проекта и устанавливаются относительно друг друга;

показатели для измерения фазовой эффективности - соотношение «ввод-3) показатели проекта вывод»; такие, как время, затраты производительность. Эти три типа индикаторов связаны в единую систему индикаторов развития, эффективности И результативности индикаторов 3Е). Ф.Голм [154] разрабатывает методологию проектирования и оптимизации процессов разработки, выделяя различие между показателями уровня компании (ликвидность, прибыльность, рынок), уровня бизнеспроцесса (время, затраты, качество), уровня разработки продукта (включая время выполнения, степень использование ресурсов, степень качества А.Пирсон и соавт.[245] описывают GOPE-модель (оценка эффективности, ориентированная на достижение цели), подход к оценке эффективности в области исследований и разработок. В основе определение критических факторов успеха, влияющих на финансовый успех НИОКР, которые в свою очередь предполагают наличие стандарта оценки и показатели для измерения производительности. Ряд авторов [170] разрабатывает метод оценки стратегических преимуществ управления данными о продукте (PDM), который основан на системе показателей, описывающих в т.ч. эффективность разработки продукта, эффективность обработки заказов и финансовый успех компании, учитывая количественные и качественные аспекты. Определяются эффективность технологических лидеров и последователей технологий. Определены индикаторы для измерения успеха компании (например, увеличение продаж на одного сотрудника НИОКР), но их связь с результатами разработки не доказана. Рядом авторов разработка продукта рассматривается как наукоемкая система. разрабатывает метод П.Нохе [235] ориентированного на результат проектирования процессов разработки, где базовые конструкции – это процесс, продукт и модель оценки. Ядром процедуры является модель для ориентированной на результат оценки концепций продукта и связанных процессов разработки.

Денежные оценки и – в случае качественных критериев – взвешенные значения полезности, используются для оценки концепций продукта. Оценка процесса основана на идеально-типичных градиентах зрелости на этапах разработки, типичной идеальной организационной структуре и типичнодокументов. Для идеальном использовании оценки используются технические, экономические параметры. Р.Омагбеми [238] анализирует проблемы измерения эффективности проектов по разработке нового продукта и приходит к выводу, среди прочего, что прямое измерение вклада разработки продукта в прибыль невозможно [238, С. 66]. Чтобы избежать этой проблемы, показатели эффективности автором определены как Соответствующая заменяющие стандарты. система индикаторов разрабатывается в качестве примера, но автор видит необходимость в настройке соответствующих систем индикаторов специально для компании. На основе анализа данных массива проектов К.Хёфлер, И.Фричи [175] представляют PIA (Product Innovation Assessment) метод оценки инновационных решений по продукту. Авторы предлагают показателей, включая индекс эффективности, индекс будущего потенциала. Также проводится различие между структурными показателями показателями эффективности для ключевых показателей областей РDдеятельности. Производительность в области PD также определяется совокупностью работ, которые обрабатываются или завершаются за единицу времени.

Для сравнения, на практике же показатели, используемые для оценки эффективности (результативности) PD-процесса: 1) часто ограничены достижением целей проектирования (продукт – результат), а не действиями, необходимыми для разработки продукта (процесса); 2) отрывочны и не системны (таблица 33).

Таблица 33 — Опыт практикоприменения управления системой создания продукта на основе показателей по периодам (% использования показателей производителями отрасли за период от их общего числа)

в 1990-х гг.	в 2000-х гг.	в 2010-х гг.
_	79	79
61 /21 *	63/ —	61 / –
_	60	67
_	31	
_	56	62
51	54	58
_	49	53
_	49	38
29	36	_
34	32	48
56	48	41
_	_	35
_	_	32
_	50	79
	- 61 /21 * - - - 51 - - 29	-     79       61/21*     63/-       -     60       -     31       -     56       51     54       -     49       -     49       29     36       34     32       56     48       -     -       -     -       -     -

\*тот-5 показанелей инпетисктуальной собственности в 1990-хгг. патенты поданные/рассматриваемые 61 товарные знаки поданные/ выданные 21

 товарные знаки поданные/ выданные
 21

 IP-технологии
 11

 % одобренных патентов
 10

 IP-технологии в приобретенных лицензиях
 9

Источник: систематизировано автором по данным источников [29], [32], [39], [50]

Расширение перспективы оценки эффективности (результативности) на уровне концептуализации продукта представлено в работах ряда авторов по направлениям:

1) финансы, где эффективность определяется как максимизация количественно измеренной отдачи от инвестиций в PD [94]; [222]. Задача

финансовой перспективы – предвидеть возврат инвестиций в разработку продукта. Преобладают количественные показатели, основанные фактических значениях и использующие классические алгоритмы расчета (общие расходы на PD, прибыль, относящаяся к усилиям в области PD, индекс финансовой эффективности PD, как соотношение увеличенной прибыли от новых продуктов, к инвестициям в PD. Выполняется сравнение «запланированными И фактическими расходами проекта» И «запланированными и фактическими доходами проекта».

- 2) PD-показатели эффективности, рассматриваемые с позиции их повышения через создаваемую полезность для потребителя [180], [289]. субъективную потребительную Авторы определяют полезность как стоимость, которая выражает степень удовлетворения потребностей. Может определяться через расчет производительности, доходности, выручки, оборота, прибыли. Выручка равна обороту в случае, если все операционные услуги были проданы в рассматриваемый период. Доходность выражает операционные результаты, с одной стороны, в единицах количества, а с другой – в денежных единицах. Прибыль или убыток компании – положительная или отрицательная разница между доходами и расходами или услугами (доходами) и затратами. Также предлагаеются критерии, которые сложно оценить в денежном выражении: это ценность нескольких альтернативных решений, общая ценность альтернативы – как сумма всех вкладов в ценность полезности (произведение весового коэффициента и степени выполнения). Потенциал выгоды для потребителя оценивается с удовлетворенности клиентов [165],помощью индексов производителя в дополнение к выгоде для клиента. Э. Халтинк и А.Гриффин [179] выделяют два периода времени оценки: 1) этап концептуализации, 2) этап комерциализации.
- 3) достижение целей стратегического планирования [108] [227], [315]. Стратегическая перспектива управления учитывает вклад R&D, PD в бизнесстратегию и способность R&D, PD инициировать новые стратегические

решения. Показателем результативности выступает оценка возможностей для бизнеса, полученных по факту реализации исследований [241]: завоевание сегмента, рынка, улучшение позиционирования на рынке, заключение стратегических партнерств. Рассчитываются количественные показатели (доля рынка, процент результатов PD, др.), качественные показатели. Измерение транслирует соответствие между плановыми и фактическими стратегическими целями компании [300].

- 4) управление процессами с позиции улучшения показателей качества, времени выполнения и стоимости PD-проекта [108] [320]. Индикаторы оценки производительности процессов в R&D, PD предлагаются в работах по бережливому производству Кларка и Фухимото [С.375–377]: время разработки, производительность труда и общее качество продукции, эффективность коммуникации, определяя лидерство в операционных процессах, эффективность процесса в рамках аудита качества. Расчет выполняется на уровне команды, проекта, результаты последовательно агрегируются до достижения высшего уровня управления.
- 5) управление технологиями, где высокая производительность понимается как эффективное управление технологией продуктов для создания непрерывного потока конкурентоспособных продуктов [118] [218]; [219]. Фокус – на относительно низких затратах по сравнению с затратами на разработку исходной архитектуры продукта. Метрики производительности, полученные с этой точки зрения, представляют собой воплощенную в основных технологиях» новых продуктов по сравнению с предыдущими продуктами, «эффективность платформы» – показателя, определяемого как степень, в которой продукты, основанные на продуктовой платформе, приносят производителю доход по сравнению с затратами на разработку этих продуктов, исчисленного в динамике с течением времени при вводе новых версий платформ. Динамика технологий и инноваций измеряется на уровнях: отдельных продуктов (в рамках версии платформы семейства продуктов); совокупном уровне для семейства продуктов в целом;

и для разных версий платформ для разных семейств продуктов для сравнительных целей. Измерение эффективности и результативности платформы подразумевает измерение стоимости разработки и продаж продукта с течением времени по мере развития архитектуры платформы и разработки производных продуктов.

- б) эффективность исследовательских усилий по разработке продуктов, а также сочетания новых или существующих знаний в новых продуктах [274],[308], где инновация определяется как «введение новых производительных комбинаций в экономику». С этой точки зрения оценивается эффективность создания новых знаний, применения новых знаний или создания новых комбинаций существующих технологий в продуктах. Показатели эффективности включают «количество патентов, сгенерированных в рамках одного проекта или в течение определенного заранее определенного времени», «количество патентуемых открытий на у.е., потраченных на НИОКР», «% продуктов, разработанных за последние и лет», и «% содержания новых технологий в новых продуктах». Д.Мейерсдорф и Д. Дори [221] предлагают количественное измерение «уровня проектных инноваций» (LPI), которое выражает меру инноваций с точки зрения внедрения новых технологий в новые проекты.
- 7) управления знаниями, где оценивается производительность, расширение возможностей PD и нематериальных активов [211] [320]. Эффективность R&D, PD связана либо с улучшением качества знаний, либо с улучшением способности R & NPD преобразовать знания в добавленную стоимость [188]. Используются показатели: «эффективность укомплектовании персоналом» «скорость передачи новых знаний И технологии в разработку продукта».

Систематизация оценки эффективности (результативности) открывает возможность для дальнейшейзадачи исследования — операционализации метрик, реализованой на примере лучших практик в отрасли, с учетом PLM-цикла, в «макросистеме всей организации».

# 2.2. Системы разработки продукта: экономико-технологическое содержание в машиностроении, элементный состав

Систему разработки продукта (также упоминается как модель ZOPH) трактуют как: набор упорядоченных элементов, взаимосвязь которых определяет свойства продукта, его функциональные характеристики, его производство, которые отделены от окружающей среды границей системы и связаны с этой средой параметрами ввода-вывода [156]; сложную сборку, которая находится на более высоком уровне в структуре продукта и, как правило, состоит из нескольких сборок [121]; совокупность решений по основным процессам – проектирование мощностей, ландшафта процессов, декомпозиция процессов и элементов до уровня прочтения исполнителями, совокупности методологий, методов, инструментов, алгоритмов, регламентами реализации, управления и контроля, системой управления изменениями и др. [320]; совокупность моделей процессов и методологий в стандартизированных планах проекта (рисунок 12).



Источник: составлено автором (на основе источников [121], [156], [233], [320] Рисунок 12 — Элементы PD-архитектуры

Настоящая работа следует определению X. Негеле и соавт., в соответствии с которым система представляет собой набор взаимосвязанных элементов, с присущими им свойствами и функциями и представлена четырьмя подсистемами: 1) системой процессов; 2) системой действий – по ресурсному обеспечению, организационному сопровождению; 3) целевой системой, представленной корпоративной стратегией и стратегией продукта;

4) объектной системой, включающей продукты в виде промежуточных результатов, а также документов или прототипов [233].

Системные элементы выстраиваются в так называемую системную структуру в зависимости от характеристик. Например, для технической системы могут быть созданы компонентные и функциональные структуры, для экономической системы — организационные структуры. Разложение системы на подсистемы и системные элементы создает иерархическую структуру системы. Эти различные подходы могут быть отправными точками для действий по развитию.

Различают закрытые и открытые, а также статичные и динамические системы. Замкнутые системы образуют преимущественно независимую систему без или с минимальным взаимодействием с окружающей средой. Статичные системы имеют постоянную структуру, а их системные элементы и связи не проявляют активности. Благодаря взаимодействию элементов свойства системы превосходят возможности отдельных элементов системы. Сочетание возможностей позволяет использовать выделенные преимущества в рамках инноваций и инвестиций [19]; формировать общих ключевых компетенции, снижать затраты и др. (таблица 34).

Таблица 34 — Преимущества практики интеграции систем «вендорстейкхолдер» на уровне разработки продуктов машиностроения (значения показателей лидеров отрасли в 2020–хх гг., в среднем)

Преимущества систем	Преимущества
Сокращение времени на	От 5–25 дней до 1–2 дней
формирование спецификаций	
Экономия рабочего времени	Инженерные часы сокращены с 5 рабочих недель до 1 - 2
	рабочих дней. Время PD-цикла снижено на 1-6 дней
Повышение качества	Сокращение ошибок в конфигурациях; повышение
спецификаций	качества спецификаций с 60% до 100%
Снижение производственных	Постоянные производственные затраты снижены на 50%,
затрат	переменные – на 30%. Ошибки сборок снижены до 1-2%
Снижение стоимости	Снижение стоимости до 60%
конфигурации продукта	

Источник: систематизировано автором по данным сайтов лидеров среднего машиностроения, на основе аналитики Р.Бергера [86]

Изучение вопроса с позиции содержания, формирования и развития позволила определить:

- 1. Разноплановость содержания дефиниции «система продукта», которая может быть представлена:
- решениями по основным процессам концептуализации продукта и его производства;
- совокупностью методологий, методов, моделей, процессов потоков работ во всех областях разработки продукта, исходя из PLC-цикла продукта;
- совокупностью выстроенных: 1) корпоративных систем («инженерия систем предприятия») системой производства, непосредственно «превращающую проект в физический артефакт» и системой создания продукта («РD-системой»); 2) сервисной системы системы обслуживания процесса создания продукта; 3) системы поддержки продукта, включающую систему ресурсного обеспечения (например, формирования компонентной базы) и инструментарий поддержки операционной деятельности.
  - сочетанием производимых продуктов по ряду признаков [215],
- совокупностью вспомогательныхи конечных продуктов в соответствии с заявленным планом выпуска (рисунок 13).



Рисунок 13 – Конечные и вспомогательные продукты (на основе [79])

- совокупностью вспомогательных систем обслуживания, сервисных систем, способствующих работе предприятия. Исходя из данной позиции: 1) архитектор системы концентрируется на потребностях, функциях, характеристиках системы и ограничениях (проблемах), 2) идентифицирует компоненты подсистем и их сборки, создавая технические характеристики продуктов, чертежи, архитектуры, др.; 3) преобразует набор требований

потребителя и технологических возможностей производителя – в продукты и процессы.

– совокупностью функциональных элементов структуры с позиции их архитектур и сформированных взаимозависимостей и элементами концепции, определяющих организацию процесса разработки продукта по времени [99] (рисунок 14).

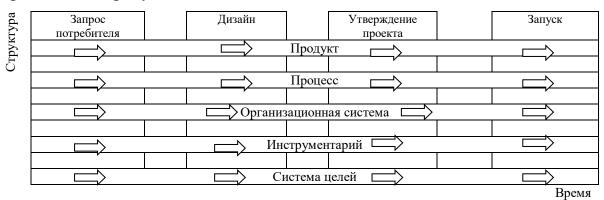


Рисунок 14 — Матричный фреймворк — временной и структурный подход к формированию системы разработки продукта (на основе [99],[143])

- 2. Теоретические характеристики системы как то:
- а) элементный состав системы (таблица 35).

Таблица 35 – Элементный состав систем создания продукта

Продукт	многокомпонентная система, формирование которой, а также ее содержание,		
	предопределяется научно-технологическими преобразованиями в ходе		
	реализации производственных отношений		
Архитектура	совокупность компонентов системы, а также связей между этими		
продукта	компонентами, состав и взаимодействие которых определяет общую		
	функциональность конечного продукта производства		
Семейство	группа продуктов, имеющих общие элементы, модули, функции и/или		
продуктов	подсистемы, а также набор переменных, которые остаются постоянными от		
	продукта к продукту		
Портфель	полный набор возможных конфигураций продуктов, то есть пространство		
продуктов	решений, предлагаемых бизнес-единицей в определенный момент времени		
Модуль	кластер аналогично зависимых элементов с сильной связью внутри и с		
	другими кластерами		
Платформа	набор модулей, компонентов и интерфейсов, образующих общую структуру,		
	используемую для разработки и создания потока производных семейств		
	продуктов		
Структура сис	Структура системы:		

Структура	абстрактное представление базовых элементов, идентифицированных по их				
системы	типу и соотношениям				
Атрибут	универсальное свойство, параметр или функция, используемые для				
системы	анализа/характеристики объекта. Могут быть конкретными, с фиксированным				
	набором значений (например, цвета) или описывать диапазон значений				
Модель	упрощенное описание системы				
где:					
Система	- совокупность процессов концептуализации продукт; подсистем, их				
создания	декомпозиция до уровня исполнителей, совокупность методологий, методов,				
продукта	инструментов, алгоритмов, регламентов управления и контроля и др.;				
	- потоки процессов во всех областях разработки продукта, исходя из PLC-				
	цикла продукта.				
	- совокупность моделей, процессов, методологий реализации проектов				
	создания продуктов и т.д.				

Источник: разработано автором на основе ZOPH- модели Х.Негеле (модель системы разработки продукта) [233],[155], [180], практик совместной разработки продукта (DIP-подход) [89],[173]

б) соотнесение систем создания продукта и производственных возможностей производителя в контексте используемой производственной парадигмы (таблица 36).

Таблица 36 – Система производственных парадигм в контексте их эволюционной смены

Парадигма	Ремесленное	Массовое	Гибкое	Массовая	Устойчивое
	производство	производство	производство	кастомизац-я	производство
Старт	~ 1850	1913	~1980	2000	2020 – 2025
парадигмы					
Технологичес	электрооборуд	концепт	компьютериз	информацио	нано-, био-
кие	ование	«взаимозаменяе	ация	нные	материалы
возможности		мость,		технологии	
		унификация,			
		стандартизация»			
Производстве	механизирован	движущаяся	FMS* -	RMS*	рост
нные	ные	сборочная	роботизация		производства
возможности	инструменты	линия &DML*			
Стратегия	работа по	складской вид	производство	настройка	взаимод-ие
производства	заказу	процесса	-на-заказ	продукта	«потребитель
	(прообраз	доставки заказа	(MTO-),	(CTO-)	– продукт –
	ETO-	(MTS-	сборка на		производство
	стратегии)	стратегия)	заказ (АТО-)		(совместная
					конфигурац)

<sup>\*</sup> где DML = выделенная линия обработки, FMS = гибкие производственные системы, RMS = реконфигурируемые производственные системы

Источник: систематизировано автором по данным дорожной карты «TEXHET»<sup>7</sup>

в) используемым технологиям и инструментарием (таблица 37).

Таблица 37 — Развитие PDP- и CE-методологий в части формирования PDпроцессов, получившие распространение в экономике (фрагмент)

Подходы	Характеристика	Реализация в системах создания
		продукта
Параллельное	Кроссфункциональность	Инжиниринг систем дополнен
проектирование	процессов разработки	сбалансированностью бизнес-процессов
систем	продукта, запаралеливание	инвесторов, субподрядчиков,
	систем «продукт-	поставщиков, продавцов
	производство»	
Философия	Устранение источников	Цель – улучшить PD-процесс по
бережливого	потерь в производстве,	процессам, инструментарию,
производства	сокращение времени PLC-	технологиям; максимизация ценности
	цикла; минимизация	продукта для посребителя
	ресурсов, устранение видов	а) создание прибыльных операционных
	деятельности, не создающих	потоков ценности; б) проектирования
	добавленной ценности.	систем управления; в) параллельная
		инженерия; г) минимизация изменений
		графиков работ; д) управление потоками
		данных через «фабрику знаний»
Методология	а) метрика, определяющая	Цели: сокращение количества
«дорожная	потребительские	ошибок/дефектов в производственном
карта»*	характеристики продукта и	процессе, снижение производственных
	затраты производителя по	затрат:
	достижению необходимого	<ul> <li>– «на ранних стадиях процесса</li> </ul>
	уровня его качества; б)	жизненного цикла»
	совокупность инструментов	<ul><li>на этапе дизайна продукта;</li></ul>
	и методов улучшения	-системное использование
	процессов и систем, в)	совокупности инструментария и
	философия «полного»	методов, а не отдельных их элементов
	удовлетворения потребителя	
Концепция	- оптимизация	1) сегментация цепочек поставок; рост
множественного	ассортимента;	эффективности цепочек поставок;
выбора	– оптимизация структуры	2) повышение производительности;
	продукта путем	3) обеспечение гибкости производства
	определения: разнообразия	4) создание «оптимальной» структуры
	•	

 $<sup>^{7}</sup>$  План мероприятий («Дорожная карта») «ТЕХНЕТ» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы: протокол №1 / Правительственная комиссия по модернизации экономики и инновационному развитию России. 2021 г. 166 с.

-

ресурсов,	использ	уемой	продукта (полу	чение эффек	та масшта	аба;
технологии,	вари	антов	выстраивание	стратегий	«сбоки	на
архитектуры			заказ»)			
-совмещение	первых	двух				
шагов		через				
детерминированный выбор						

<sup>\* (</sup>TR - Technology roadmaps) часто используются для разработки новых продуктов при оценке затрат на изменение производительности. Источник: систематизировано автором на основе сравнения: PD-процесса [130], [182], SE-метода (параллельное проектирование систем) [64],[104],[112], IPD-подхода (комплексная разработка) [74], моделей множественного выбора, LPD-практик (философии бережливого мышления) [115],[118]

## г) стратегиями развития систем создания продукта (таблица 38)

Таблица 38 – Стратегии развития систем, получившие распространение в современной экономике как в РФ, так и на мировом рынке (фрагмент)

Руководящие принципы и	Описание / аргумент
механизмы	
Приспособление продукта к	Настройка продукта в соответствии с потребностями
потребностям клиента	клиента, используя определенные стандартизированные
(конфигурация)	элементы продукта
Адаптация продукта к	Приспособление продукта к местному законодательству и
местному законодательству	стандартам важно для работы на разных рынках и в разных
и стандартам	странах
Инвестиции в НИОКР, R@D	Проектирование семейства продуктов требует инвестиций в
	исследования и разработки
Новые технологии	Семейство продуктов может способствовать замене старых
	технологий на новые. Это необходимо учитывать при
	определении логики дизайна
Доступность компонентов /	Увеличение количества возможных источников поставок
ресурсов	способствует экономичным закупкам
Улучшение управляемости	Улучшение управляемости производства (прозрачность,
производства	предсказуемость, гибкость)
Поздняя точечная	Сохранение продукта в качестве базовой модели или
дифференциация	стандартного продукта в течение как можно более
	длительного периода времени обеспечивает выгоды в
	производстве, поскольку процессы производства также
	могут быть стандартизированы. Изменение будет сделано
	на более поздних этапах производства
Перемещение производства	Перемещение производства (в более благоприятную
	область или ресурсную среду)
Снижение времени и затрат	Применение модульности систем
на наращивание объемов	
Децентрализация сборки	Возможность децентрализации сборки может быть важна,
	например, из-за ограничений существующих объектов или

		удаленности рыночных зон. Требования, установленные			
		средой сборки, могут учитываться при определении причин			
		для разделения модуля			
Снижение	стоимости	На стоимость транспортировки может повлиять			
перевозки		проектирование архитектуры в соответствии с выбранным			
		типом транспортировки, если нет других рациональных			
		альтернатив транспортировки, которые не влияли бы на			
		решения о структурировании продукта			
Сокращение	времени	На стоимость обслуживания могут влиять архитектура			
простоя и	затрат на	продукта и интерфейсные решения, учитывая доступность			
обслуживание		ипростоту замены модулей, которые могут нуждаться в			
		обслуживании			

Источник: систематизировано автором на основе [48], [49], [57], [78], [81]

Характеристики систем создания продукта выражаются через архитектуру, т.е. природу элементов, их количество и связи между ними.

3. Внутренними характеристиками PD-систем выступают: 1) степень сложности; 2) степень стандартизации; 3) степень новизны; 4) степень качества (в отношении отдельных систем).

Ключевым показателем «сложности» продукта является степень технологичности производства (рисунок 15), число используемых компонентов и их взаимосвязь и др.

Границы системы/ Диапазон систем	A4	В4	C4	D4
Система	A3	В3	Основная область/зона сложного продукта СЗ	Основная область/зона сложного продукта D3
Компонент	A2	B2	C2	D2
Комплект деталей (узел)	A1	B1	C1	D1
	Низкотехнологич- ный	Среднетехноло- гичный	Высокотехнологич- ный/наукоемкий	Сверхвысокие характеристики технологичности

Технологичная неопределенность/новизна

Источник: А.Шерхан [285]

Рисунок 15 — Градация технически сложных систем/сложных продуктов производства

Тип A (низкотехнологичные) продукты создаются на базе классических технологии; Тип В (среднетехнологичные) продукты включают некоторые новые функции, но большинство используемых технологий доступно к использованию; Тип С (высокотехнологичные) продукты создаются в основном на основе новой

технологии; Тип D (супер-высокие технологии) продукты, которые зависят от разработки/получения новых навыков и материалов, довольно редки, зависят от новых технологий. Они включают в себя чрезвычайно высокий уровень неопределенности, риска капиталовложений

Градация квандрантов в матрице учитывает иерархию систем по степени сложности, совокупности компонентов, числу подсистем [285]. Содержание «сложного продукта» можно определить исходя из его критических показателей, в т.ч. показателей насыщенности систем (ось Y) и степени технологичности производства (ось X).

Стандартизация, как характеристика систем создания продукта, «относится к ситуации, в которой несколько компонентов заменяются одним компонентом: а) в продукте, когда несколько уникальных компонентов заменяются общим компонентом в продукте. Делая это, можно рассчитывать на снижение сложности создаваемого продукта. б) между продуктами, когда компонентов заменяются общим/единым несколько уникальных компонентом для разных продуктах. в) между поколениями продуктов: общие компоненты используются в разных/модернизированных продуктах многократно. Степень стандартизации так же зависит от используемых групп машин и оборудования.

Степень новизны согласно руководству Фраскати [42] соразмерна степени снижения технологической неопределенности при производстве новых материалов, продуктов, устройств, при формировании новых PDпроцессов, систем или существенное улучшение уже существующих. Исключая производства перепроектирование запуск нового ИЛИ существующего производственного процесса, Фраскати признает, что отдельные виды деятельности, «такие как сборка могут содержать заметный элемент новизны». Директива DNVRPA203 выделяет четыре степени новизны технологий: 1) нет новых технических неопределенностей; 2) новые технические неопределенности; 3) новые проблемы; технические 4) совокупность новых технических проблем. В.Хубка, В.Е. Эдер [178] уточняют классификацию систем на основе степени их новизны, дополняя третий и четвертый классы: повторно используемые технические системы;

адаптированные технические системы; перепроектированные технические системы: необходимы концептуальные изменения; оригинальные технические системы: не существует технической системы, которая удовлетворяет требованиям; Таким образом, новое решение необходимо.

Степень качества (в отношении отдельных систем), основываясь на практикоприменении методологии PROsys, LLC в условиях отечественного производства, начиная с 2000-х гг. на предприятиях определяется следующими ключевыми принципами [30]: а) прозрачность процесса; б) синхронизация отдельных потоков работ; в) управление сроками запуска производства и вывода продукта на рынок; г) управление и контроль бюджета; д) аутсорсинг инжиниринга.

Подводя итог вышесказанному, определяем: научным сообществом категориальный аппарат по теме исследования с позиции инжиниринга раскрывается в полном объеме: предлагается совокупность элементов системы создания продукта в виде интеграции всех элементов в оптимальном балансе, а также подходы к формированию и методы проектирования систем. Вместе с тем каждая группа ученых, представляя свою позицию, указывает различные ключевые ракурсы в экономическом содержании относительно того, как можно достичь оптимального баланса элементов. Некоторые из них сосредоточились на определении эффективности процесса, некоторые — на том, как инструменты влияют на производительность, а другие — на то, как система выстроена содержательно с позиции затрат.

Результаты оценки предлагаемого подхода к моделированию системы создания продукта, служат основанием для предложения авторской трактовки дефиниции «система создания продукта» — на наш взгляд, трактовка должна учитывать кластеризацию решений по ее формированию с позиции смежных областей исследований: инженерного проектирования, экономики, операционного менеджмента и включать совокупность решений по основным процессам концептуализации продукта и его производства: оформленной системой управления атрибутами продукта, декомпозиции

работ по формированию интеграционной сети участников системы (ОДМ-; OEM-; OES- (FTSs); CEM; R&D-), ландшафта процессов (технологических, производственных, бизнес-процессов) виде федерации систем, используемых методов и инструментов, КРІ проекта; выписанными регламентами управления, изменениями в проекте, критериями оценки экономической эффективности, отражая концепцию многоэлементной деятельности (рисунок 16).

Система разработки продукта				
операнд-продукт	<ul> <li>сложный продукт, включая унифицированную и переменную подсистему</li> </ul>			
2.1. Сеть бизнес-процессов: Процессы первого уровня — система продукта Процессы второго уровня — производственные системы Процессы третьего уровня — поддерживающие,	<ul> <li>элементы: а) отношения – функциональные,</li> <li>физические характеристики; б) элементы, модули,</li> <li>платформы, др. компоненты, их декомпозиция; в)</li> <li>реализуемая архитектура; г) варианты – технические /</li> <li>технологические / экономические д) решения –</li> <li>общность, фактические данные, пролонгация</li> </ul>			
обеспечивающие  2.2. Организационная архитектура  2.3. Интеграционная сеть	<ul><li>результата</li><li>– матрица кросс-функциональных элементов</li><li>– внутрикорпоративная, межкорпоративная,</li></ul>			
участников системы	междисциплинарная, с привлечением ODM-; OEM-; OES- (FTSs); CEM; R&D-участников			
3. Инструментарий 4. Оценка результатов	<ul> <li>технологии, методы, методики, используемые при разработке продукта, формировании системы</li> </ul>			
5. Управление изменениями в проекте				

Источник: разработано автором на основе ZOPH- модели Х.Негеле (модель системы разработки продукта) [233],[155], [180], практик совместной разработки продукта (DIP-подход) [89],[173]

Рисунок 16 – Архитектура системы разработки продукта

где:

1. Предмет трансформации – операнд (материальный, проектный...) – продукт производства,

2.1. Сеть процессов. Сеть процессов представлена: 1) в концепции интегрированной разработки продукта и 2) в концепции разработки распределенного продукта, преимущественно сосредотачиваясь на вопросах в части методов проектирования, моделирования и визуализации процессов, включают в себя производственные сети, сети снабжения и инновационные сети. Где процесс – сумма взаимосвязей и действий, нацеленных на создание результата, добавленной стоимости [167,167], связующее звено систем» [99]. Термин «процесс» в международных стандартах определяется как взаимодействующих изменений в системе, посредством совокупность материя, информация преобразуются, которых энергия или транспортируются или сохраняются. М.Гайтанидес понимает под бизнеспроцессом термин «операционный процесс, который должен осуществляться для создания и продажи продукта или услуги» [147]. М.Хаммер, Дж.Чампи описывают процессы компании как «набор действий, для которых требуются один или несколько различных входных данных и которые дают результат, представляющий ценность для клиента» [168]. С точки зрения бизнеса, К. Франц и П. Каютер определяют термин «процесс» как «суммарный отчет о деятельности, которая приводит к результату по центрам затрат» [144]. Цепочка создания стоимости каждой компании, независимо от того, к какой отрасли она принадлежит, представляет собой последовательность действий по добавлению стоимости, от сырья поставщиков до товаров или услуг, доставленных конечному потребителю [251, С.38]. М.Портер также основные процессы, которые охватывают основные деятельности в цепочке создания стоимости и имеют принципиальное значение для компании.

Авторы различают варианты процесса, связанные с вариантами продукта, и варианты процесса, нейтральные к вариантам продукта. К. Бичльмайер [89] предлагает метод гибкого проектирования процессов разработки с помощью модулей процессов, с их декомпозицией до операционного уровня и уровня результатов. В «серой зоне» между

организацией процессов И организационной структурой, также интегрированной разработкой продукта, по мнению ряда авторов находится: бережливое управление [328],ориентация на создание ценности; реинжиниринг бизнес-процессов [167,168], управление изменениями [127, управление качеством [ISO], а также параллельное проектирование со стратегиями распараллеливания, стандартизации и интеграции. Большинство подходов исходят не от разработки продукта, а от производства. Тем не менее, онм содержат отдельные принципы, которые могут быть переданы на этап разработки продукта, включающие: модульность организации и «модулей», процесса, автономность интеграцию И создание сетей, определение стандартизированных процессов, ориентацию на процесс создания ценности, динамизацию и изменчивость конструкций, последующее отражение и распараллеливание процессов [277,278].

- 2.2. Организационная архитектура, выстроенная посредством интеграции функциональных областей (таких как R&D, технический инжиниринг, производство, маркетинг) идентифицируется как конкурентное преимущество для компаний-производителей, обеспечиваемое «внутренней интеграцией», «кросс-функциональными взаимосвязями» ИЛИ «межведомственными взаимозависимостями». Организационная структура отражает и структурирует компанию на подсистемы и определяет их компетенции, где совместная компетенция понимается как «степень взаимодействия, коммуникации, обмена информацией или координации между функциями»; как элемент PD-системы, который в контексте замены функциональной организации производства матричной структурой представляет собой среду, где интегрированные команды разработчиков продукта (ІРТ) согласовывают дизайн продукта и план производства, уменьшая неопределенность и дисперсию показателей его эффективности.
- 2.3. Интеграционная сеть участников системы, обеспечивающая межфункциональную интеграцию производителей, интеграцию поставщикови потребителей. На стадии проектирования продукта или позже

в производственном процессе, стейкхолдеры получают эксплуатационные формировании компетенции «межфункциональная преимущества при интеграция» через создание кросс-функциональных команд, повышая свою производительность в разработке новых продуктов, улучшая деятельность в области развития продукта посредством комплексной координации проектов и улучшения производственных процессов. Внутриорганизационное участие в интеграционной сети рассматривается как компетенция, реализуемая в процессе разработки продукта [312]. В то время как, межфункциональная интеграция определяется как: 1. практика управления затратами, обеспечивая общее понимание структур затрат при разработке продукта, систематизируя источники информации по направлениям маркетинг, производство, R&D и др, посредством вовлеченности поставщиков в производственные процессы производителя продукта [114], разграничивая их роли:

ODM-участники – разработчики продукта определенного функционала и элементной насыщенности;

ОЕМ- – производители конечного продукта (вендоры);

производители

OES- – поставщики компонентов продукта (FTSs-поставщики), субпоставщики;

производители

СЕМ- производители по контракту, выпускающие продукт под брентом производители вендора;

R&D- разработчики, проектанты производства, технологий (научнопоставщики исследовательские центры)

2. как практика объединение юридически и экономически независимых компаний, целью которых является осуществление экономической деятельности посредством кооперативных и конкурентных отношений обмена [272, С. 24] посредством формирования «сети компаний», как основы развития цепочек создания стоимости между компаниями ориентированной Согласно производства продукции, на клиента. сложившемуся в экономике мнению, сети компаний представляют собой особый вариант межфирменной кооперации [266], [247]. Основными преимуществами, которые ΜΟΓΥΤ быть достигнуты помощью корпоративных сетей, выступает расширение технологической базы, повышение конкурентоспособности продукта [272, С. 24]. Кроме того, быстрые коммуникационные и информационные каналы открывают перед производственными компаниями новые возможности для разработки своих бизнес-процессов с клиентами и поставщиками [248, С. 169]. Однако, согласно Х.Вильдеманн, , отдельные партнеры, как правило, не обладают всей необходимой информацией для координации своих действий с действиями других сетевых партнеров [323, С.422]. Координация является важной задачей управления сетью – как на стратегическом, так и на оперативном уровне. В научной литературе обсуждаются различные типы корпоративных сетей с различными организационными характеристиками сетевого управления; ЭТО взаимосвязанные сети, проектные стратегические и оперативные сети, а также виртуальные компании или виртуальные фабрики [217]. Однако каждая из описанных сетевых имеет определенные недостатки, если сравнивать использованием для развития краткосрочной производственной кооперации с целью динамической конфигурации межфирменных цепочек создания стоимости.

В исследовании под интеграцией поставщиков понимается процесс обмена информацией производителем и поставщиком при разработке продукта [246]; а также практика управления затратами, сопровождающая интеграцию [115]. Фактически деятельность часто представлена вовлечением поставщиков в производственные процессы производителя посредством предоставления поставщикам структуры «открытых книг», способствуя обмену информацией, касающейся затрат и технологи, улучшая совместную компетенцию межорганизационного сотрудничества.

Согласно Х.Вильдеманну, «сотрудничество в сетях и с меняющимися партнерами повышает гибкость компании» [324] и почти половина сотрудничества компании находится в сфере производства, т.е. в производстве деталей и сборке. Интеграция планирования и разработки показывает, что около 70% всего сотрудничества происходит в области

обработки технических заказов. Согласно Г. Рейнхарту и соавт. сети компаний, ориентированные на компетенцию, отвечают этим требованиям и формируют основу для краткосрочного и эффективного инициирования и осуществления межкорпоративного сотрудничества [261]. В свою очередь, потребителей понимается под интеграцией сотрудничество между производителя и его потребителей по разработке новых продуктов. Например, развертывание функции качества стимулирует исследование потребностей клиентов, состояния рынка [158], превращая это понимание в экономические технические, соответственно требования a И К производственному процессу и продукту.

3. Инструментарий. Инструментами выступают технологии, методики, методы, инструменты виртуального проектирования, картирования потока создания ценности [142], инструменты контроля и др.

1980	1986	1989	1991	1996	2000-е
JIT / Kanban TQM TPM Cellular Manufacturing MPR II	JIT / Kanban TQM TPM Cellular Manufacturing MPR II CIM Empowerment Kaizen	JIT / Kanban TQM TPM Cellular Manufacturing MPR II CIM Empowerment Kaizen Teghnology Menegment Training Total Material Flow Desing Menegment Manufacturing Strategy Perform Measures	JIT / Kanban TQM TPM Cellular Manufacturing MPR II CIM Empowerment Kaizen Teghnology Menegment Training Total Material Flow Desing Menegment Manufacturing Strategy Perform Measures Benchmarking Structure @ Culture Innovation Strategy Corporate Strategy Group Strategy Batch Size Reduction Non Financial Measures	JIT / Kanban TQM TPM Cellular Manufacturing MPR II CIM Empowerment Kaizen Teghnology Menegment Training Total Material Flow Desing Menegment Manufacturing Strategy Perform Measures Benchmarking Structure @ Culture Innovation Strategy Corporate Strategy Group Strategy Batch Size Reduction Non Financial Measures Simultaneous Engineering BPR Vendor Quality Supplier Partneship Value Stream Map	JIT / Kanban TQM TPM Cellular Manufacturing MPR II CIM Empowerment Kaizen Teghnology Menegment Training Total Material Flow Desing Menegment Manufacturing Strategy Perform Measures Benchmarking Structure @ Culture Innovation Strategy Corporate Strategy Group Strategy Batch Size Reduction Non Financial Measures Simultaneous Engineering BPR Vendor Quality Supplier Partneship Equipment ABC Control cycles QM Matrix Rhythmic operation Rhythmic operation analysis

Источник: систематизировано автором на основе сравнения: PD-процесса [95],[117], SЕметода (параллельное проектирование систем) [64],[104],[112], IPD (комплексная разработка продукта) [74], PLM-концепции (управление жизненным циклом продукта) [57],[163] и др.

Рисунок 17 – Развитие технологий, связанных с разработкой продукта

Однако, как отмечают Дж.Стерман, Н.Репеннинг, Ф.Кофман Ф. [293], инструменты проектирования сложных видов деятельности, продуктов и производственных систем, менее развиты, чем методы, применяемые при производстве продукта (например TQM). Системно инструменты разработки продуктов и их развитие представлены на рисунке 17.

Согласно теории систем, инструменты, поддерживающие разработку продуктов, не решая основные задачи разработчика, частично отображают действия по разработке, както: поиск идей, проектирование, испытание, согласование, представление, подробные улучшения, расчеты и т.д. Что определяет требования к инструментам: четкое функциональное назначение деятельности в процессе разработки; привязка к отдельному процессу, охват всего процесса создания ценности, высокая гибкость; анализ отдельных этапов работы в процессе, отслеживаемость функциональности. Интеграция, связанная с процессами, более важна, чем интеграция, связанная с системой или данными. 4. Оценка результатов.в п.2.1.

5. Управление изменениями в проекте осуществляется посредством внедрения в производство практик, фокусирующихся на внедрении гибких производственных систем, сокращении времени наладки и планирования производства, непрерывном совершенствовании процессов и систем и др. [26]. Более подробно остановимся на вопросе в третьей главе.

## 2.3. Архитектурные композиции систем создания продукта в условиях их постоянной трансформации

К.Ульрих [302] определяет архитектуру продукта как совокупность компонентов и функций продукта, а также тип и количество отношений как внутри компонентов или функций, так и между компонентами и функциями. С. Эппингер [305] релятивизирует определение «архитектура системы продукта» как конфигурацию между компонентами продукта и задачами,

которые должен выполнять каждый компонент в формируемой системе, где функциональность продукта сегментируется в физической структуре в «физические строительные блоки» и их взаимодействия – в «интерфейсы», а вариантный дизайн при формировании семейства продуктов реализуется посредством создания «платформ продукта» [72], тесно связанных с архитектурой продукта. Архитектура – это технико-технологическое описание продукта [240]. Исходя из чего элементы архитектуры: 1) структура (форма и функция) и 2) концепция (характер) взаимоотношений.

Термин «архитектура системы продукта» выступает более широким и функционально ориентированным термином, чем структура системы продукта, определяемая как способ группировки, в котором функциональные элементы продукта представлены в виде физических единиц, расположенных определенным способом [305].

Архитектура продукта может использоваться в качестве основы для структурирования процессов разработки продукта и распределения ресурсов, обеспечения разнообразия за счет формирования «рабочных условий», максимально подходящих для многих продуктов [217], также трактуясь: ценностным предложением, определяемым отношением затрат к производительности и той структурой и характером, которые обеспечивают продукт или объект.

К основным этапам развития архитектуры системы продукта (или архитектуры продукта как системы) можно отнести:

1 этап: до середины XX века продукт имел «оригинальную», закрытую и сложную в исполнении архитектуру;

2 этап: конец XX века по н.в., продукт обладает открытой архитектурой [193].

«Модульный подход» к производству выступает характеристикой открытой архитектуры, (где Модульность — это конструктивное свойство архитектуры продукта, функции которого определяются совокупностью физических компонентов и интерфейсов (взаимосвязей) [305,306], а

сопоставление между функциональными элементами и физическими компонентами чаще всего представлено «один к одному» (её концептуальная противоположность «интегральность» характеризуется отсутствием взаимно-однозначного отображения). В свою очередь, модуляция – это эволюционный процесс (а не архитектурное свойство продукта), который влияет как на проекты по формированию систем создания продукта, а также на формирование промышленных систем процессов, часто связанный с отделением функциональных характеристик от отдельных физических компонентов продукта [286]. В качестве процесса модуляция включает в себя функции отображения компонентов для создания «тонких пересекающихся мест» на границе модуля, с последующим изучением и освоением оставшихся взаимозависимостей между модулями, для обеспечения их совместимости). Определяют модуляризацию как метод, в котором: 1) состав продукта и технологии упрощаются; 2) используется производственный аутсорсинг, сеть сертифицированных поставщиков, включенных в стандарт деятельности вендора; 3) конкурентоспособность продукта достигается за счет резкого сокращения жизненного цикла продукта (РLС-цикла) – в автомобилестроении это с 20-30 лет до 3-4 гг. [134], [135] и снижения производственных затрат посредством реализации «Общность компонентов», которая подразумевает совместное использование материалов, модулей, инструментов (через варианты продукта в семействе продуктов) и повторное использование (решение использовать часть архитектуры продукта в последующих поколениях продуктов). Так, ПО данным аналитиков, модульное проектирование вкупе с гибким производством в начале 2000-х гг. позволили Volkswagen ежегодно экономить 156,49 млрд руб. на разработке и производственных затратах за счет реализации модульной архитектуры продукта и компонентной стратегии общности между четырьмя брендами, VW, Audi, Skoda и Seat; 4) при разработке последующих продуктов повторно ранее используются компоненты созданных продуктов, состав взаимозависимости которых образуют платформу продукта» [231]. В этот период тематические исследования сосредотачиваются на возможных подходах к модуляризации продукта производства как системы (Р-медианная модель); коррелируя компоненты системы при ее проектировании с использованием метода кластерной идентификации.

Таблица 39 — Систематизация подходов к реализации концепции модульности в машиностроении»

Этапы	Период	Цели / преимущества	Последствия для
	времени		модуляции
Отдельное	Начиная с	Повышение	Использование
производство, при	1970-х гг.	эффективности логистики;	преимуществ
сохран. вертикальной		уменьшение сложности	производственного
интеграции(перемещ-е с		сборки за счет	разделения труда
гл.сборочной линии на		тестирования качества	
линии сбор. узла)		элементов	
Отдельное	Конец 1980-	Делегированиепоставщика	Модули и
производство,	х гг.	м ответств-ти за сроки	интерфейсы в
переданное сторонним		поставки и качество узлов	современном их
поставщикам			прочтении
«Модульная фабрика»	Начало-	Поставщики замыкают на	Модуль является
	середина	себя вопросы качества и	«центральной
	1990-х гг.	логистики, повышая роль в	идеей»
		цепочке создания	производства
		стоимости	
«Парк поставщиков	Середина-	Конечные производители	Поставщики
	конец 1990-х	сохраняют роль	развивают
	ΓΓ.	интегратора, повышают	компетенции в
		свою роль в логистике	дизайне продукта
Усиление	Конец 1990-	Производители стремятся	Независимость
диверсификации	х гг.	к бо́льшей гибкости	поставщиков от
конечных		посредством доступа к	конечных
производителей		новым поставщикам	производителей
Создание	Начало	Глобализация конечных	Модульность в виде
мегасплефикаторов	2000-х гг.	производителей,	межотраслевых
		обуславливающая рост	многофункциональ
		добавленной стоимости	ных систем

Источник: систематизировано по данным источников [72], [88], [134], [135], [169]

Методологическим направлением развития архитектуры системы продукта в конце XX века можно признать:

– метод модульной архитектуры продукта (MD- Modular design)–метод основанный на уменьшении сложности, соответственно и производственных

затрат [194]. Производсто направлено на определение оптимальной конфигурации модулей на основе ограничений структуры продукта, времени сборки и количества функций модульного устройства [66]. В родственном контексте модульность выступает элементом стратегий массовой настройки, так как обеспечивает рентабельную дифференциацию и настройку уменьшая внутреннее разнообразие. Экономия затрат на разработку достигается за счет масштаба, за счет повторного использования модулей и компонентов [181].

- платформы продукта (PP Product platforms) обеспечивают общую техническую основу для семейства продуктов [277, 278]. Концепция продуктовых платформ возникла как продолжение модульного подхода в архитектуре продукта, подразумевающего определенную степень зависимости, а также возможность рекомбинации ее элементов, где обеспечение продуктового разнообразия осуществляется за счет общности и стандартизации [219,220]. Существуют различные определения, связанные с платформами. М. Муффатто, М.Роведа [232] определяют платформы продукта как «совокупность подсистем и интерфейсов специально разработанных, чтобы сформировать общую структуру, из которой поток производных продуктов может быть эффективно разработан и произведен». В.Кришнан, С. Гупта [198] в контексте инженерного проектирования выделяют виды платформ: продукта, технологическая платформа, бренда, глобальная, модульная, процессная, интегральная, масштабируемая, высокотехнологичная. Исходя из задач исследования, определяем, что в архитектурном проектировании под платформой продукта понимается:
- набор элементов, подсистем иинтерфейсов, образующих архитектуру производных продуктов, а также типовых производственных процессов [198];
- набор компонентов и модулей, присущих всем вариантам продуктов в семействе продуктов [277,278];
- совокупность единообразных элементов, как то производственная система, оборудование, технология сборки [88], [169], [220];

- набор единых модулей в архитектуре продуктов, на основе которых можно разработать и запустить поток производных продуктов [146]; [264];
- совокупность активов, совместно используемых портфелем продуктов, определяя возможность использования стандартизированных «строительных блоков» по целому ряду продуктов при составлении их компонентного/элементного и функционального состава, но заявляя, что сама по себе стандартизация еще не приводит к платформе [264];
  - вариант модульного продукта [280].

Этапы формирования платформенного подхода на практике отражены в таблице (таблица 40).

Таблица 40 — Систематизация этапов формирования платформенного подхода ведущими производителями отрасли

Этапы	Период	Цели / преимущества
	времени	
Унификация/стандартизация	1920-е	достижение взаимозаменяемости и сокращения
элементов выпускаемых		затрат на сборочные операции
моделей продукта		
Стандартизация элементов	1960–	Производственная система определяется
системы производства	1980-е	исходными производственными
		характеристиками, количеством выпускаемых
		моделей, доминирующим произв. дизайном
		продукта и т.д. Цель формирования системы -
		обеспечение операционной гибкости, повышение
		эффективности процессов проектирования и
П 1 10	1000	разработки систем
«Платформа 1.0» –	1990-е	Цель – разработка единой платформы со
стандартизация	ΓΓ.	стандартным составом, одинаковыми для всех
компонентов платформы и		моделей в сегменте. Платформа 1.0 предлагает
интерфейсов модулей с		структурирование компонентов архитектуры
последующим их сопоставлением в виде		продукта в определенной иерархии, объединяет преимущества модульности с преимуществами
сопоставлением в виде общей платформы для		платформенного подхода, но неэффективна. В
семейства продукта		этот период под модульной платформой
семенетва продукта		понимают совокупность компонентов,
		используемых для обеспечения вариативности
		продуктов
«Платформа 1.1» – в основе	начало	В сравнении с предыдущей дает возможность
макрокомпоненты	2000-x	создавать более сложные модули или системы
1		продуктов, используемые в разных типах
		продуктов.
«Платформа 2.0»,	2010-е	Позволяет расширить разнообразие продукта
получившая название		горизонтально (модели, относящиеся к одному
«модульная платформа»		сегменту), и вертикально. Платформа
		рассматривается как набор элементов, физически

компонующихся в процессе производства, но
сохраняя градацию платформ продуктов и
платформ производственных систем. На базе
единой платформы формируется
множественность субплатформ

Источник: систематизировано автором (на основе [72], [146], [220], [264], [277], [280])

Существуют исследования, основанные на моделировании с акцентом на разработку экономически эффективных платформ [65], [66], [226], [336] и на оптимальном количестве платформ в семействе продуктов. [88], на выборе компонентов и поставщиков для максимизации прибыли; определении затрат на аутсорсинг и управление рисками цепочки поставок [72]. Платформы продуктов подходят для продуктовых сегментов с низкой скоростью [213]. Более изменений высокие начальные затраты разработку платформы компенсируются продукта недорогими производными продуктами, что приводит к более низкой средней стоимости разработки по сравнению с продуктами, которые не основаны на платформе.

3 этап: 2000 года – по н.в. Модульные и интегральные архитектуры выступают полюсами архитектурного проектирования, между которыми достигается континиум возможных сочетаний [306]. Открытые системы представляются сочетанием концепций виде ИХ определенных конструкторов. Термин «конструктор» используется в литературе с разными акцентами, включая: • набор одинаковых или разных блоков, • возможные комбинации, • последдовательность демонтажа продукта, • возможность многократного использования блоков [90]. Под конструктором также понимается комбинация системы компонентов и сборок для продуктов с различными функциями, что является отличием от серии, в которой функция продукта всегда одинакова (под серией понимается семейство идентичных продуктов, масштабируемых по размеру (производительности и др.). Концепции платформ в международных стандартах в настоящее время также можно найти под общим термином «конструктор» (Платформа обозначает стандартизированную, нейтральную к потребителю базовую структуру,

которая становится специфичной для продукта или потребителя путем так называемых «шляп»; возможна также регулировка «надевания» платформы.) [73]. Этот подход в основном используется в автомобильной промышленности. Набор модулей с определенными интерфейсами, из которых можно собирать или настраивать различные продукты представлен в виде открытых и закрытых конструкторов. Растущее ценовое давление также вынуждает производителей отрасли сотрудничать с другими ОЕМпроизводителями, чтобы совместно использовать дополнительный потенциал снижения затрат. Сотрудничество между различными ОЕМ-производителями разработке деталей, компонентов целевой И систем промышленным конструктором. То есть элементы (модули) конструктора могут быть отдельными элементами продукта, сборкой, производственной системой, ландшафтом бизнес-процессов стейкхолдеров системы. Целью ввода конструктора является управление вариантами продукта уже на этапе концептуализациии поддержка быстрого и ресурсосберегающего внедрения продуктов.

Проектирование модульного ряда продуктов, базовый дизайн которых предполагает использование технических конструкций (машин, узлов, отдельных деталей), выполняющих одну и ту же функцию с одним и тем же решением, в нескольких размерах (например, сортировка размеров в соответствии с геометрической серией) основано на использовании идеи конструктора – «набора строительных блоков, из которых комбинировать множество различных структур посредством различного выбора и расположения». Это могут быть отдельные компоненты или группы – модули, как серии. Модули представляют собой особую форму систем конструкционных наборов, отличаясь от конструкторов разделяемыми и готовыми к работе единицами. Компания может разработать несколько включая:• Обязательный модульных конструкторов систем модуль: поскольку модульный продукт не может выполнять свою общую функцию без обязательного модуля, он присутствует в каждом модульном продукте.; •

Необязательный компонент: дополнительный компонент, с другой стороны, является необязательным и придает модульному продукту дополнительные свойства или функции.

Архитектура машиностроения представлена продукта часто платформенным подходом. Ha этой разрабатывается основе или производится определенное количество различных продуктов. Исходя из вышесказанного, платформенная конструкция – это вариант модульной конструкции (модульной системы). В качестве особенностей платформы продукта выделяют следующие пункты: платформы продукта являются неотъемлемой частью всего поколения продукта и, таким образом, определяют жизненный цикл продукта; • продуктовые платформы требуют тесного сотрудничества между различными функциональными областями компании; • продуктовые платформы требуют длительного времени на разработку и больших начальных усилий; • продуктовые платформы требуют осознанного стратегического управленческого решения. Концепции платформы часто можно найти под термином модульная система. Согласно открытых данным источников, структура продуктового портфеля Volkswagen Group с брендами Audi, Volkswagen, Seat и Skoda является хорошим примером концепции платформы. Эти четыре бренда, которые продаются независимо друг от друга, основаны только на четырех платформах Группы, на основе которых определяются соответствующие сегменты транспортных средств и которые имеют соответствующую вариацию конкретного оборудования на стороне клиента.

Преимущество платформ в том, что они разделяют разработку продукта и разработку платформы. Разработка продукта может строиться на платформе, а это означает, что задействуется меньше ресурсов и, как следствие, формируются более эффективные процессы. Платформы используются, среди прочего, когда они составляют существенную часть продукта или обеспечивают межфирменное сотрудничество. Из-за высокой степени повторного использования платформ большие первоначальные

усилия, необходимые для их кросс-продуктовой разработки, и инвестиции во внедрение новых технологий окупаются [91]. Другой тип проектирования архитектуры продукта — это сочетание определенных вариантов оборудования, разработка сетей, вариантное построение.

В настоящее время тематические исследования сосредотачиваются на градации модульности в трех аспектах: 1) по отношению к архитектуре системы продукта; 2) организационного/технологического процесса (процесса производства); 3) как свойство или характеристика систем создания продукта в целом.

организационного/технологического Модульность процесса (или производственная модульность, модульность процесса) обеспечивает стандартизацию и независимое производство компонентов продукта до его окончательной сборки В условиях «гибкой интеграции конечного производителя с поставщиками». Р.Коллинз, К.Бехлер и С.Пирес [113] описывают процесс эволюции конфигураций производств в машиностроении (на примере автомобилестроения) от «фордизма» к модульности, и выделяют основные аспекты взаимоотношений между автопроизводителями поставщиками: конфигурацию продуктовой компоновки; аутсорсинг деятельности и интеграцию с поставщиками, а в отношении модульной сборки доказывают, что чем более «экстернализованы» действия, тем выше модульности [10]. Типичными отношениями в степень модульной организации технологического процесса являются: а) сборка, выполненная на сборочной линии поставщиком (модульный консорциум); б) поставка модулей сборочную производителя на линию поставщиками, расположенными локально (промышленный кондоминиум); в) поставка модулей на завод поставщиками, расположенными территориально на определенной производителя (промышленный дистанции OT г) поставка на завод компонентов, подготовка модуля и сборка конечного производителем (традиционное производство). продукта конечным Модульный обеспечивает: ускорение разработки подход продукта

машиностроения до 500 раз; рост мощности на 20%, доходности производства до 20%; снижает необходимость в использовании уникального оборудования на 60%; снижает время реакции на изменение потребительского спроса 10% [103].

Работа в парадигме управления системами разработки продукта может основываться на совокупности руководящих принципов исходя из реализуемых архитектур как технического свойства или характеристики систем создания продукта в целом (таблица 41).

Таблица 41 — Подходы к развитию систем создания продукта, связанные с реализуемой архитектурой

Руководящие	Описание / характеристика	Мнения экспертов
принципы и		
механизмы		
Реагирование на	Изменение потребительских	Необходимость изменения
изменения	предпочтений предопределяет	характеристик продуктов в
предпочтений	необходимость изменения	перспективе является важным
потребителей	характеристик продуктов	фактором модульного производства
«Приспособление»	Настройка продукта в	Модульность посредством
продукта к	соответствии с запросом	конфигурирования облегчает
потребностям	потребителя, через	адаптацию продукта к запросам
потребителя	стандартизацию элементов	потребителя
	продукта	
Адаптация	Адаптация продукта к	Соблюдение соответствующего
продукта к	местному законодательству и	законодательства и стандартов
законодательству стандартам как условие работы		является обязательным условием во
и стандартам на региональных рынках		всех типах проектирования систем
Инвестиции в	Проектирование продуктов	Модульное проектирование требует
НИОКР, R@D	требует инвестиций научно-	инвестиций в НИОКР, R@D,
	исследовательские и опытно-	стандартов проектирования,
	конструкторские разработки	экспериментальной базы,
		тестирования
Дизайн	Повторное использование	Повторное использование элементов,
повторного	инженерных решений при	подсистем или модулей является
использования	проектировании продукта,	одним из возможных драйверов
(решение)	систем	развития продукта
Дизайн	Повторное использование	Повторное использование
повторного	компонентов для уменьшения	конструкций и компонентов продукта
использования	затрат на проектирование	снижает затраты на разработку новых
(компонент)	продукта, систем	его вариантов

Новые технологии	Разработка новой линейки	При проектировании архитектур
Повые технологии	продуктов может	систем, их элементов часто
	способствовать замене старых	задействуют новейшие технологии
	технологий на новые	данного периода
Стоимость	Проектирование новой	Использование общих компонентов в
продукта	архитектуры определяет	вариациях продукта может снизить
продукта	стоимость продукта из-за	стоимость продукта может снизить стоимость продукта. Сокращение
	увеличения общности	количества деталей –
	конфигураций продукта, не	
	исключая возможности	инструментснижения затрат
	изменения ее элементов	
Доступность		Экономия на поставках деталей
компонентов /		Экономия на поставках деталей может значительно снизить общую
	поставок снижает стоимость запасов	стоимость производства
ресурсов Улучшение		
•	Прозрачность, предсказуемость, гибкость	
управляемости	предсказуемость, гиокость	
производства		«предсказуемость» создаваемого продукта, систем производства.
		продукта, систем производства. Модульность используется для
		упрощения сложных процессов в производстве
Поздняя точечная	Базовая модель стандартного	«Поздняя» дифференциации продукта
дифференциация	продукта длительный период	снижает сложность
дифференциация	времени обеспечивает выгоды в	
	производстве, поскольку	производственного процесса. «Поздняя» вариативность элементов
	стандартизирует процессы	систем позволяет сократить складские
	производства. Изменение в	запасы, затраты на производство.
	системах делается на поздних	
	этапах производства	проекта обеспечивает снижение
	этапал производетва	затрат на вариативность продукта
Снижение	Применение модульности	Тестирование отдельных модулей
времени и	систем	сокращает время «обратной связи» о
материальных	0220 2 232	качестве модулей в сравнении с
-		-
*		•
-		
Снижение	Уменьшение уникальных	Повторное использование
количества	компонентов	•
уникальных		ключевых компонентов систем,
компонентов	производства продуктов —	позволяя постепенно улучшать
системы	большое количество	материалы и процессы. Повторения в
	повторений рассматривается в	производстве способствуют решению
	качестве активатора в этом	проблемы качества компонентов;
	механизме	снижаютгарантийные расходы
l		
количества уникальных компонентов	компонентов увеличиваетвозможности для производства продуктов — большое количество повторений рассматривается в качестве активатора в этом	позволяя постепенно улучшать материалы и процессы. Повторения в производстве способствуют решению проблемы качества компонентов;

качеством	качество продукта, учитывая	модульность выступает рабочим
продукта	совместимость вариантов	инструментом в управлении
	элементов продукта, используя	качеством продукта(Tiihonen et al.,
	правила конфигурации	1999)
	продукта	
Сокращение	Архитектура продукта,	Основное внимание следует уделять
времени простоя и	учитывая доступность	распознаванию одинакового времени
затрат на	ипростоту замены модулей,	жизни компонентов, избегая замены
обслуживание	влияет на стоимость	рабочих компонентов в максимально
	обслуживания систем	возможной степени

Источник: систематизировано автором (на основе [72], [76], [99], [104], [130])

Развитие систем создания продукта, связанное с реализуемой архитектурой возможно за счет инструментов:

- дизайна не продукта, но семейства продуктов (посредством синтеза архитектур продуктов);
- конфигурации платформ «продукт-производство» через моделирование зависимостей; через сопоставление компонентов и функциональных возможностей продуктовых и производственных платформ;
- картирование потока создания стоимости (VSM) для отделения деятельности, не связанной с добавленной стоимостью, в процессе спецификации от деятельности по добавлению стоимости.

# 2.4. Концепция системы разработки продукта. Методы и подходы к концептуальному проектированию и развитию экономически эффективных систем разработки продуктов

Под концепцией понимается: четко изложенная идея и/или стратегия будущего проекта по созданию продукта; описание продукта, технологии, производственных систем и производственных процессов [305], целью формирования которой является создание основы для последующего физического проектирования продукта, его производства и коммерциализации. В рамках жизненного цикла продукта, включающего этап генерации идеи и коммерциализации продукта согласно определению

Ассоциации разработки и управления продуктами (PDMA) концепция — это подробное описание атрибутов и преимуществ создаваемого продукта, отвечающего потребностям целевых потребителей и технологий, необходимых для их воплощения. Разработка концепции — итеративный процесс, т.к. некоторые подобласти становятся актуальными только с увеличением детализации (таблица 42).

Таблица 42 – Ключевые детерминанты концептуальных решений

Структурный элемент	Содержание
Продукт	Архитектура продукта
Процесс	Логика процесса разработки
Интеграционная сеть участников системы	Организационная структура
Инструментарий	Метрики, планы, задачи

Источник: разработано автором на основе ZOPH- модели (модель системы разработки продукта) [233]

Концепция имеет двойственную природу (потребности заказчика, возможности производителя), исходя из чего может быть представлена в виде: а) набора образцов, прототипов продукта; б) списка атрибутов создаваемого продукта (его спецификации); в) списка направлений его развития/улучшения. Разработка концепцииукрупненовключает в себя генерацию альтернатив (расширение области решения), оценку сравниваемого перечня (сужение области решения), выбор итогового решения по продукту [200].

Исследование учитывает градацию подходов: 1) концепция системы разработки продуктов (PDS) и 2) концепция организации разработки продуктов (PDO). [99] (таблица 43).

Таблица 43 – Разработка продукта на основе PDS-этапов

Функции	принцип	Разработка продукта как	
		Корпоративная функция	пример проекта
Структурир	Структурировани	определение основных	определение основных
ование		задач, участников,	компонентов, вариантов,
		ответственности и т.д.	функций, технических

			интерфейсов и т.д.
Контроль	Контроль над	определение процессов	параметризация объемов
над	процессом	разработки	разработки
процессом	Взаимосвязь	определение необходимых	определение потоков
		коммуникаций (контент,	продаж продукта (пр.,
		медиа и др) в компании	системы сбыта)
	Развитие	дальнейшее развитие	дальнейшее развитие
		продукта (инструменты,	продукта (модульной
		новые области и т.д.)	системы, модернизации)
Отражение	Рефлексивность(С	восприятие позиции на	рефлексивность
	убъективность)	рынке, формирование задач	продукта, например
		маркетинга в разработке	формирование систем
		продукта	диагностики,
			обслуживания и т.д.
Основные	незавершенность	динамизация организации	сохранение открытых
принципы	неопределенность	компании	пространств в продукте

Источник: разработано автором на основе PDS-концепции (концепция системы разработки продуктов) [99]

Архитектура продукта в PDS выстроена в виде контекстно-зависимой организационной структуры, итогом которой выступает сформированная цепочка стоимости. PDO-концепция определяется как совокупность элементов и ресурсов внутри компании, отвечающих за разработку новых продуктов и их реализацию. PDO определяет архитектуру «технической основы» системы разработки продукта, включая функциональные и рабочие характеристики технологического обеспечения, элементов и процессов; инженерные требования; технические стандарты.

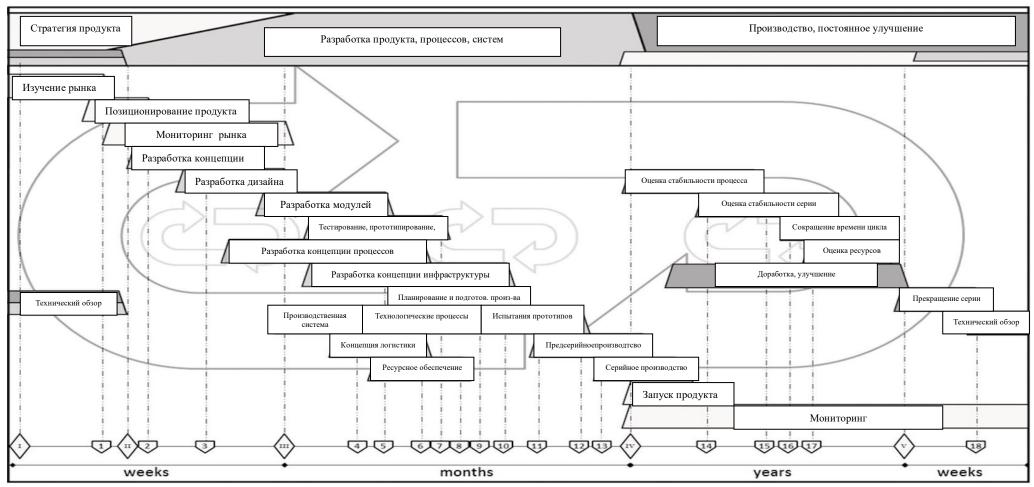
области концептуального проектирования разработки систем продукта выделяются две доминирующие концепции: 1) концепция интегрированной разработки 2) разработки продукта концепция распределенного продукта [28]. Примеры интегрированных подходов проектирование, включают параллельное совместное проектирование, управление жизненным циклом продукта (PLM), скоординированную разработку продукта нескольких организаций [25]. Примеры ДЛЯ распределенных подходов включают центры передового опыта, аутсорсинг и офшоринг (таблица 44):

Таблица 44 — Ключевые элементы процедуры концептуализации продукта

Элемент	Реализуемые	Описание
Ы	подходы	
Концепц	1) концепции	параллельное проектирование,
ии	интегрированной	совместное проектирование,
	разработки	управление жизненным циклом продукта (PLM)
	продукта	скоординированную разработку продукта для нескольких
		организаций
	2) концепции	центры передового опыта,
	разработки	виртуальные команды,
	распределенного	инженерный аутсорсинг
	продукта	офшоринг
Структур	макро-фазы	три макрофазы: 1) стратегия продукта; 2) разработка
a		продукта, процессов, систем; 3) производство, постоянное
		улучшение
	этапы	двадцать пять этапов: 1) изучение рынка; 2)
		позиционирование продукта; 3) мониторинг рынка; 4)
		запуск продукта; 5) разработка концепции; 6) разработка
		дизайна; 7) разработка модулей; 8) тестирование,
		проверка; 9) процесс; 10) инфраструктура; 11) организация
		производства; 12) производственная система; 13)
		технологии производства; 14) испытания объектов; 15)
		концепция логистики; 16) определение размеров ресурсов;
		17) предсерийное производство; 18) начало серийного
		производства; 19) стабильность процесса; 20) стабильность
		серии; 21) сокращение времени цикла; 22) изменение
		размеров и ресурсов; 23) серийное производство; 24)
		прекращение серии; 25) техническиий обзор
Меропри	инженерное	мероприятия по: 1) стратегии развития; 2) по разработке
ятия	проект-е прод-та,	продукта и процессов; 3) по производству и постоянному
	процессов,	улучшению
	технологий	
	производства;	
	стратегии	
	развития систем	
Инструме	Технические,	5 управленческих ворот, 18 технических ворот, 5 ворот
нтыуправ	управленческие	качества и постоянного улучшения
ления	ворота	

Источник: разработано автором на основе PDO-концепции (концепция организации разработки продуктов) [155], [180], [182], [200]

Схематично этапы концепции разработки продукта представлены на рисунке 18.



Источник: переводной ресурс [36]

Рисунок 18 – Этапы разработки продукта

Макрофазы структуры представлены в верхней части, стрелки показывают взаимодействие между «управляющими воротами» (римские цифры) и «техническими воротами» (арабские цифры), представленные в нижней строке, определяют моменты времени реализации процессов, макрофаз. Общая шкала, изображенная в нижней строке, представляет собой управленческие и технические ворота, с указанием недель, месяцев и лет.

Визуализация процесса концептуализации сопровождается показателями (индикаторами) ее реализации [236] (таблица 45).

Таблица 45 — Отдельные показатели управления концептуальными решениями по разработке продукта

Этапы	Индикаторы реализации	Индикаторы эффекта
Визуализация	– визуализация присутствует;	- осведомленность участников
процесса	<ul> <li>количество изменений в</li> </ul>	проекта
концептуализации	модели (изменения =	
систем	взаимодействия)	
Визуализация	– используемые модели;	– опытное качество принимаемых
содержания систем	– ресурсное обеспечение;	решений;
	– ТЭО выбора из	– рефлексивные вопросы
	представленных альтернатив	
Формирование	<ul><li>альтернативные</li></ul>	- альтернативны по максимально
спецификации	спецификации процесса;	большому количеству вопросов;
процесса	– контрольный список вопросов	– расширение контрольного
концептуализации		списка
Декомпозиция	– система рабочих процессов на	- понимание всего процесса
процессов до уровня	операционном уровне;	разработки как итеративного так
исполнения	– критерии согласования	и поэтапного;
	подцелей по проекту;	– расширение эмпирической базы
	– ТЭО проекта; расчет	по концептуализации сложного
	стоимости по отдельным	продукта; формирование
	компонентам, по сборке и др.*,	компетенций у исполнителей
	эффективности проекта	
ТЭО выбора	<ul> <li>система показателей</li> </ul>	– целедостижимость
	стоимости*, эффективности,	концептуального решения
	результативности решений	

<sup>\*</sup> пр:Стоимость концепции = Совокупная общая стоимость каждой сборки или элемента в корневом узле;Стоимость компонента системы = (Стоимость материала + Нематериальная стоимость) \* Количество; Стоимость сборки = Общая стоимость каждого элемента + нематериальные затраты на уровне сборки

Источник: систематизировано автором (на основе [236])

При проектировании систем «продукт-производство» модели процессов выбираются исходя из стадий PD-деятельности [150].

Существующие модели, как абстрактное описание процесса проектирования систем представлены совокупностью:

- 1. предписывающих моделей, на уровне теоретического обоснования;
- 2. практико-ориентированных описательных моделей.

Таблица 46 — Предписывающие модели концептуального проектирования продуктов

Модель Паля и Бейца (конец 1970-х гг.) [239,240]	Рабочий процесс акцентирует внимание на системном проектировании продукта как целостном процессе производства и включает в себя четыре основных этапа: 1. Планирование и уточнение задачи в виде списка требований; 2. Концептуальное проектирование посредством создания функциональных структур и поиска рабочих решений по концепции, технических возможностей ее реализации; 3. Дизайн — разрабатывают структуру конструкции, выбирают материал, компоновку и перечень деталей, разрабатывают производственную документацию; 4. Детальное проектирование продукта, оценка возможностей производства, расчет себестоимости	
Модель Кларка и Фудзимото (1991 г.) [108]	Формируется четырехфазная модель продукта, включающая: 1. концепцию продукта; 2. основные спецификации, макеты, технические характеристики систем и процессов, сметы расходов и инвестиционных решений; 3. окончательный перечень составных компонентов и характеристики продукта; 4. инструментарий, подходы к организации работ в окончательной версии. В модели подчеркивается необходимость постоянной оценки проблем и возможных решений.	
Модель Кларка и Уилрайта (1993 г.) [109]	Модель характерна для крупных производств, имеющих R&D	
Модель Ульриха и Эппингера (2008 г.) [306]	Выделяют шесть фаз в концептуализации продукта:0— Планирование; 1— Разработка концепции; 2— Проектирование на уровне системы; 3— Детальная конструкция; 4— Испытание и уточнение; 5— Производство.	

	Phase 1: Phase 2: Phase 3: Phase 4: Phase 5: Phase 0: Concept System-Level Detail Testing and Production Planning Development Design Design Refinement Ramp-Up		
	Рисунок 51 — Общая схема процесса разработки продукта [Ulrich, Eppinger, 2008]		
	Модель предполагает возможность объединения основных функций		
	(маркетинг, дизайн и производство) для достижения целей проекта		
Модель Купера и	Модель позволяет структурировать рабочий процесс достижения		
Эджетта (2005 г.)	стратегическийх целей с позиции этапности работ		
[114]			
Модель	Модель PD-деятельности в виде агломератов последовательных и		
Розенфельда и	параллельных этапов (которые могут пересекаться), адаптивных		
соавт. (2006 г.)	инструментов и методов. Включает этапы: предпроектные		
[268]	разработки; разработка и пост-развитие. Этапы определяются		
	конечными результатами в ходе стадийных обзоров (gates)		

Источник: систематизировано автором (на основе [108], [109], [114], [239,240], [268], [306]

Систематизация разнообразия моделей позволила выделить четыре общих подхода к моделированию:

- последовательное моделирование систем процесс повторяется до получения удовлетворительного результата. Подход ориентирован на функциональную модель управления
- дизайн-ориентированное моделирование смещая фокус проектного анализа на на начальные этапы процесса, позволяет свести к минимуму последующие изменения по проекту. Подход повышает стоимость продукта, но позволяет сократить жизненный цикл.
- параллельное моделирование продукта параллельное проектирование систем посредством множественных итераций и изменений в их конструкциях.
- динамическое моделирование продукта вариант параллельного моделирования, используемый при отражении более интенсивной связи между участниками многофункциональных групп, что позволяет сократить финансовые и временные затраты.

Описательные модели выстраиваются на основе:

- моделей бизнес-процессов использование методов, приемов и инструментов для поддержки разработки, принятия, контроля и анализа бизнес-процессов операционных c целью совершенствования процессов производителя. Использование в РД-деятельности возможно как «инструмента для проектирования процессов с использованием парадигмы IPO», суть которой состоит В следующем: инженеры, описывают соответствующие задачи и действия (Р), формируя определенный перечень данных (I), и достигая результат (O).
- целеполагания. По мнению Ю.И. Сухотина автора модели СУПР, критерий достижения цели (К) зависит от количества и показателей качества объектов системы, временных характеристик системы и размера капиталовложений. Учитывая, что цель предопределяет соответствующую технику моделирования ряд авторов разработали таксономию целей для моделирования (таблица 47).

Таблица 47 – Категории целей для моделирования PD-процессов

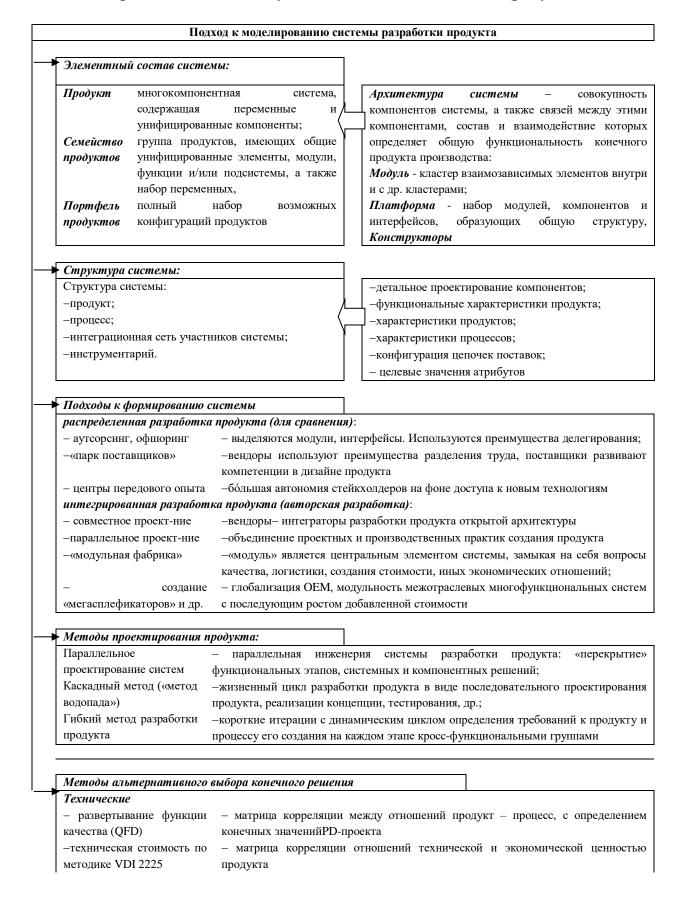
Категория	Цель, ожидаемый результат	
1. PD-проектирование	действия, взаимодействия	
2. Планирование РД-проекта	определение совокупности действий, структурирование	
	процесса, оценка, улучшение ключевых	
	переменных(время, стоимость и т.д.), распределение	
	ресурсов	
3. Реализация/управление PD-	мониторинг и контроль, оценка эффективности,	
проектом	результативности, изменение/перепланирование	
4. Развитие PD-проекта	непрерывное улучшение, управление знаниями, обучение	

Источник: составлено автором (на основе [99])

 типа технологии, предполагаемой к использованию, что определяет технологию и структуру организации, а соответственно и совокупность процессов создания продукта.

Визуализация разработки продукта может быть представлена двумя подходами. Первый заключается в рассмотрении элементов системы продукта, таких как продукт, процесс, ресурсы и инструменты [99]. Второй – в

рассмотрении элементов системы, как процесса организации производства, ее мониторинга. В соответствии с выдвинутой идеей подход к моделированию PD-систем представлен в виде суммы элементов и действий (рисунок 19):



аналитический	-альтернативы сопоставляются иерархически, с критериями выбора	
– снижение неопред-ности	<ul> <li>показатели эффективности (ТРМ) по каждому этапу PD-процесса</li> </ul>	
Экономические		
-количественная оценка	– метод «целевых затрат» (TC) сбалансированная оценочная карта (BSC), ABC-	
стоимости	метод), стоимостной инжиниринг (VE), др.	
-оценка на основе	- создание пространства для формирования ценности, добавленной стоимости,	
«бережливого» мышления создание инноваций синоним создания ценности		
- оценка на основе	- тиражирование опыта ведущих производителей отрасли, метод	
бенчмаркинга «Развертывание функции качества» (QFD), др.		
– экономичес. инжиниринг – управление прибавочной стоимостью (EVMS), EBIT · (1-T), ROI, EBITDA,		
– оценка на основе	- трансдисциплинарное управление ТС на сложные изделия, технология	
жизненного цикла продукт дорожных карт (TR)		

Источник: разработано автором на основе ZOPH- модели Х.Негеле [233], моделей систем разработки продукта [155], [180], практик совместной разработки продукта (DIP-подход) [89],[173]

Рисунок 19 – Элементный состав системы разработки продукта

Модель системы создания продукта позволяет повторно использовать принципы построения и стандартные конструкции существующих у производителя корпоративных систем, исходного задела по технологиям, моделям, инструментарию и др.и включает в себя:

- 1. конструктивные единицы объекты дизайна: детали, узлы, модули, стандартные конструкции, платформы и т.д.;
- 2. стандартные конструкции стандартизированные конструктивные единицы, используемые в более чем одном продукте (конпоненты, функции);
- 3. интерфейсы (взаимосвязи), соединяющие конструктивные элементы и стандартные конструкции: входы/выходы,сочки согласования и т.д.
- 4. условия формирования/реализации системы: систему обслуживания, вспомогательные бизнес-процессы и т.д.

Продукт представлен функциональных виде компонентов. Функциональный компонент продукта содержит набор обязательных (унифицированных) компонентов и дополнительный (переменный) набор компонентов, исходя из чегоформируемая система включает две подсистемы: переменную унифицированную, что подразумевает возможность рекомбинации элементных компонентов в условиях их взаимозависимости.

Общность унифицированных элементов продуктов при этом обеспечивается через систематизацию релевантных практик лидеров

отрасли, требованиями потребителей к продукту и технологическими возможностями производителя, его стейкхолдеров.

Вероятность нахождения пар альтернатив в пределахархитектурысистемы определяет как уровень сложности разработки системы, так и сложности функционирования архитектуры системы.

#### Таким образом:

Разработку продукта определяют как процесс формирования техникоэкономической системы; процесс многомерного как адаптационного интеграционного взаимодействия участников системы; как совокупность действий по разработке сложного продукта. Применительно к отрасли машиностроения термин «разработка» описывается как «[...] внедрение в практику продуктовых и процессных проектов с целенаправленной оценкой полученных результатов, где целями разработки могут быть: решения на уровне НИОКР, техническая и проектная документация, промежуточные и конечные продукты, и т.д. Для данного исследования под разработкой продукта предлагается понимать процесс формирования экономико-технической системы в условиях интеграционного, распределенного взаимодействия участников системы-стейкхолдеров процесса, параметрами модели которой выступают: действия / этапы, ресурсы; организационная структура, а также другие взаимоотношения, элементы и формат.

В современной экономике научным сообществом и практиками отмечается большое количество инструментов, систем, методологий, решений, применяемых с разных позиций и целеполагания, как то: обеспечение бережливого производства, и т.д. исходя из чего, улучшение разработки продукта возможно посредством: общей, интегрированной разработки продукта и процессов; одновременным, параллельным проектированием процессов; реинжиниринга бизнес-процессов (ВРК); управления жизненным циклом продукта (РСМ); всеобщего управления качеством (ТОМ); бережливым

мышлением; управления с позиции недостаточности ресурсного обеспечения и другое.

Систему разработки продукта трактуют как: решения по основным процессам концептуализации продукта и его производства; совокупность методологий, методов, моделей, процессв потоков работ во всех областях разработки продукта, PLC-цикла продукта; исходя ИЗ совокупность выстроенных: 1) корпоративных систем («инженерия систем предприятия») – системой производства, непосредственно «превращающую физический артефакт» и системой создания продукта («PD-системой»); 2) сервисной системы – системы обслуживания процесса создания продукта; включающую 3) системы поддержки продукта, систему ресурсного обеспечения (например, формирования компонентной базы) и инструментарий поддержки операционной деятельности; совокупность вспомогательныхи соответствии с заявленным конечных продуктов планом выпуска; совокупность функциональных элементов структуры с позиции их архитектур И сформированных взаимозависимостей И элементами концепции, определяющих организацию процесса разработки продукта по времени. Настоящая работа следует определению, в соответствии с которым система представляет собой набор взаимосвязанных элементов, с присущими им свойствами и функциями и представлена четырьмя подсистемами: 1) системой системой действий – по процессов; 2) ресурсному обеспечению, организационному сопровождению; 3) целевой системой, представленной корпоративной стратегией и стратегией продукта; 4) объектной системой, включающей В виде промежуточных результатов, продукты также документов или прототипов.

Характеристики систем создания продукта выражаются через архитектуру (архитектура продукта машиностроения часто представлена платформенным подходом), т.е. природу элементов, их количество и связи между ними. Внутренними характеристиками PD-систем выступают: 1) степень

сложности; 2) степень стандартизации; 3) степень новизны; 4) степень качества (в отношении отдельных систем). Ключевым показателем «сложности» продукта является степень технологичности производства, число используемых компонентов и их взаимосвязь и др. Стандартизация, как характеристика систем создания продукта, «относится к ситуации, в которой несколько компонентов заменяются одним компонентом: а) в продукте, когда несколько уникальных компонентов заменяются общим компонентом в продукте. Делая это, можно рассчитывать на снижение сложности создаваемого продукта. б) между продуктами, когда несколько уникальных компонентов заменяются общим/единым компонентом для разных продуктах. в) между поколениями продуктов: общие компоненты используются в разных/модернизированных продуктах в течение определенного периода времени. Степень стандартизации так же зависит от используемых групп машин и оборудования. Степень новизны соразмерна степени снижения технологической неопределенности при производстве новых материалов, продуктов, устройств, при формировании новых РD-процессов, систем или существенное улучшение уже существующих. Степень качества (B отношении отдельных систем), основываясь на практикоприменении методологии PROsys, LLC в условиях отечественного производства, начиная с 2000-х гг. на предприятиях определяется следующими ключевыми принципами: а) прозрачность процесса; б) синхронизация отдельных потоков работ; в) управление сроками запуска производства и вывода продукта на рынок; г) управление и контроль бюджета; д) аутсорсинг инжиниринга.

Развитие создания продукта, реализуемой систем связанное архитектурой возможно за счет инструментов: дизайна не продукта, но семейства продуктов (посредством синтеза архитектур продуктов); конфигурации платформ «продукт-производство» через моделирование зависимостей; через сопоставление компонентов И функциональных возможностей продуктовых и производственных платформ; картирование потока создания стоимости (VSM) для отделения деятельности, не связанной с добавленной стоимостью, в процессе спецификации от деятельности по добавлению стоимости.

Под концепцией понимается: четко изложенная идея и/или стратегия будущего проекта по созданию продукта; описание продукта, технологии, производственных систем И производственных процессов, целью формирования которой является создание последующего основы ДЛЯ физического проектирования продукта, его производства и коммерциализации. В рамках жизненного цикла продукта, это итеративный процесс, т.к. некоторые подобласти становятся актуальными только с увеличением детализации.

По теме исследования интерес представляют: 1) концепция системы разработки продуктов (PDS) и 2) концепция организации разработки продуктов (PDO). Первая ИЗ них определяется как совокупность элементов (функциональных элементов, процессов и систем), их архитектуры взаимосвязи, формируемых при разработке нового продукта, ценностей, принципов, стиля работы. Архитектура продукта в PDS выстроена в виде контекстно-зависимой организационной структуры, итогом которой выступает стоимости. PDO-концепция сформированная цепочка определяется совокупность элементов и ресурсов внутри компании, отвечающих за разработку новых продуктов и их реализацию. PDO определяет архитектуру «технической разработки основы» системы продукта, включая функциональные и рабочие характеристики технологического обеспечения, элементов и процессов; инженерные требования; технические стандарты.

В области проектирования систем разработки продукта выделяют две превалирубщие концепции: 1) интегрированной разработки и 2) распределенной разработки. Примеры интегрированных подходов включают параллельное проектирование, совместное проектирование, управление жизненным циклом продукта (PLM), скоординированную разработку продукта несколькими организациями. Примеры распределенных подходов включают центры передового опыта, аутсорсинг и офшоринг. Визуализация процесса

концептуализации сопровождается показателями (индикаторами) ее реализации.

Существующие абстрактное модели, как описание процесса проектирования систем представлены совокупностью: предписывающих моделей, на уровне теоретического обоснования; практико-ориентированных описательных моделей. Систематизация разнообразия моделей позволила общих подхода к моделированию: последовательное выделить четыре моделирование систем; дизайн-ориентированное моделирование; параллельное моделирование продукта; динамическое моделирование продукта.

Усиление значимости управления сложностью продуктовых систем в вариативности ассортиментного условиях роста ряда определяет: 1) формирования набора функциональных продукта, как компонентов, составляющих конфигурацию семейства продуктов, и предопределяющих состав системы разработки продукта; 2) необходимость массовой настройки (массовой кастомизации) конфигурации продукта посредством формирования совокупности продуктовна базе продуктовых платформ уже на уровне концептуализации продукта; 3) разработки продукта в интегрированных, распределенных проектах развития систем, где системный интегратор замыкает на себе: компетенции по продукту, потенциал развития, ноу-хау в ключевых общую технологиях, управление процессами, управление проектами, концепцию по всей технологической цепочке.

Архитектурные композиции систем создания продукта в условиях их постоянной трансформации включают открытую и закрытую архитектуры. Разработка продукта считается открытая, если пользователь продукта имеет возможность влиять на функциональность продукта, а производитель заранее создает условия для этого, открывая процесс разработки продукта. Получает распространение «модульный подход» к производству, при котором продукт рассматривается как система модулей (узлов, состоящих из многих частей), часто унифицированных; платформенный подход-обеспечивают общую техническую основу для семейства продуктов на основе постоянных

параметров, функций и / или компонентов; интегральный. Модульные и выступают интегральные архитектуры полюсами архитектурного проектирования, между которыми достигается континиум возможных сочетаний. Открытые системы представляются сочетанием концепций в виде их конструкторов. Термин «конструктор» определенных используется литературе с разными акцентами, предполагая возможность отражения применений многочисленных вариантов модульных систем;принцип, формирования закономерность системы, правила конструирования; комбинацию системы компонентов и сборок для продуктов с различными функциями, что является отличием от серии, в которой функция продукта всегда одинакова. То есть элементы (модули) конструктора могут быть отдельными элементами продукта, сборкой, производственной системой, ландшафтом бизнес-процессов стейкхолдеров системы. Целью ввода конструктора является управление вариантами продукта уже на концептуализациии поддержка быстрого и ресурсосберегающего внедрения продуктов.

### 3. МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ СИСТЕМ СОЗДАНИЯ ПРОДУКТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАШИНОСТРОЕНИЯ

## 3.1. Методология формирования системы разработки продукта, как совокупность связанных моделей, методов и инструментария

Под методологией понимаем совокупность связанных моделей, методов и инструментов для решения теоретических и практических задач. Исходя из позиции, что система создания продукта служит моделью для организации производства, определяем содержание методологии систем разработки продукта как последовательность действий: 1) формирование системы разработки продукта; 2) инжиниринг процессов, технологий производства; 3) определение функциональности (эффективности, результативности) систем; 4) развитие систем создания продукта. Проектирование PD-системы возможно исходя из компонентно-ориентированной и функционально-ориентированной разработки:

- 1. Компонентно-ориентированная разработка упор на решения по компонентам систем. В целом, компонентно-ориентированные подходы подходят для разработки многовариантных PD-систем, но не предназначены для реализации сложных продуктов и сложных процессов.
- 2. Функционально-ориентированной разработка<sup>8</sup>. Рассматривается как отправная точка при разработке модульных продуктов и продуктовых платформ. Подход предполагает, что целевые функции вытекают из запроса потребителя, затем они детализируются и конкретизируются в физическую активную структуру продукта. Потенциальные решения по продукту описываются в элементарной форме. Разрабатываемые решения переносятся обратно в функциональную структуру, затем повторно формируется связанная

-

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup>функциональная единица - это группа компонентов, которые выполняют одну технологическую функцию по схеме потока

активная структура с конкретизацией элементов продукта, генерируются конструкторы модульные систем. На ранней стадии разработки продукта определяются: а) базовые функции, нейтральные к внесенным изменениям, б) взаимосвязи и взиамозависимости между потенциалом производства и потредительским спросом, альтернативы вариаций продукта, оформленных в концептуальные стандарты для объединения максимально возможного числа функций с одними и теми же «держателями» функций. На базовом уровне функционально-ориентированный подход к проектированию PD-систем условно подразделяется на подходы, основанные на продукте и подходы, основанные на процессе.

Что касается разработки платформ продуктов, основная идея подразумевает создание общей основы для семейства продуктов. В отличие от разработки модульных продуктов, разработка продуктовых платформ всегда направлена на сокращение внутреннего разнообразия. Как было определено во второй главе, термин платформа многоаспектен. В одних определениях основное внимание уделяется продукту, в других – контексту цепочки создания стоимости [182] [190], в третьих – жизненному циклу продукта в качестве основы развития семейства продуктов [184].

Технология реализации подхода предполагает:

- 1. Определение функций, с последующим техническим и экономическим обоснованием конструктора для общих функциональных вариантов, агрегированием модульных элементов продукта, формированием сети вовлеченных партнеров по процессу.
- 2. Создание конструктора (конфигурации) PD- системы. Решение включает элементный состав и их градацию на «базовые-вариативные», модули (платформеннуюконструкцию), где: 1) компоненты, которые имеют высокую потребительскую ценность и требуют дифференциации, намеренно исключаются из модульной системы; 2) дифференциация реализуется с помощью модульной системы с выбором базовых и настраиваемых модулей. Выполнение требуемых общих функций должно быть нацелено на сочетание

минимально возможных и простых в реализации основных функций. Затем определяются принципы работы для выполнения других функций. где, сразу определения структуры продукта, выстраивается функциональная взаимодействия подсистем. Далее структура, пределы ДЛЯ всех разрабатываются модульные решения, которые различаются по выбору базовых и адаптируемых модулей, используемых концепций и принципов работы, охвата портфеля продуктов. В дополнение к желаемому количеству элементов должны быть определены: желаемое количество продуктов или вариантов, производных от модульной системы, размещение модульных элементов на уровень сборки, модуля одной детали, или платформы, количество предпочтительных технологий из запланированного ассортимента продукции.

3 Оценка стоимости, учетом эффективности, результатов. Современные подходы системно представлены: 1) подходами к оценке, ориентированными на 2) 3) затраты; подходами, ориентированными на качество; кросстематическими подходами. Проектирование систем разработки продукта предполагает, что инструментарий, применяемый в ходе разработки разработки продукта, условно делится в зависимости от первичности либо продукта, либо процесса (производственной системы). При выборе первого варианта продукт (система продукта) формируется либо компонентной либо функциональной разработки: 1. Core competency (Формирование основных компетенций предприятия). Инструментарий: развертывание функций качества (QFD) [70], технология развертывания функции (MFD) [136]: 2. PPD-(Формирование «карты компонентов», функций продуктов). Инструментарий: расчет целевых затрат (Target Costing), концепция множественного выбора (DFV), конфигурация вариантов продукта (DFC), режим альтернатив и анализ эффектов (VMEA), модульность продукта, платформенный подход.

Таблица 48 – Инструментарий оценки стоимости, эффективности, результатов развития систем создания продукта

Инструментарий	Характеристика инструментария в контексте
	Corecompetency (Формирование портфолио основных компетенций предприятия)
развертывание	Инструмент соотнесения требований заказчика, в т.ч. по качеству продукта и технических характеристик процесса его
функций	производства с использованием матрицы («Дом качества»). Разработан Ю.Акао в Японии в 1960-х гг. [70]. Однако,
качества (QFD)	перспективы развития продукта, управление сложностью продукта концепцией не учитывается
модульная	Инструмент, оценивающий продукт с позиции его состава, компонентной и функциональной насыщенности. Дж. Эриксон
технология	[136] предлагает составлять матрицу индикации модуля (МІМ), которая позволяет определять носители функций и
развертывания	характеристик разрабатываемого продукта, также дает возможность отследить цепочку добавленной стоимости (создания
функции (MFD)	ценности)
	PPD-модель (Формирование «карты компонентов», определяющих функциональность продуктов)
расчет целевых	Инструмент управления затрат, калькулирования целевой себестоимости [230]. Целевая стоимость определяется для
затрат (Target	компонентов продукта с последующим определением стоимости функций. Инструмент позволяет определить целевой
Costing)	разрыв посредством визулизации с помощью матрицы, но не предлагает решений по снижению стоимости
	компонентов/продукта. Можно использовать возможности бенчмаркинга
концепция	Учет и сопоставление затрат в условиях альтернативности выбора посредством расчет индексов [123]: унификации, точки
множественного	дифференциации, стоимости сборки, расчет которых позволяет выстроить технологическую последовательность работ,
выбора (DFV)	оптимальную с точки количества элементов, узлов/компонентов, модулей,, последовательности сборки. Позволяет
	оценить изменение затрат при изменении ассортиментного ряда, позволяя прогнозировать затраты
конфигурация	Инструмент формирования набора элементов продукта (компонентов, модулей,) [283], позволяющий экономить
вариантов	затраты за счет: • определения количества и состава компонентов, модулей; унифицированной архитектуры продукта,
продукта (DFC)	разработанных еще на этапе концептуализации продукта
режим	Метод прогнозирования мер и решений на ранних стадиях разработки продукта с целью формирования прогнозированных
альтернатив и	свойст продукта. Позволяет выполнить количественную оценку сложности продукта; итоговую оценку характеристик
анализ эффектов	разработанного продукта, вводя критерии оценки, ключеве показатели. Основан на преимущественном использовании
(VMEA)	стандартизированных элементов продукта [110], [133]
модульность	Инструмент управления сложностью продукта посредством учета затрат на отдельные элементы продукта в условиях
продукта	альтернативного выбора, учета эффекта масштаба, вариантности выбора, активного использовании стандартизированных

	элементов продукта [99], [125]
платформенный	Инструмент управления сложностью продукта посредством использование платформ, состоящих из стандартизированных
подход	элементов. При этом не позволяет: управлять сложностью продукта, снижать затратную составляющую в части
	уникального компонентного ряда

Источник: систематизировано автором (на основе [70], [99], [110], [123], [125], [133], [136], [230], [283])

Традиционные критерии оценки в этом случае охватывают большой пласт вопросов, начиная со степени значимости продукта в общей системе (стратегия позиционирования продукта); связанных с коммерциализацией продукта и заканчивая вопросами характеристики продукта, такими как уровень сложности продукта (реализуемость на практике) [60]. Градация – от 1 до 5, где 1 — минимальное значение; 5 — максимальное значение. Сравнение (таблица 49) основываем на фактологическом материале лидеров отрасли, мнении экспертного сообщества и авторской позиции.

Таблица 49 — Оценка классических стратегий и инструментария, применяемых в системах разработки продукта

	стратегии продукта	Продажи/р ынок	Архитекту	Количеств енная	Применим ость на
	1 75		продукта	оценка	практике
				сложности	
Массовая	5	4	1	1	5
кастомизация					
Бережливое	4	4	1	1	5
производство					
Оптимальный выбор	4	4	1	1	3
Развертывание	2	5	2	1	5
функции качества					
Расчет целевых затрат	3	5	2	1	5
Концепция	1	1	3	4	4
множественного					
выбора					
Конфигурация	1	4	5	1	4
вариантов продукта					
Модульность продукта	5	4	3	2	5
Модульная функция	1	5	4	3	4
Платформы продукта	4	4	5	1	5
Режим альтернатив и	1	1	4	4	3
анализ эффектов					
Программа сокращения разнообразия	1	1	3	4	5

Источник: систематизировано автором (на основе [21])

где:

- 1 Не выполнено
- 2. Исполненная в низкой степени
- 3. Частично выполнено

- 4. Исполненная в значительной степени
- 5. Полностью выполнены

Bo производственной системы над втором случае – первичность продуктом при формировании системы разработки продукта, продукт / система продукта проектируется исходя из достижения целей посредством обеспечения согласованности элементов системы, достижения максимальной добавленной стоимости на всех этапах цепочки. Оценивая инструментарий, предложенный Е.М. Дебердиевой [21], применяемый при развитии производства через управление сложностью систем «продукт-производство» и их взаимодействия, определяем активное использование концепций: эффективность И целеполагание развития систем (результативность), управление по целям (BSCсистема, система КРІ и др.), бенчмаркинг, контроллинг.

Развитие систем создания продукта подробнее будет раскрыто в следующих главах. Здесь остановимся на отдельном аспекте вопроса: упралвении изменениями.

Управление изменениями в проекте осуществляется посредством внедрения в производство практик, фокусирующихся на внедрении гибких производственных систем, сокращении времени наладки и планирования производства, непрерывном совершенствовании процессов и систем и др. [26].

Трансформационные процессы определяются:

1) выбором производителем отрасли приоритетной парадигмы из существующих альтернативных (рисунок 20).

			_		
					производственн
					ые,
Стратегия развит	ия производства				технологически
				бизнес-	е процессы и
_		функционально	сть, качество	процессы	системы
Период	1920-1970	1980-1990	1990-1996	1996-2000	2000 по н.в.
				<u> </u>	
производствен	массовое	гибкое производст	ГВО	массовая	стратегическа
ная эпоха	производство			кастомизация	я динамика к
					устойчивому
					производству
конкурентные	издержки	качество	скорость	гибкость*,	фабрика
преимущества			поставок	инновационно	знаний,
				сть,	сложный
				мир.произв.	высокотехнол
				системы	-й продукт
производствен	сборочная	гибкие произв	водственные	системы	кластеризация
ные	линия,	системы произ	водственных	продуктов	систем

возможности	бездефектное	иннова	аций		
	производство				
Технологическ	адаптивный	стандартизациея п	роцессов	новые	технические/
ие	инструмента	адаптивность пр	оизводственной	технологии	технологическ
возможности	рий	среды, систем; R&	&D-	производства	ие системы
критерии	уровень	непрерывные	время,	интеграция	массовая
оценки	эффективнос	улучшения,	скорость	процессов,	персонализац
развитияпроиз	ти	производительн	реакции,	масштаб сети	ия,
в-ва		ость процессов	вариативност		накопление
			Ь		знаний
источник	капитал/	информационны	кросс-	интеграционн	системы
добавочной	труд	e	функциональ	ые	«продукт-
стоимости		системы/рабочие	ные группы	производ.сети	производство
		группы			<b>»</b>

<sup>\*</sup> гибкость системы предполагает возможность перехода на выполнение отдельных операций в случайной последовательности с минимальными затратами по ресурсам и времени. Источник: систематизировано автором на основе [146], [218], [239]

## Рисунок 20 — Стратегическая карта видения развития производства лидеров отрасли

2) реализуемыми бизнес-стратегиям по направлениям: разработка продукта, производство, продажи. Последовательность их реализации по времени возникновения отражена на рисунке (рисунок 21).

Управлени	Управлени	Технологичес	Бережли-	Тайм-	Инновации	Устойч-е
e	e	кий	вое	менеджмен		производст
затратами	качеством	менеджмент	произво-	T		во
			дство			
реинжинир	SPS-	FMS	точно в	реинжинир	PD-	-
ИНГ	-	CIM	срок	инг бизнес-	исследован	гибритизац
процессов,	концепция	CAD-CAM	(Justintime,	процессов	ия	ия
стандартиз	тотального	выстраивание	ЈІТ);постоя	фокус на	CI-	технологий
ация	управления	потока	нное	системное	инновации	
рабочих	качеством	(Continuous	улучшение	совершенст	CE-	
процессов	- TQC	Flow); защита	(Kaizen);	вование	стратегии	
-	-	от ошибки	проект	производст	производст	
концепция	тотальному	«Пока-йоке»	«Шесть	ва	венные	
экономног	менеджмен	(Poka-Yoke);	Сигм»	Takttime	системы	
o	ту качества	TPM	(SixSigma);	(время	мирового	
производс	(TQM)	(всеобщее	КПЭ (КРІ),	такта) -	класса	
тва,	- системы	предупредите	потери	скорость, с	(WCMS)	
создавалас	менеджмен	льное	(Muda);	которой		
ь как	та на	обслуживание	визуализац	вам		
методолог	основе	оборудования	ия (Visual	необходим		
ия	политики в	)	Factory)	o		
оптимизац	области	SMED		завершить		
ии затрат в	качества —	(быстраяпере		продукт,		
автомобил	Managemen	наладка) -		чтобы		
ьной	t by Policy	Анализ		удовлетвор		

промышле	System	причин -	ИТЬ	
нности	(MPS)	Метод	покупатель	
	-	предотвращен	ский спрос	
	применени	ия дефектов		
	e	на		
	междунаро	производстве		
	дных	ОЕЕ (Общая		
	стандартов	эффективност		
	на систе-	ьоборудовани		
	МЫ	я) - расчет		
	менеджмен	общей		
	та — MSS	эффективност		
	(Manageme	И		
	nt System	оборудования		
	Standards)			

Источник: иистематизировано автором (в основе модель совершенствования бизнеса (модель EFQM) [298], методология развития производства К.Шетца [270])

Рисунок 21 — Бизнес-стратегии, выступающие приоритетными по периодам

В условиях отечественного производства в н.в. реализуются принципы «бережливого мышления» с элементами СЕ-стратегии. Стратегия бережливого производства (она же система непрерывных улучшений, система повышения эффективности, continuance improvement, бережливое производство, «lean-философия», кайдзен) — набор практик и процедур, фокусирующихся на непрерывном совершенствовании процессов и систем [59]. В основе улучшений закладывается набор мероприятий, позволяющих обеспечить увеличение производительности (изменение схемы, расшивка узких мест, пересмотр нормативов за счет поиска резервов и т.п.) [5].

3) стратегиями позиционирования продукта, среди которых выделяются «крайние» стратегии: стратегии кастомизации (чистой настройки) — дизайна продукта путем выбора возможных составов предварительно разработанных компонентов в пределах заранее определенного объема предлагаемого ассортимента [134, 135] и стратегии стандартизации продукта — усредненная оценка предпочтений, невысокая цена из-за эффекта масштаба [216]; «кривой эффекта опыта» обеспечивающей снижение затрат до 20-30% [102], др.

Часто, применяется гибридизация стратегий посредством массовой кастомизации или настройки [249]. Это взаимодействие реализуемое как «архитектурное знание», включающее в себя «понимание» структур рабочих процессов, их взаимосвязей и возможностей для комбинации; позволяющих адаптировать процессы производства под запрос потребителя через реализацию модульности продуктов, систем, процессов.

В контексте вышеперечисленных производственных парадигм, альтернативные стратегии разработки продукта определяются основными подходами к организации производства: 1) производство «на склад» (make-to-stock –MTS); 2) производство «на заказ» (make-to-order – MTO) при отсутствии сдандартизированных сборочных единиц и компонентов; 3) производство под «прогноз продаж» (make-to-forecast– MTF)— при котором процесс в целом стандартен, но предполагается его небольшая настройка. Соизмеряя стратегии позиционирования продукта и основные виды организации производства определяем:

- 1) отличие в действиях производителя в зависимости от запроса потребителя;
- 2) точку заказа потребителя— CODP («замораживания», «проникновения» заказа – OPP). Точка определяет момент времени, когда заказчик вмешивается в процесс. Это означает, что процессы делятся на независимую от клиента стандартизованную) (максимально И зависящую OT клиента (стандартизованную) [280], когда продукт фиксируется по определенному запросу потребителя, а действия до CODP осуществляются конструктором, все после – технологом. 3) отличия в разработке пространства решений, иногда описываемое как «пространство продуктов», определяемого как «совокупность разнообразных решений ПО настройке ДЛЯ формирования желаемого продуктового разнообразия».

## 3.2. Методология комплексного проектирования системы разработки продукта, где альтернативная эффективность конфигурации продукта и выбора поставщика определяется на основе сравнительного преимущества

Чтобы реализовать быстрое проектирование и разработку продукта в условиях неопределенности, предлагается метод конфигурации продукта и выбора поставщика на основе фактических данных о поставках при концептуализации продукта. Решение возможно реализовать посредством ввода конкретных данных о стоимости продукта, доставке, периоде и производительности в конфигурацию продукта на основе информации о конкретном поставщике.

Эксперты отмечают, что исследований по интеграции процессов конфигурации и параллельной оптимизации между конфигурацией продукта и выбором поставщика, недостаточно. В диссертации конфигурация продукта и выбор поставщика предлагается В качестве целевой функции интегрированной модели разработки продукта для повышения процента определенности информации ПО стоимости продукта уже на этапе концептуализации продукта.

В контексте данной работы методология комплексного проектирования системы разработки продукта, где альтернативная эффективность конфигурации продукта и выбора поставщика определяется на основе сравнительного преимущества выстраивается исходя из экономической составляющей вопроса — комплексной оценки и контроля при разработке продукта создаваемой стоимости. По замыслу автора, в этом случае

-

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> Конфигурация продукта — способ быстрой разработки продукта в среде массовой настройки через семейство продуктов, основанное на дизайне конфигурации продукта, к эффективности и стоимости массового производства для достижения персонализированного дизайна и производства продукта. План конфигурации продукта в последующем служит основой для разработки плана производства продукта, планов ресурсного обеспечения в соответствии со стратегией бизнеса, выбора поставщиков из множества потенциальных поставщиков компонента по критериям оценки.

комплексная система разработки продукта интегрирует решения по разработке продукта (PDP), стратегическому видению производственных систем (MSPпроцесс) и производству, включая: 1) определение поставщика посредством сравнительного анализа при концептуализации продукта; 2) формирование альтернативного выбора элементов системы, основываясь на существующем заделе, включая: а) элементы конструкции: детали, узлы, модули, стандартные конструкции, платформы и т.д.; б) взаимосвязи, соединяющие конструктивные элементы; в) условия формирования и реализации продукта как системы (технологии, модели, инструментарий); 3) использование методологии любом разработки комплексного проектирования на этапе продукта интегрированно, блочно, обеспечивая баланс технических, технологических и экономических решений за счет альтернативности их выбора.

- анализ и оценка производственного и логистического Основываясь на анализе рынка, производители определяют количество потенциальных поставщиков, возможные ценовые диапазоны поставок, логистические системы, задел по производственным системам, по сборке [101]. должны учитываться процессы При анализе И усилия, связанные с планированием контролем И цепочки создания стоимости, также существующая организационная структура. Логистические характеристики процессов производства продукта и хранения по Х.Вендалю [322] позволяют оценить значимость логистики на стратегическом и операционном уровнях.
- 2. Разработка конфигурации продукта в виде платформы посредством: формирования набора функциональных компонентов, составляющих конфигурацию семейства продуктов, и предопределяющих состав системы разработки продукта. Исходя из чего процесс разработки продукта можно выразить следующим образом: функциональные требования заказчика сопоставляются с целевым набором функций разрабатываемого продукта, т.е. с набором функциональных компонентов, экземпляры где элементных компонентов, входящие вотдельный функциональный компонент продукта составляют конфигурацию семейства продуктов, на ранних этапах учитывая

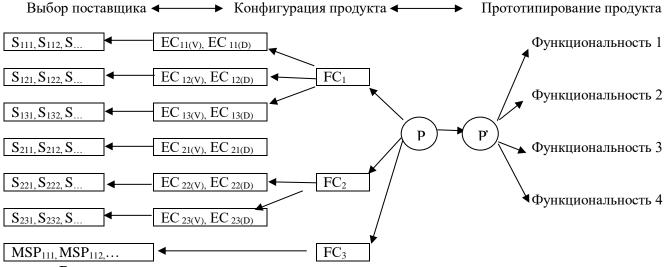
различия атрибутов компонентов экземпляра, предоставляемых разными поставщиками. Список поставщиков (Sijk) для каждого компонента экземпляра при разработке интегрированной модели семейства продуктов включает k-го поставщика ј-го компонента экземпляра ІМіј функциональной составляющей. Альтернативная эффективность сформированной системы разработки продукта предполагает возможность составления интервала альтернатив конфигурации продукта и выбора поставщика на основе сравнительного преимущества. Функциональный компонент продукта содержит набор обязательных (унифицированных) компонентов и дополнительный (переменный) набор компонентов, исходя из чегоформируемая система включает две подсистемы: унифицированную, переменную ЧТО подразумевает возможность рекомбинации элементных компонентов в условиях их взаимозависимости. Общность унифицированных элементов продуктов при этом обеспечивается через систематизацию релевантных практик лидеров отрасли, требованиями потребителей к продукту и технологическими возможностями производителя, его стейкхолдеров;

3. Разработка модульной межкорпоративной цепочки создания стоимости, учитывающую потребности рынка; поставщик при этом определяет собственную цепочку создания ценности в связке, в виде сети добавленной стоимости. По мнению С.Грюнвальда, технологический модульный подход оптимально отвечает поставленной задаче формирования сети компетенций и не требует больших конструкции [161]. Исходя из чего, по замыслу исследования, в системе создания стоимости её подпроцессы и элементы подразделяются на модули процесса создания стоимости, что позволяет планировать варианты расширения и сокращения – по мнению Дж.Ортона и К.Вейка модульная цепочка создания стоимости обладает необходимой гибкостью К ДЛЯ адаптации линамически изменяющимся нестабильной среде [237] Градация позволяет учесть альтернативные варианты процесса для их генерации с минимальными усилиями. Структура затрат, действиями, и уровень связанная c затрат на предоставление услуг

поставщиками в рамках всей компании для расчета цен предложения и оценки создания рыночной стоимости соотносятся с модулями процессов. Благодаря предлагаемой структуре и пролонгации использования модулей создается возможность повышения эффективности разработки продукта и оценки создаваемой стоимости с учетом запросов рынка. Определение модулей позволяет структурировать отбор, интегрировать драйверы процессов, производительности и доступные ресурсы в PD-процесс. В контексте сказанного, Г.Рейтхарт [261] отмечает возможность сократить усилия за счет стандартизированного представления процессов, Д.Спат [290] – за счет четкого представления информации по ресурсам и поставкам. Причем, Г.Рейтхарт отмечает, что такой модульно-ориентированный подход уже зарекомендовал себя при моделировании процессов разработки и сборки продукта у отдельных лидеров машиностроения.

4. Процессно-ориентированный расчет и оценка PD- в сетях компетенции с позиции производительности: каждый шаг процесса исследуется в отношении затрат, калькуляция составляется по видам PD-деятельности и по функциям продукта, где драйверы затрат назначаются процессам с добавленной стоимостью в качестве так называемой эталонной стоимости и связаны с прямыми затратами по соответствующим модулям процессов. Решающая роль - у факторов стоимости, вызванных межкорпоративным сотрудничеством, таких как транзакционные издержки от ввода внешнего поставщика или координации обработки заказов в сетях компетенции при межкорпоративной добавленной стоимости в сетях компетенций затраты на межфирменное сотрудничество в форме транзакционных издержек должны быть интегрированы в дополнение к затратам на процессы, что вызывает повышенную сложность процессов всех вовлеченных компаний, поэтому при необходимо результирующие оценке учитывать затраты освоение сложности. Их снижение достигается за счет повышения прозрачности процесса, как это предлагалось ранее. В модулях процессов стоимостные факторы обычно определяются как справочные значения. Цены и количества факторов производства, а также частота транзакций входят в число переменных, напрямую влияющих на затраты. Таким образом, контрольные значения или факторы, определяющие стоимость, могут быть определены для всех модулей процесса в процессе создания добавленной стоимости. Структура и составляющие калькуляции прямых затрат относительно самого продукта определяются использованием материальных ресурсов, трудовых ресурсов, технологий в рамках соответствующих технологических модулей путем расчета их использования (количества, продолжительности) и соответствующих норм затрат. Метод расчета затрат, ориентированных на процесс, разделен на три этапа:

- определение количества процесса,
- определение стоимости процесса и
- подробное описание расчета стоимости процесса. Результатом комплексной оценки является конкурентоспособная цена предложения для запрошенные услуги.
- 5. Оценка цепочек создания стоимости, в зависимости от структуры и объема запрашиваемых поставок. Выбираются поставщики и включаются в процессно-ориентированную оценку цепочек создания стоимости. Если прямого сравнения предложений, представленных ДЛЯ каждого этапа добавленной стоимости, недостаточно для определения конкурентоспособной цены, может использоваться метод целевых затрат. Отличие авторского подхода от существующих решений на этом этапе состоит в «переносе» на начальный уровень PD-процесса поставщиков (стейкхолдеров) производителя (рисунок 22).



Разработана на основе методики отбора поставщиков для платформенных продуктов Ю.Цао, [103]

Рисунок 22 — Технология формирования системы разработки продукта в детальном выражении (с указанием роли поставщика)

6. Оперативный контроль за созданием стоимости. Из-за увеличения количества элементов и взаимосвязей в цепочках создания стоимости при комплексной разработке продукта, возрастает сложность управленческих задач. В этом контексте к инструментам оценки и принятия решений, предъявляется требование открытости информации.

Методика выбора конечного элемента системы из существующих альтернатив в этой Методологии основана на использовании: 1) шкалы Лайкерта, формирующей интервальные данные, позволяющие исследователям обосновать использование среднего арифметического в качестве меры; 2) индексного метода; 3) корреляционной матрицы релевантности.

Авторское решение предлагает дополнить относительную сравнительную экспертную оценку экономическим обоснованием: для выбора конечного выбора элемента системы разработки продукта предполагается использование индекса выбора элемента системы разработки продукта (I<sup>i</sup><sub>PD</sub>), который определяется как частное между индексом важности (% I) и относительной стоимостью (% C) функции, характеристики, компонента.

$$I^{i}_{PD} = \% I / \% C$$
 (2)

%C — отношение стоимости отдельного элемента ( $ECij_{(V)}$ ,  $ECij_{(D)}$ , FCi, ...) к сумме затрат всех элементов продукта; % I — относительная важность отдельного элемента (производительность, функциональность) по отношению к другим элементам.

Таблица 50 –Интерпретация результатов расчетного индекса выбора

Индекс	Результат
IV= 1	Оптимальный выбор, ценность элемента максимальна
0,9 <iv <1<="" th=""><th>Нормативное значение стоимости. Возможна вариация элемента</th></iv>	Нормативное значение стоимости. Возможна вариация элемента
IV <0,9	Элемент критичен. Обязательноальтернативное решение, в т.ч. по стоимости

Источник: система оценки ENAPS (данные бенчмаркинга); [98],[123],[159]

Предложенный индекс позволяет: а) включать стоимость разных типов носителей ценностей как параметра альтернативного выбора, а не фактора, возникающего как следствие разработки, б) создавать баланс эффективности (вход = затраты или усилия, выход = доход, продукт, иной результат) РОшагов, что обеспечивает системе свойство универсальности, позволяя тиражировать практику в последующие проекты интегрированной (а также распределенной) разработки продукта.

Исходя из вышесказанного, выбор элементов многоцелевой системы разработки продукта обусловлен проектными переменными:

1. Себестоимость продукта – проектное решение по продукту реализуется как соотношение:

$$\begin{aligned} \text{Totalcost}_{Pi,j} &= \Sigma \epsilon_{ijk}(\text{ECij}_{(V)}, \, \text{ECij}_{(D),} \approx & \text{Lij}_{(V) \, (D),} \, v_{i,j}) \cdot \text{Cost}_{ijk} + \, \Sigma \epsilon_{ij\overline{k}} 1 \, (\text{ECij}_{(V)}, \, \text{ECij}_{(D),} \\ &\approx & \text{Lij}_{(V) \, (D),} \, v_{i,j}) \, \text{Cost}_{a} \, \approx & (1+\alpha) \end{aligned} \tag{3}$$

где, Totalcost<sub>Pi,j</sub> — диапазон суммарной стоимости конфигурируемого продукта исходя из совокупности решений по i, j, n, m(i), s(i,j), ECij<sub>(V)</sub>, ECij<sub>(D)</sub>; Cost<sub>ijk</sub> — цена, предоставляемый k-м поставщиком j-го экземпляра компонента i-го функционального набора (возможен  $\Sigma$  Cost<sub>ijk</sub> — диапазон цен);  $\epsilon_{ijk}$  — переменная решения, соответствующая компоненту экземпляра ECij с позиции его поставки Sijk ( $1 \le k \le s(i, j)$ ): если  $\epsilon_{ijk} = 1$ , это указывает, что экземплярный

компонент ЕСіј участвует в конфигурации и соответствует поставщику, выбранному в качестве Sijk; $\varepsilon_{ijk} = 0$  указывает, что экземпляр компонента ЕСіј не участвует в конфигурации, и соответствующий k-й поставщик Sijk не выбран; для функциональной составляющей FСі выбираются экземпляры компонентов ЕСіј с  $\varepsilon_{ijk}=1$ , т.е. участвующие в конфигурации. Соst<sub>а</sub> – средняя стоимость сборки ІМіј в модуль или в FСі, $\alpha$ — средняя норма прибыли производителя. Условием реализации выступает соотношение: Totalcost<sub>Pi,j</sub> (1+ $\alpha$ )  $\leq$  Cost<sub>max</sub>, где Cost<sub>max</sub>— плавающий диапазон бюджетной цены потребителя.

2. Функциональность продукта – концепция продукта предполагает, что область системы – функция, рассматривается как переменная, а результатом сформированной системы является продукт. Итоговое проектное решение по продукту реализуется как соотношение:

$$P_{i,j} = \Sigma FMi = \Sigma ECij_{(V)}, ECij_{(D)} \approx Lij_{(V)}(D), V_{i,j}$$
(4)

где: vi,j — нормализованные значения элементов, за которые предлагается принимать нормализованные значения отраслевого стандарта (при наличии), результаты проектов лидеров отрасли (эталон через бенчмаркинг).

3. Производительность. Если переменной выступает производительность, то проектное решение по продукту реализуется как соотношение:

$$P_{Pi,j} = \sum \epsilon_{ijk} (ECij_{(V)}, ECij_{(D)}, \approx Lij_{(V)(D)}, v_{i,j}) \cdot P_{ijk,d} \cdot \omega_{ijk}$$
(5)

где  $\varepsilon_{ijk}$ —переменная решения, соответствующая компоненту экземпляра ЕСіјс позиции его характеристики (V), (D);  $P_{ijk,d}$  представляет производительность k-го поставщика j-гоэкземплярного компонента i-го функционального набора  $\{ECij_{(V)}, ECij_{(D)}\}$ и интервал оценки релевантности d-го исполнения (например, срок поставки);  $\omega_{ijk}$ — весовой коэффициент набора характеристик продукта с позиции функциональности (м.б. качество).

Модель формирования многоцелевой системы разработки продукта представлена как соотношение (формула 6).

$$s(i,j)$$
 $\sum \epsilon_{ijk}=1, i=1,2,...,n; j=1,2,... m(i)$ 
 $k=1$ 
 $m(i) s(i,j)$ 
 $\sum \sum \epsilon_{ijk}=1, \quad \text{если FCi является переменным компонентом;}$ 
 $j=1 \ k=1$ 
 $m(i) s(i,j)$ 
 $\sum \sum \epsilon_{ijk}<1, \quad \text{если FCi является унифицированным компонентом;}$ 
 $j=1 \ k=1$ 
 $i=1,2,...,n$  (6)

Например: семейство функциональных компонентов продукта представлено параметрами конфигурации, где модули с 1 по 9 — унифицированные, 10 и 11 —переменные. Целевая стоимость единицы продукта (модуля) составляет  $C_i = [372\ 736]$  тыс.руб., средняя продолжительность сборки между модулями составляет  $T_i = [1,4;1,9]$ . Каждый поставщик характеризуется интервалом отгрузки и диапазоном цен на продукцию (таблица 51).

Таблица 51 — Конструкция функциональных узлов продукта с позиции альтернативной стоимости (пример)

Цомор	Имя	Номер	Наименование	Срок	Цена (тыс. руб.)	
Номер	модуля	экземпляра	поставщика	поставки (дн.)	цена (тыс. руб.)	
		$M_{11}$	S <sub>111</sub>	[39,41]	[14 268, 15 465]	
		1 <b>V1</b> []	S <sub>112</sub>	[38,42]	[13 808, 14 729]	
			S <sub>121</sub>	[38,40]	[13 348, 14 268]	
1	Модуль «а»	M <sub>12</sub>	S <sub>122</sub>	[36,39]	[15 649, 16 385]	
			S <sub>123</sub>	[36,38]	[13 624, 14 544]	
			S <sub>131</sub>	[39,41]	[16 570, 17 490]	
		IVI <sub>13</sub>		[38,41]	[17 306, 18 227]	
••••						
10	Молуш ил»	$M_{101}$	S <sub>811</sub>	[1,2]	[7 364, 8 284]	
10	Модуль «n»	юдуль «п» — 1VI <sub>101</sub>		[2,3]	[7 180, 8 377]	

Источник: систематизировано автором с использованием данных п/п, матриц интервального сравнения при принятии многокритериальных решений (на основе методики К.Бичльмайер [89], Л.Стирн, П.Грошель [287])

Посредством анализа производительности элементов продукта резюмируются основные характеристики  $\varepsilon_{iik}\{1,2,....\}$ . Исходя из набора функциональных модулей и их элементных компонентов {ECi1, ECi2, ..., ECim(i), формируется корреляционная матрица «поставщиктаблице производительность», 51, как показано В последующим формированием конструктора PD-системы. В сформированной матрице значения корреляции описываются интервалом: сильная, относительно сильная, средняя, слабая, очень слабо -интервальные значения [8, 10], [6, 8], [4, 6], [2, 4], [0, 2].

Использование аналитического иерархического процесса позволяет получить веса производительности:  $\omega_1=0,2565,\ \omega_2=0,1471,\ \omega_3=0,2552,\ \omega_4=0,1463,\ \omega_5=0,0759,\ \omega_6=0,1213.$ 

Таблица 52 — Пример матрицы релевантности поставщиков (Sij) и производительности ОЕМ-производителя (Pi)

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
S <sub>111</sub>	[5,9]	[6,9]	[7,8]	[6,8]	[6,7]	[6,8]
S <sub>112</sub>	[5,8]	[7,9]	[8,8]	[7,8]	[8,9]	[4,6]
•••						
S <sub>232</sub>	[6,9]	[5,9]	[7,8]	[8,10]	[8,8]	[8,8]
•••						
S <sub>1111</sub>	[2,4]	[6,8]	[0,2]	[6,8]	[0,2]	[8,10]
S <sub>1112</sub>	[0,2]	[4,6]	[0,2]	[4,6]	[0,2]	[8,10]

Источник: систематизировано автором с использованием данных п/п, матрицы релевантности Т. Гертнера [148]

При невозможности рассчетной сравнительной оценки, выбор элементов системы осуществляется с использованием отношений доминирования Парето. Возможно использование возможностей бенмаркинга.

## 3.3. Система оценки стоимости разработки продукта как ведущего параметра

Условием реализации подхода к моделированию системы создания продукта выступает необходимость включения стоимости как активного параметра проекта, а не фактора, возникающего в результате этого процесса. Согласно Х.Хиз, Дж.Сваминатан, [172], поисковый расчет требует набора репрезентативных объектов с описательными характеристиками и соответствующими производственными затратами.

На этапах PD-процесса, когда отсутствуют необходимые данные для расчета, определение стоимости затруднено, а на протяжении всего процесса проектирования и разработки продукта величина отклонений от предварительных расчетов варьируется и уменьшается по мере завершения проекта (таблица 53).

Таблица 53 — Ошибка в процессе оценки стоимости проектирования на этапе разработки продукта

Стадия процесса проектирования		Степень детализации и спецификации	Ошибка (%) по данным Американской ассоциации конструкторов	Ошибка по методам расчета AACE International	Ошибка в соответств ии с PDMA
Планирова	Первоначальн	Соотношение	± 40	± 50	± 50
ние продукта	ые этапы планирования	величин			
	Порядок разработки	Соотношение величин	± 30	± 40	± 20
Разработк	Разъяснение		± 30	± 30	
а продукта	задачи				
	Понимание замысла	Предварительные эскизы узлов, процесса и оборудования	± 20	± 30	± 20
	Предваритель ный проект	Технологический процесс, оборудование, детали	±8-10	± 12-15	± 7-10
	Итоговый проект	Фактические данные	±4-5	± 8-10	± 4-5

Источник: систематизировано автором на основе количественной оценки стоимости разработки продукта М.Боера, Р.Логендрана [91], методики Л.Стирн, П.Грошель [287]

В существующем диапазоне отклонений точность обеспечивается посредством учета данных процессов и систем по реализованным проектам: организация производства, производительность запланированных систем, машин и оборудования.

Традиционно оценка стоимости продукта на этапе концептуализации предполагает этапы:

1 Этап: Выбор системы управления затратами — системы администрирования, учета, контроля и выполнения производственной деятельности компании, систематизация затрат на продукт.

Результат выполненных исследований показывает, что производители, при формировании системы разработки продукта, представленной, например, в виде сетей компетенций в основном используют полную калькуляцию, а затем предельную калькуляцию в качестве информационной основы для расчета и оценки. Существенными стоимостными факторами, которые учитываются при расчете являются, помимо элементов классического расчета цены, производственных затрат, очередность, объем, частота деловых отношений и их продолжительность, риск и транзакционные издержки. В отдельных исследованиях, представленных Дж. Вебером [313, 314] эмпирических указывается, что большинство компаний машиностроения используют учет затрат для поддержки ценообразования, соответственно меньшая часть компаний использует учет затрат для принятия решений по заказу [313, С. 64]; что традиционная полная калькуляция служит информационной базой для большинства компаний, в то время как современные методы управления затратами, такие как калькуляция по видам деятельности, используются не более чем 2/3 компаний отрасли [313, С. 64]. Другое исследование, проведенное Институтом системных технологий И инновационных исследований Фраунгофера (Германия), доказывает, что современные системы управления затратами и контроля, такие как калькуляция по функциям продукта, оценка межфирменных процессов, протекающих в кооперации «производительпоставщики», обеспечивающие экономическую «навигацию», адаптированные к новым производственным концепциям, не получили широкого распространения из-за турбулентной среды производства. При том, что расчет затрат на основе деятельности, расчет целевых затрат по функциям, расчет затрат в сетях компаний, ориентированных на компетенции относятся к общераспространенным подходам к управлению затратами и их контроля [192].

Таким образом, можно вывести следующие основные требования к методологии: а) управление затратами в сетях компаний, ориентированных на компетенции, должно учитывать растущую динамику среды [38]; б) управление затратами должно применяться в масштабах всей сети, ориентированной на компетентность; в) управление затратами должно быть интегрировано в процедуру разработки продукта и оценки процессов создания добавленной стоимости при разработке продукта [24]; г) управление затратами должно контролировать добавленную стоимость всей компании.

На основе этих требований следующим этапом выполняется оценка исследований по затронутой теме, разделенных на четыре области наблюдения [15]: 1. Подходы к управлению затратами; 2. Подходы к проектированию и оценке добавленной стоимости в компаниях; 3. Подходы к оценке создания ценности внутри компании; 4. Подходы к контроллингу в сетях компании.

Подходы к управлению затратами. В настоящее время можно отметить относительную переориентацию внутреннего учета затрат сторону межкорпоративного управления затратами, которую некоторые авторы уже охарактеризовали как смену парадигмы [214], [281]. Причиной этих изменений было внедрение новых производственных концепций, делающих операционные более ориентированными на потребителя, более дешевыми, быстрыми и эффективными. Чаще всего, в литературе «целью управления затратами заявляется упавление стоимостью продуктов, процессов и ресурсов с конкретных образом, чтобы помошью мер таким повысилась конкурентоспособность компании» [144, С.8]. Для этого необходима оценка факторов (драйверов) затрат: процессов, ресурсов, структур компании [214, С. 166]. К.Деллманн, К.Франц [124] подразделяют задачи управления затратами в зависимости от направлений деятельности. В настоящее время разработано большое количество инструментов и методов по соответствующим направлениям целевого планирования затрат объектов проектирования, однако, для использования систем «вендор-стейкхолдеры» при разработке продукта и соответствующей оценке процессов создания добавленной стоимости между компаниями, количество инструментов и методов ограничено.

Подходы к разработке и оценке создания стоимости в компаниях. Исходя из заложенной идеи, в дополнение к калькуляции целевых затрат в исследовании, рассматриваются такие подходы как калькуляция затрат по видам деятельности и функциям, с позиции их пригодности для управления затратами в сетях компетенций, в системе разработки продукта. Так, система полного учета затрат распределяют все затраты периода на соответствующие объекты затрат этого периода, без дальнейшей дифференциации видов затрат компании. Недостатки полного учета затрат для использования в сетях компетенций ведут к необходимости анализа систем частичного учета затрат как предпочтительных при управлении затратами в системе разработки продукта. Часто используемой системой учета затрат, основанной на частичных затратах, является простой учет маржинальной прибыли или простая прямая калькуляция [263]. Цель этой формы частичного учета затрат состоит в том, чтобы показать взаимосвязь между продажами, затратами и прибылью. Это выводы о ценовой политике. Недостаток расчета позволяет сделать маржинальной прибыли заключается в отсутствии информации о связи между отдельными составляющими постоянных затрат. Например, невозможно определить, какие фиксированные затраты на оборудование обусловлены тем или иным продуктом или группой продуктов. Если доля постоянных затрат в компании увеличивается, применение простого расчета маржинальной прибыли исключает растущую долю затрат на управление и контроль.

Недостаток недифференцированного учета постоянных затрат устраняется в рамках многоуровневого расчета маржинальной прибыли (также называют многоуровневым учетом покрытия фиксированных затрат), где

постоянные затраты разбиваются в соответствии с их возможностью быть отнесенными к определенным эталонным значениям [282]. Однако постоянные затраты в расчете постепенного возмещения постоянных затрат не показаны в их зависимости от времени, поэтому информация требует детального рассмотрения.

Учет относительных удельных затрат и маржинальной прибыли П.Рибеля [263, С.376] позволяет определить соответствующие затраты и доходы для бизнес-решений всех видов в соответствии с так называемым принципом тождества. Здесь затраты назначаются ранее определенным эталонным значениям, а различие между прямыми и накладными затратами не является абсолютным, а лишь относительным, в зависимости от рассматриваемого эталонного объекта. Эталонные объекты могут проектироваться индивидуально и отображать все области бизнес-решений, а также дифференциацию во времени. Если затраты могут быть отнесены непосредственно к элементу ссылочной иерархии, это называется относительными прямыми затратами объекта. Попытка П. Рибель [263] распределить затраты по эталонным значениям в соответствии с принципом тождества является переходом к учету на основе причинно-следственной связи. Подход П. Рибеля соответствует требованиям концепции, но из-за усилий, затраченных на определение иерархии эталонных значений его трудно использовать на практике для управления затратами в системе разработки продукта.

Учет предельных затрат основан на последовательном разделении на постоянные и переменные затраты, «которое начинается в учете по местам возникновения затрат и ведется путем формирования тарифных ставок на внутренние услуги и расчетных ставок по основным центрам затрат» [191]. В контексте разработки продукта с позиции системы, В.Килгер выдвигает тезис о том, что предельные затраты представляют собой ориентированную на принятие решений форму расчета затрат, которая «предоставляет данные обо всех затратах». Недостаток подхода: постоянные затраты не учитываются при расчете эталонной стоимости и добавляются к предельным издержкам продукта

единовременной суммы. Распределение фиксированных образом, препятствуя методически невозможно, таким применению динамического управления затратами в системе разработки продукта. Доли быть распределены на затрат, которые должны основе тщательного функционального анализа, соотносятся с соответствующими справочными значениями. Автором отмечается невозможность распределения затрат на основе причинно-следственной связи, также автором отмечается крайне произвольное и искусственное пропорциональное распределение вторичных накладных расходов в соответствии с эталонной величиной основного центра затрат.

Что касается разработки и оценки создания рыночной стоимости, то в центре внимания находятся методы учета единицы затрат. Учет единиц затрат предназначен для предоставления информации о том, какие затраты понесены и куда они должны быть отнесены. В контексте системы разработки продукта эти методы расчета и оценки создания стоимости имеют значение, поэтому необходимо их рассмотреть с точки зрения их применимости: услуги материального и нематериального характера производителя при разработке продукта могут рассматриваться как носители затрат исходя из особенностей производственной программы и технологии производства [284]. Формулы для методов расчета можно найти в свободном дуступе.

Методы совместного расчета В контексте взаимодополняющего производства частично отвечают требованиям производства в системе расчет надбавки используется, разработки продукта: когда компания производит разнородные продукты в единичном или серийном производстве. Однако, здесь необходима дифференциация затрат на накладные и прямые затраты на единицу, при TOM, ЧТО отдельные затраты относятся непосредственно к единицам затрат, в то время как накладные расходы распределяются по единицам затрат с использованием ставок. Эти ставки накладных расходов обычно представляют собой ставки распределения затрат на единицу услуг соответствующего центра затрат.

В зависимости от количества эталонных величин или надбавок различают дифференцированный расчет надбавок при распределении сводный и общепроизводственных затрат. Заработная плата, ресурсы или их сумма обычно используются в качестве справочных величин. Дифференцированный расчет накладных расходов делит накладные расходы на несколько видов в соответствии с ведущим фактором. Справочными значениями могут быть, например, отдельные виды затрат, набор или все затраты. Количественные справочные значения требуются в случае, когда накладные расходы связаны со временем производства, количеством материалов, движением материалов и т. д. Расчет накладных расходов можно рассматривать как наиболее универсальный метод расчета, который можно дифференцировать по желанию в зависимости от уровня детализации видов затрат и центров затрат. В деловой практике может иметь место незначительная ошибка учета при увеличении объема общепроизводственных расходов, например, распределении при общепроизводственных расходов на основе отдельных расходов сверх высоких ставок надбавок. В рамках расчета почасовой ставки машины для каждого станка, используемого в центре затрат, рассчитываются ставки затрат, отражающие условия процесса. Подход предполагает дальнейшую разбивку центров затрат на отдельные группы машин, машины или рабочие центры. накладные расходы Здесь производственные связаны прямой не производственной заработной платой, а с машино-часами. Все затраты, связанные с машиной, включены в почасовую ставку машины. Затраты на инструмент могут быть добавлены к стоимости станка по расширенной почасовой ставке. Время работы машины для отдельных производственных единиц определяется при расчете. Бремя общепроизводственных накладных расходов рассчитывается путем умножения количества часов на норму затрат на размещение за машино-час или с помощью ставок надбавок в соответствии с пояснениями к расчету надбавок. Таким образом, расчет почасовой ставки в соответствии с М.Швейцером и Х.Кюппером [282, С.181] можно рассматривать как усовершенствованную форму расчета надбавки. Ставка стоимости помещения включает производственные затраты, относящиеся к рабочему часу или продолжительности использования машины на соответствующем рабочем месте. В отличие от почасовой ставки, сюда включаются другие расходы, такие как заработная плата и вспомогательные расходы на заработную плату, а также остаточные производственные накладные расходы, например, на производственный контроль, контроль качества. Преимущество расчета стоимости заключается в детальном рассмотрении причинно-следственной связи вплоть до уровня машины или группы машин.

На практике часто бывает, что используются разные формы расчета, так как способ производства неоднороден [43]. Может случиться так, что продукт проходит через центр затрат, затраты которого могут быть отнесены на отдельные единицы продукта с использованием расчетов по подразделениям, в то время как в других частях производства применимы только расчеты числа эквивалентности или накладных расходов. Представленные методы расчета, особенно методы расчета надбавки, могут частично служить основой для метода расчета производительности в сетях компетенций благодаря их подотчетности и прозрачности.

Метод расчета затрат на разработку продукта. Согласно авторской идеи, существенным элементом в процессе разработки является сопутствующий, «параллельный» расчет затрат на разработку продукта, включая:

- 1. Оценку стоимости производственных затрат. Основой оценки стоимости является имеющийся опыт работы с аналогичными проектами, а точность оценки повышается посредством [131, C.409]: оценки отдельных элементов затрат, экспертной оценки, сочетания экспертной оценки и точной калькуляции, сравнительной оценки.
- 2. Поиск и вычисление подобия на основе сравнения со стоимостью существующих продуктов. При наличии нескольких одинаковых элементов стоимость нового компонента может быть точно определена путем интерполяции с использованием функции стоимости [131, C. 411].

- 3. Определение затрат с помощью влияющей переменной. Обязательным условием использования этого метода является сходство нового продукта с сопоставимыми продуктами с точки зрения конструкции и технологии производства. Для определения затрат используются три различных метода [131, C. 412]: расчет веса; метод стоимости материалов в соответствии с международными стандартами; экспрес-расчет переменных, определяющих производительность.
- 4. Расчет с несколькими влияющими факторами. При наличии компонентов продукта, стоимость которых может быть рассчитана только частично с помощью физически выводимых соотношений и, следовательно, зависит от нескольких переменных, предпринимаются попытки установить статистическую связь между влияющими переменными, такими как геометрия, допуски или типы материалов, а также времени производства. Используются три метода: создание кратких расчетных формул с регрессионным анализом; создание кратких расчетных формул с помощью математической оптимизации; создание коротких расчетных формул с помощью нейронных сетей.
- 5. Определение затрат использованием расчетных уравнений. Уравнения предназначены для математической записи взаимосвязей между затратами на продукт и основными техническими влияющими переменными. Недостаток заключается в ограниченной области применения, так как трудно составить пригодные для использования уравнения размерностей для сложных продуктов и сложных отношений. 6. Расчет по закону роста затрат (закону подобия) – изображает соотношение между затратами на аналогичные продукты [131, С. 423]. Предпосылкой для этого является геометрическое, конструктивное производственное материальное, И сходство между продуктами, что обычно имеет место в случае серий. В этом случае производственные затраты пропорциональны времени производства. Для продуктов, которые геометрически не похожи, но имеют сходство производстве, действует роста стоимости. Используется закон дифференцированного роста затрат. Преимущество этого подхода в том, что

уже во время разработки продуктовой серии становится видно, как структуры затрат меняются в зависимости от их долей затрат. Недостаток заключается в том, что сначала необходимо вывести законы роста затрат, а затем в рассчитать базовый значительной степени построить И проект. Bce представленные методы расчета могут быть использованы для оценки в рамках управления затратами в системе разработки продукта благодаря их простоте применения и систематическим процедурам. С помощью этих методов комплексный анализ процессов и ресурсов для создания стоимости продукта может быть сведен к минимуму. Подходы к оценке создания ценности внутри компании и Подходы к контроллингу в сетях компании в исследовании не рассматриваются.

В качестве еще одного инструмента управления затратами выступает целевой расчет затрат, оцениваемый с точки зрения его применимости в системе разработки продукта. Подход предполагает, что при принятии решения конструктора ориентируется не на собственные затраты, а на цену, которая может быть достигнута на рынке. Что определяет необходимость как можно более раннего получения информации о затратах для целей планирования, управления и контроля в отношении жизненного цикла продукта [145, С. 224]. В соответствии с П.Хорватом [176] целевые затраты подразделяются на четыре области применения: разработка продукта, планирование производственного процесса, снижение затрат на существующие продукты и повышение эффективности в косвенных областях. В.Зайденшварц [276] отмечает, что: 1. Отправной точкой при расчете целевых затрат является цена продажи с учетом функции цена-отклик, объема продаж и прямых конкурентов на рынке. 2. На основе этой цены, вычитая валовую норму прибыли (целевую прибыль), получают так называемые «допустимые затраты», т. е. затраты, разрешенные рынком. 3. «Допустимые затраты» сравниваются со стандартными затратами на продукцию, так называемыми «дрейфующими затратами». Эти затраты описывают затраты, связанные с жизненным циклом продукта с постоянным качеством. Разница между двумя переменными определяет необходимость снижения издержек при условии неэластичности продажных стратегически необходимой чистой прибыли. 4. Для достижения целевых затрат систематически определяются необходимые меры для продукта с помощью распределения целевых затрат. Общие целевые затраты разбиваются на функции, которые должны выполняться продуктом и его компонентами, вплоть до уровня компонентов, чтобы использоваться для всех уровней компании с целью планирования, контроля и контроля. для создания спецификаций эксплуатационных расходов. 5. Для целенаправленного управления затратами, ориентированного на рынок, можно использовать диаграмму контроля целевых затрат, так называемую «диаграмму контроля стоимости», для определения отдельных компонентов/деталей продукта, которые клиент считает «слишком дорогими», и принятия соответствующих мер для снижения затрат. Преимущество подхода к калькуляции целевых затрат состоит в возможности использования подхода разработчиками на этапе разработки продукта [132, С. 46].

Таким образом, недостатки перечисленных выше подходов, систем управления затратами, соотнесенные с идеей формирования сетей компаний, ориентированных компетенции, разной направленности. на В ИХ Соответственно, существующие методы и подходы необходимо адаптировать, комбинировать дополнять В контексте оценки межфирменного И В этой области возникает необходимость разработки сотрудничества. методологии управления затратами для предлагаемых бизнес-сетей.

2 Этап: Структурная разбивка затрат — согласно Д.Стюарту [294], структурная разбивка затрат предполагает разложение общей стоимости на простые затраты, которые можно определить и оценить с последующим их включением в общую стоимость продукта; Другие авторы предлагают структурную разбивку затрат на: 1) затраты, определяемые процессами разработки продукта; 2) физические характеристики или элементы продукта; 3) функциональные характеристики, выполняемыми продуктом, и 4) затраты, определяемых организационной структурой производителя. Структура затрат

С.Ансари и соавт. [78], предполагает разбивку стоимости на: 1) стоимость приобретения продукта, включая цену покупки, налоги и сборы, стоимость транспортировки, установку и гарантию на продукт; 2) эксплуатационные расходы, выраженные стоимостью потребления энергии и затрат на рабочую силу и производственные затраты; 3) стоимость обслуживания и ремонта продукта и 4) стоимость утилизации, которая включает в себя затраты на прекращение использования продукта.

Д. Уллман представляет структуру, разработанную на основе производственных процессов компании, с позиции затрат, составляющих продажную цену продукта (рисунок 23).

Скидки	Косвенные				
Маржа	затраты				Цена
Расходы по				Общая	продажи
реализации				стоимость	
товаров					
Накладные		Фиксированные	Затраты на		ļ
расходы		расходы	производство		
Стоимость	Прямые				
производства	затраты				
Стоимость		Переменные			
рабочей силы		затраты			
Стоимость					
готовой					
продукции					
Стоимость					
материала					

Рисунок 23 — Расщепленная структура затрат на продукт, предложенная Д.Уллманом [301]

Интерес представляет структурная разбивка затрат исходя из позиции, что техническая реализация систем создания продукта предполагает выбор между компонентно-ориентированной и функционально-ориентированной разработкой продукта. Методология реализации экономической концепции в компонентно-ориентированной разработке традиционно предполагает этапы:

1) определение элементов систем, идентификация показателей эффективности, основываясь на матричном подходе с соизмерением полученного с допустимыми значениями по направлениям: технические

показатели; производственные (технологические) показатели, показатели эффективности.

- 2) определение стоимостного вклада элементов в характеристики, функции.
  - 3) контроль целевых затрат для каждой комбинации элемент-функция.

Методология реализации экономической концепции в функциональноориентированной разработке предполагает:

- 1. Расчет затрат на технологическую (функциональную) единицу.
- 2. Конфигурацию системы (модульной, платформенной, в виде конструктора) с позиции оптимального экономического выборапутем расчета NPV, внутренней нормы доходности, прибыли, рентабельности,
- 3. Итоговую оценку бизнес-решений через методы оценки стоимости, методы сопоставимости, процедуры контрольного списка, попарного сравнения, технико-экономическую оценку согласно VDI 2225, анализ выгод (NWA)

К первой группе относят:

– Модель В.Хубка, В.Эдер [178], предлагающих классификацию затрат на разработку продукта в соответствии с его внутренней сложностью (таблица 54), где более сложные компоненты дороже, тогда как стандартные и базовые элементы продукта имеют меньшую стоимость.

Таблица 54 – Характеристики сложности в модели В.Хубка, В.Эдер

Уровень	Техническая система	Характеристики				
сложности						
1	Деталь, компонент	Изготовление элементарных систем без сборочных				
(простой)		операций				
2	Группа, сборка	Простые системы, выполняющие основные				
		функции				
3	Машины и механизмы	Системы, состоящие из элементов, которые				
		выполняют более сложные функции				
4	Установки,	Сложные системы и машины, которые выполняют				
	оборудование Сложные	несколько функций и образуют функциональную				
	машины	единицу				

Источник: модель В.Хубка, В.Эдер [178]

Модель Международной группы I.C.F.G., предлагающая классифицировать иерархическим 1. продукт ПО уровням: Основные компоненты(базовые) с низкими затратами, используемые в различных типах оборудования и подсистем; 2. Компоненты конфигурации (настраиваемые), используемые для придания формы и характеристик продукта (относительно Компоненты, низкие затраты); 3. относящиеся определенному К оборудованию, механизмам (высокие затраты). Стоимость компонентов системы представлена исходя из стоимости приобретения у поставщиков. Классификация подразумевает, что: 1) оценить стоимость компонентов на более низких иерархических уровнях проще, поскольку компоненты проще; 2) потенциал снижения стоимости продукта на более низких уровнях меньше, чем на высоких уровнях, поскольку компоненты практически определены, а возможности для изменения конструкции невелики.

Ко второй группе относят модель, где общие функции системы разбиты на частичные, элементарные функции и базовые операции, с последующей привязкой к затратам. Представляя продукт через характеристики, при проектировании оцениваются аспекты и факторы, связанные с производством, сборкой и стоимостью продукта, среди прочего.

Методы структурирования в контексте функционального насыщения оценивают стоимость материала, производства, приобретения и использования продукта на основе функций и подфункций PD-процесса. Стоимость функции часто оценивается путем разработки параметрического уравнения, которое описывает взаимосвязь между желаемым эффектом от принципа решения, и стоимостью, которую необходимо оценить:  $C_f = a \cdot A^{\alpha} \cdot B^{\beta} \cdot D^{\gamma}$  где:  $C_f$  стоимость функции, составляющей функциональную структуру; A, B, D переменные принципа анализируемого решения;а, b, d — константы параметрического уравнения сметы затрат и $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  показатели уравнения параметрической оценки стоимости. Константы и показатели получаются методами регрессионного анализа, посредством экспериментов.

Ориентировочная стоимость приобретения функции = цене приобретения компонента + цене принципа решения. При собственной разработке стоимость функции может быть получена путем анализа и моделирования поведения принципов решения через определение переменных и технических параметров, характеризующих принципы, выполняющих отдельную функцию.

Методы, основанные на характеристиках компонентов продукта стремятся представить принципы решения с позиции определения стоимости продукта и производства, то есть стоимости ресурсов. Г.Пал, В.Бейтц, и др. [239, 240] производственную стоимость ( $C_{PROD}$ ) предлагают определять как сумму затрат на материалы ( $C_{MAT}$ ) и изготовление изделия ( $C_{FABR}$ ):

$$C_{PROD} = C_{MAT} + C_{FABR} \tag{7}$$

разделяя на прямые и косвенные затраты:

$$C_{PROD} = CD_{MAT} + CI_{MAT} + CD_{FABR} + CI_{FABR}$$
 (8)

где:  $C_{PROD}$  — ориентировочная стоимость производства продукта;  $CD_{FABR}$  — предполагаемые косвенные затраты на изготовление изделия;  $CI_{FABR}$  — предполагаемые косвенные затраты на изготовление продукта;  $CD_{MAT}$  — ориентировочная прямая стоимость материала изделия и  $CI_{MAT}$  - оценочная косвенная стоимость материала изделия.

Косвенные затраты, согласно Г.Пал, В.Бейтц [239, 240], оцениваются через комбинацию с прямыми затратами посредством мультипликатора в диапазоне от 1,5 до 10 в зависимости от типа оборудования, используемого в процессе производства конкретного компонента, с учетом мультипликативных факторов. Прямые затраты, согласно Г.Пал, В.Бейтц включают затраты на подготовку, эксплуатацию оборудования, стоимость смены инструментов, стоимость материалов. Альтернативный способ оценки СD<sub>FABR</sub> – умножение расчетного времени изготовления компонента  $t_{\rm i}$  на прямые затраты на единицу времени  $M_i$ эксплуатацию машины В соответствующего производственного процесса F<sub>i</sub>:

$$CD_{FABR} = \sum M_i \cdot t_i. \tag{9}$$

где:  $CD_{FABR}$  -ориентировочная стоимость изготовления изделия; п — количество процессов, необходимых для производства продукта; суммирование расчетной стоимости каждого вида производства, процессов его компонентов.

Таблица 55 – Расчет себестоимости продукции (пример)

	Производственный процесс (F <sub>i</sub> )			Стоимость	
	$F_1$	$F_2$	F <sub>3</sub>	$F_4$	кин-толки
Прямые производственные затраты	10	2	4	5	компонентов
за единицу времени (UM / s)					тыс.руб.
Срок изготовления компонента 1 -	3	3	-	-	36
$(t_1)$					
Срок изготовления компонента 2 -	2	4	1	-	32
$(t_2)$					
Срок изготовления компонента 3 -	1	-	2	1	23
$(t_3)$					
Общая стоимость изготовления проду	91				

Источник: составлено на основе [239, 240]

Согласно Г.Пал, В.Бейтц [239, 240], определение стоимости продукта с помощью законов подобия используется для оценки стоимости геометрически подобных компонентов и вариантов известного компонента. Метод предполагает, что необходимо определить линейные, пространственные и объемные соотношения между размерами известного продукта, задаваемые соответственно как  $\phi_I = I_2 / I_1, \phi_I^2, \phi_I^3$ , затем установить взаимосвязь между стоимостью продукта и ранее установленными факторами и зависимостями:  $C_2/C_1 = \phi_{c}$ , где:  $C_1$  – стоимость известного продукта;  $C_2$  – стоимость продукта, подлежащая расчету, $\phi_c$  — соотношение между стоимостью известного товара и рассчитываемым. Параметры могут быть рассчитаны помощью регрессионного анализа. Метод предполагает, что известна стоимость оригинального продукта.

Оценка затрат на продукт с помощью метода Delphi разбивает техническую систему на подсистемы уменьшающейся сложности, где компоненты уровня 3 проще, чем уровни 1 и 2. Стоимость подсистем оценивается исходя иззнания всей технической системы и стоимости элементарной единицы.

Сравнение структурной разбивки затрат на продукцию показывает отсутствие однозначного подхода к вопросу. Авторское решение учитывает, что при формировании системы разработки продукта предполагается параллельная разработка продукта с привлечением стейкхолдеров вендора, а продукт разрабатывается исходя из компонентно-ориентированной разработки:

1) PD-система разбивается на отдельные элементы стоимости в привязке в продукту, производственной системе, др. (таблица 56).

Таблица 56 – Предлагаемые элементы стоимости системы, процесса создания продукта

Элементы стоимости	Значение должно учитывать	Этапы PD-процесса
	Традиционные	
Процесс	Процесс, а не продукт	Архитектура
Декомпозиция	Индивидуальный уровень задачи	процесса
	архитектуры процесса	
Непрерывный поток	Непрерывный поток информации для	Совместная среда
	производства продукта	
Перспектива	Перспективы всех заинтересованных	
жизненного цикла	сторон и этапов жизненного цикла	
Связь	Роль коммуникаций в разработке продукта	
График	Продолжительность задачи как мера	Подход к
	стоимости	управлению
Технический риск	Снижение неопределенности как мера	
	стоимости	
Управление	Возможность инструментов управления	
	для количественной оценки стоимости	
	Авторские	
Элементы стоимости	Значение должно учитывать	ЭлементыPD-
Концепция продукта	Преобразование новых идей в технико-	продукт (система
	экономическое обоснование по продукту	продукта)
Концепция	Разработкаструктуры, архитектуры	
PD-системы	системы с градацией цепочек стоимости	
Декомпозиция	Уточнение элементов: функций,	
продукта, системы	компонентов, процессов, целевых затрат,	
	показателей качества.	
Производственная	Уточнение элементов: функций,	процессы
система	компонентов, процессов, целевых затрат,	
	показателей качества.	
Непрерывность	Ценностное приращение процессов и	
создания стоимости	систем в PD-деятельности на	
с позиции	практическом уровне детализации:	

экономического	процедуры, средства (инструменты),
инжиниринга	ресурсы
Постоянные	альтернативные концепции по продукту,
улучшения	процессам, системе, экономическое
	обоснование
Управление	повышение производительности
знаниями	

Источник: разработано автором на основе PDS-концепции (концепция системы разработки продуктов), PDO-концепции (организации разработки продуктов) [99], [233]

Предлагаемая градация позволяет учитывать в общей стоимости продукта проектную стоимость его разработки (с учетом выбранного метода учета затрат) в условиях распределенного производства, т.е. «перекрытия» цепочек создания стоимости. На этапе PD, по замыслу исследования, предполагается деление стоимости на: 1) целевые затраты по проекту, связанные с определениемхарактеристик (функций) продукта и 2) затраты, связанные непосредственно с PD, в т.ч.: 2.1. затраты на PD-проект и 2.2. затраты на создание продукта в системе «продукт-производство».

- 2) Систематизация источников стоимостей системы «продуктпроизводство» (рисунок 24). Подход, представленный в данной работе, учитывает, что не все затраты на продукт можно связать с характеристиками. Утверждение также применимо к части процессов, косвенно связанным с производством.
- 3) Идентификация показателей стоимости. В контексте предлагаемых решений оценку предлагается реализовывать по направлениям:
- а) Управление по целевой стоимости, в т.ч.: определение унитарной целевой стоимости разработки продукта (UDP); определение целевой стоимости продукта (TC); развертывание целевой стоимости внедрения продукта в структуру (IPE).



Источник: систематизировано автором на основе СЕ-концепции (концепция совместного проектирования элементов систем «продукт-производство») [138],[173], труда К.Шетца [270]

Рисунок 24 — Подход к систематизации источников стоимостей при СЕразработке продукта<sup>10</sup>

- б) Расчет стоимости, связанной с PD, в т.ч.:
- определение стоимости PD-проекта с позиции системы: формирования организационной совместных компетенций, кроссархитектуры, функциональных взаимосвязей, управления сложной системой. Для конструкторского внедрение отдела расчетов, сопровождающих проектирование системы, означает дополнительные усилия в дополнение к чисто проектной деятельности;
- определение стоимости создания продукта в системе, включая калькуляцию стоимости общих характеристик, функций и элементов<sup>11</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup> В цепочке добавленной стоимости можно выделить два типа шагов: а) действия с добавленной стоимостью и б) действия, сопровождающие создание стоимости

4) Формируется цепь создания стоимости продукта. Учитывается, что типичным является «перекрытие» цепочек создания стоимости, поскольку: а) каждый участник системы формирует свой профиль стоимости исходя из выработанной взаимосвязи между внутренней структурой продукта и процессом; б) каждый элемент системы имеет собственные этапы возникновения затрат в цепочке создания стоимости продукта (таблица 57).

Таблица 57 — Моменты возникновения затрат в цепочке создания стоимости продукта

Разработка продукта	Планирование	Снабжение		
<b>—</b>	-	<b></b>		
<ul><li>– модели/макеты/чертежи</li></ul>	– технического	– рост цен на покупку		
систем;	обслуживания систем;	материалов;		
<ul><li>вариативность запасов;</li></ul>	<ul><li>процент выполнения</li></ul>	– необходимость		
<ul><li>прототипирование</li></ul>	плановыхрасчетов, заданий;	формирования относительно		
продукта/тестирование систем;	– увеличение стоимости	бо́льших запасов;		
<ul><li>спецификации продукта;</li></ul>	образцов	<ul> <li>повышение расходов на доп.</li> </ul>		
– спецификации систем,		обработку поставок, допуск их		
инструментов;		в проиводство;		
<ul><li>первичная оценка</li></ul>		– упаковка		
коммерциализации продукта				
Производство	Складирование и	Маркетинг и продажи		
	распределение			
<b>——</b>		<b></b>		
<ul><li>бо́льшее число простоев;</li></ul>	– увеличение складского	– затраты на дополнительное		
<ul><li>увеличение процессов</li></ul>	пространства;	обучение персонала;		
(производств-х,	– повышенные усилия на	– формирование доп.		
технологических, др.);	обработку потоков запасов;	материалов по продажам;		
– рост отходов производства;	<ul><li>– относительный рост</li></ul>	<ul> <li>– рост затрат по продвижению</li> </ul>		
– увеличение доли	транспортных расходов;	товаров;		
незавершенного производства;	<ul><li>увеличение запасов;</li></ul>	-рост ошибок в обработке		
– привлечение доп. средств	<ul><li>увеличениестоимости</li></ul>	заказа/ увеличение рекламаций		
производства;	транспортировки и др.	потребителей;		
– формирование		– усиление документационного		
дополнительных рабочих		сопровождения процессов		
графиков и др.				

Источник: систематизировано автором на основе модели для оценки производственных затрат и производительности систем Т.Лин [208], подходу к разработке эффективных продуктов М.Мартина [215], методов управления затратами, используемых при разработке новых продуктов С.Моралес [226]

<sup>&</sup>lt;sup>11</sup>В литературе есть несколько позиций по используемым дефинициям: двигатель в автомобиле это функция, тогда как альтернативная позиция, двигатель - это не функция продукта, а функция передачи мощности двигателя автомобилю. Третья точка зрения - двигатель у него является характеристикой.

Выбор наилучшего конструктивного варианта осуществляется на основе технико-экономического обоснования созданных альтернатив. Оценка второстепенных элементов выполняется эмпирически. Пример в таблице 58.

Таблица 58 – Распределение коэффициентов надбавки по отдельным статьям

Основной	малокомпонент	мало и	Сложные	комментарий
процесс завода:	ные системы с	среднекомпонент	высокотехноло	
	классическими	ные системы, вкл.	гичные	
	процессами	новые процессы	системы	
Стоимость	100%	100%	100%	
оборудования				
Монтаж	43%	43%	43%	затраты на
				оборудование
Установлено	153%	168%	203%	установленного
оборудование				оборудования
Формирование	157%	179%	229%	сеть
системы				
Всего на	236%	268%	343%	Оборудование +
производствен				сборка+ 50%
ную систему				
Общие	31%	35%	38%	от общего
накладные				объема стоим-ти
расходы				проекта
Общая	309%	362%	474%	Общая
стоимость				стоимость
проекта				

Источник: систематизировано автором (на основе [226], [267], [299] [329], [330])

5) формируется инструментальное обеспечение (механизмы, методы, модели, технологии) создания и оценки стоимости в PD-процессе из альтернативного подмножества. Помимо инструментов, перечисленных выше, ими могут быть показатели эффективности (таблица 59).

Таблица 59 — Инструменты количественной оценки стоимости при разработке продукта в соответсвии с TPM-методом

Инструмент	Стоимость	Метрика
Диаграмма Ганта	График действий, задач	Время интервала (часы, дни)
Управление критическими	Последовательность действий,	Продолжительность
путями (СРМ)	обеспечивающих мин. время	критического пути (время)
	выполнения проекта	
Система управления	Стоимость и график выполнения	Индекс эффективности
прибавочной стоимостью	плана. Контроль потерь.	затрат,
(EVMS)	Увеличение стоимости при	Индекс выполнения
	реализации PD-проекта.	графика,плана

Калькуляция на основе	Снижение затрат, связанных с	Стоимость действий
операций (АВС-метод)	каждым видом деятельности	(ден.ед.)
Матрица структуры дизайна	Структурирование отношений.	Количество и схема
(DSM)	Идентификация продуктивной и	взаимодействия
	непродуктивной связи между	
	элементами системы	
Сбалансированная система	Система показателей	Корпоративные показатели
показателей(BalancedScorecard)	инвестиционной деятельности	деятельности (1-5 или 1-10)
Анализ и картографирование	Прямая добавленная стоимость для	Задачи: с добавленной
потока создания ценности	потребителя	стоимостью (VA),
(VSA/M)		требуемые, но без
		добавленной стоимости
		(RNVA), без добавленной
		стоимости (NVA)
Метод оценки риска	Измерение стоимости, полученной	Отношение
(технических показателей	за счет снижения неопределенности	неопределенности и ТРМ-
эффективности)	в технических показателях	показателей
	эффективности (ТРМ) плановым и	производительности
	систематическим образом	

Источник: систематизировано автором (на основе [327, 328])

Исходя из позиции, что стоимость продукта рассматривается в контексте дефиниций «неопределенность» ('квивалентом стоимости учеными предлагается считать относительное снижение неопределенности), методом управления затратами, применяемые в PD-деятельности, может быть ТРМ-метод (метод оценки эффективности через расчет техническиех показателей), в соответствии с которым неопределенность минимизируеося через достижение нормативных ТРМ-значений, без увеличения затрат и PLM-периода [99]. Перечисленные инструменты обеспечивают основу для количественной оценки стоимости процесса разработки продукта с позиции развертывание целевой стоимости внедрения продукта в структуру системы, но немногиевыражают ценность явно.

- 6) стоимость разработки продукта оценивается в реальных значениях:
- а) в качестве показателей стоимости, может быть использован ряд классических показателей экономического инжиниринга [317]: чистая приведенная стоимость (NPV), внутренняя норма прибыли (IRR), точка безубыточности (B/E), индекс создания стоимости (VCI) измеряет влияние ключевых нематериальных активов на рыночную стоимость компании,

характеризуя итоговую стоимость создаваемых продуктов, но не отражая добавленную стоимость PD-процесса и др.

б) системный инжиниринг предлагает использовать альтернативные группы метрик, такие как: производительность, себестоимость жизненного цикла системы, график работ и риск [140], соотношения между реальным и прогнозируемым временем завершения PD-процесса, временем выхода на рынок и количеством испытаний прототипов «до производства»; качества продукта, его новизны [117], [122], [137].

Таблица 60– Примеры значений атрибутов и индикаторов для разных типов носителей ценностей

Тип	Атрибуты	Показатели атрибута (напр.)
носителей	носителей	
Процесс	Эффективнос	Производительность = стоимость продукции / стоимость процеса
	ТЬ	Выгода от реализации/ стоимость задания
		Соответствие спецификации требованиям = общее
		количествонесоответствия х 100%/ общее количество требований
	Затраты	перечень затрат на производство
	Производите	Сметная стоимость выполненных работ / фактическая стоимость
	льность	запланированных работ
		Выполненная полезная работа / затраченные усилия
		Количество пройденных ворот для данного типа проекта / ресурсы
		проекта
Продукт,	Удовлетворе	Объем продаж, Доля рынка
система	нность	Потребительская ценность $= \sum [N \times (1-R) \times F(t)] / C$ , где: $R$ – риск, $N$ –
	потребителя	важность потребности, F (t) – доступность даты относительно
		потребности, С – стоимость владения. [Slack, 1999]
	Ценность	Ценность системы (продукта, процесса) = производительность
	системы	системы / стоимость системы (продукта, процесса)Browning [2003]
	(продукта,	
	процесса)	
	Своевременн	Время доставки на рынок относительно потребности
	ость	
	Затраты	перечень затрат на разработку
	Производите	Инновации= 1 / % повторного использования дизайна
	льность/	Общее количество внесенных изменений в дизайн / количество
	результативн	изменений, внесенных после запуска в производство
	ость	1 / Время выполнения этапа деятельности

Источник: систематизировано автором (на основе [117], [122], [137], [140], [317])

в) возможна градация значений атрибутов и индикаторов для разных типов носителей стоимостей (таблица 60).

## 3.4. Система оценки эффективности, результативности, развития процесса разработки продукта

Сложность формирования системы разработки продукта определяет необходимость разработки критериев оценки с позиции количественного описания и измерения, анализа результативности интегрированного процесса разработки продукта. Х.Веуле заявляет, что сравнительный анализ (подход бенчмаркинга) в этом случаеможет выступить решением вопроса [319]. Однако, применительно к PD, R@D, в рассматриваемом подходе пока доступны лишь отдельные теоретические подходы. Научный задел автора выстроен на основе отдельного практического опыта из автомобильной, электротехнической, машиностроительной отраслей, где в качестве ориентира принимают во внимание продукты (концепции продуктов), проекты, процессы, стратегии, области развития или места разработки. В качестве причин, по которым сравнительный анализ не проводится, онжом отметить отсутствие разноплановость систематического подхода, приоритетов, используемых методови инструментов. Таким образом, измерение, а также количественная оценка результатов разработки продукта продолжает быть центральной проблемой, определяя дальнейшее исследование.

Обзор источников по теме исследования: системы оценки эффективности, результативности интегрированного процесса разработки продукта, позволил определить следующие решения: метод сравнительного анализа сотрудничества В области разработки продукта В автомобильной промышленности [208], включающий три модуля оценки: целевую систему, типологию и систему показателей сравнения; подход интегрированного сравнительного анализа продуктов и процессов разработки продуктов, где бенчмаркинг интегрированный реализуется скоординированном c

планировании, исполнении и контроле всех действий по эталонному тестированию в контексте разработки продукта на каждом этапе процесса разработки продукта, например, при оценке концепции продукта и проекта. Денежный баланс эффективности (вход = затраты или усилия, выход = доход или продукт) составляется для каждого подэтапа. В. Шмайссер и соавт. [275] предлагают обзор ключевых показателей для оценки эффективности и контроля областей развития и PD-проектов, выделяя показатели времени, производительности и затрат, ориентированные на продукт, процесс и показатели конкурентоспособности.

Обзор показал, что в представленных подходах по большей части либо отсутствует отраслевая направленность, либо отрасли представлены единично (автомобильная, электротехническая промышленность, др.). Следовательно, потребность в исследовании состоит в первую очередь из систематического изучения, выбора и структурирования показателей; в разработке методики сопоставимости компаний машиностроения в целом, с учетом неоднородности объектов сравнения и, таким образом, в создании основы для сравнительного анализа. Поскольку продукт представляет собой центральный объект системы разработки продукта, сопоставимость областей разработки может быть установлена по продукту, его свойствам, функциям, сложности. Оценка сопоставимости может выполняться путем наложения двух профилей разработка», «разработка «собственная сотрудничестве». процессов В Продолжительность сотрудничествапредлагается оцениватьпо одному из интервалов [<36 месяцев], [36 - 48 месяцев] или [> 48 месяцев]. Возможны и методы кластерного анализа. Однако для этих процедур требуется большая база данных, которая обычно изначально недоступна во время тестирования производительности системы.

В качестве категории, определяющей результат PD, как уже было определено ранее, может быть использована производительность и ее переменные: производительность ресурсов, качество дизайна (внедрение новых функций решения), скорость (время разработки) и качество изготовления

(адаптивный дизайн) используются для определения успеха разработки [171]. Соответственно, карта доходности (график доходности) в этом случае отражает затраты, доходы, время вывода продукта на рынок и другие объемы разработки продукта во временном контексте. Также определение результативности PD возможно через реализацию трех классических целевых параметров: качества, времени, затрат, дополняя их удовлетворенностью сотрудников и положительной динамикой НИОКР. Ряд авторов в качестве единственного параметра, описывающего успех PD выбирает общую окупаемость инвестиций, в конечном итоге связывая успех разработки с финансовым успехом [155] [225] (таблица 61).

Таблица 61 — Финансовые индикаторы эффективности системы разработки продукта

Средняя эффективность проекта (выручка от реализации,	EBIT, EBIT * (1-T)
рентабельность инвестиций, окупаемость проекта,	
маржинальная прибыль)	
% инвестиций в разработку новых продуктов	Эффект от импортозамещения
Инвестиционный OPEX и Start-up costs	FCFF
Стоимость продуктового портфеля (совокупность	Амортизация
агрегированных показателей: прямые затраты,	
производственные накладные расходы, коммерческие,	
административные и прочие)	
ROI (рентабельность инноваций, рассчитанная с	Изменения в оборотном
использованием совокупности методов)	капитале
ЕВІТDА(показатель уровня текущей операционной	FCFF / Терминальный поток,
прибыльности бизнеса), прибыль бизнес-единицы или	CAPEX
компании до вычета любых процентных платежей,	
налогов, амортизации для окончательного учета доходов	
и расходов	

Источник: систематизировано автором (на основе [155], [225])

Существуют также подходы, в которых используются вспомогательные экономические переменные, такие как маржа вклада или период амортизации, а также подходы, ориентированные на стоимость, основанные на свободном денежном потоке (FCF) или чистой приведенной стоимости (NPV). При том, что рядом авторов [44] доказывается, что нет никакой связи между размером

бюджета на PD и оборотом или прибылью компании, получаемых в итоге. Другие авторы [61] идентифицируют разработку продукта как успешную, если разработанные продукты достигают положительного экономического конкурентную В результата улучшают позицию. дополнение количественным параметрам экономического успеха чаще всего, как уже упоминалось ранее, также выделяет качественные критерии успеха, такие как обучение, инновации и синергетический эффект. Р.Купер и соавт. [116] выводят пять основных принципов успеха разработки, где коэффициент успеха можно рассматривать как главный критерий, а технический успех - как условие прибыльности.

В рамках ряда исследований также проводится различие между корпоративным и инновационным успехом [309], [333]. Корпоративный успех основан на изменении конкурентной позиции и рентабельности общего капитала. Успех в инновациях определяется с использованием прямых и косвенных критериев: увеличения продаж, увеличения доли рынка, возраста продукта и доли экономически успешных продуктовых инноваций; эффекты обучения, параметры инновационного успеха.

Для оценки успеха PD также часто предлагается классический метод измерения эффективности с помощью измерений затрат-выпуска (результата). В то время как затраты (усилия) сравнительно легко определить (часы, затраты, внешние услуги, материалы и т.д.), это сложнее сделать в отношении таких показателей как количество патентов, количество чертежей, объем документации, стоимость ошибок или гарантийных расходов. Ряд авторов отмечают, что своевременное завершение проекта также можно считать успехом [243].

Исходя из вышесказанного, эффективность области разработки не является самоцелью, но отражается в выполнении требований, достижении низких затрат на разработку, высокой производительности. Перечисленные подходы ограничены в оценке инноваций в машиностроении, поскольку усовершенствования процессов в первую очередь открывают возможности для

рационализации, но не приводят к увеличению продаж, поскольку здесь инновации преимущественно связаны с постепенным улучшением продукта или отдельными компонентами продукта.

Машиностроение характеризуется высокой долей сложного продукта, соответственно показателями оценки должны должны включать, как группу технологических и технических показателей, так и экономических показателей, в т.ч: а) качества и технологичности процессов, б) времени разработки, в) эксплуатационных характеристик производства, г) показателям производительности и эффективности. Применительно к машиностроению имеет также значение реализация эффекта от повторного использования знаний (стратегия замещения), технологий и обеспечение будущего потенциала. Также для сбалансированной оценки технологических достижений принятие решений должно основываться не только на финансовых показателях, например, на дисконтированном денежном потоке (DCF). Скорее, финансовые показатели должны быть приведены в соответствие с преимущественно немонетарными показателями и использоваться совместно для принятия решений. В конечном итоге необходимо определить цели и продолжительность проекта. Также необходимо установить ресурсы и распределение бюджета для разработки технологий и сделать их доступными для проверки пригодности. Варианты выбора решений на общем уровне и уровне подсистем основаны соизмерении достигнутого с диапазоном допустимых значений.

В машиностроении сложные временные разработки все чаще решаются в форме проектов. Над проектами обычно работают проектные группы, состоящие из менеджера проекта и кросс-функциональной команды. Важной частью завершения проекта является результат разработки. Результативность в исследовании трактуется как способность РD-процессов и систем к достижению определенных целей, нормативов или требований по проекту. Нормативы по проекту могут быть выстроены с использованием [139], [269], [332]:

- 1) сбалансированной оценочной карты (BSC), дополняющей традиционную финансовую перспективу. В BSC традиционные финансовые показатели— результаты прошлых периодов, дополняются движущими факторами будущих результатов.
- 2) оценочной карты управления инновационными продуктами (PIM), использующей шкалу Лайкерта;
- 3) «технической стоимости», оцененной по методике директивы VDI 2225. Оценка производится на основе баллов от нуля (неудовлетворительно) до четырех (идеально). Ориентировочное значение продукт, представляющий идеальное техническое и экономическое решение. Технические недостатки могут быть выявлены на основе оценки (оценка от 0 до 2). Для экономической оценки производственные затраты сравниваются с «идеальными» и «допустимыми» производственными затратами. Соответствующая технико-экономическая ценность это достигнутое сбалансированное значение [VDI2225-3, стр. 6]. Динамика системы не учитывается при оценке.
- 4) (эффективности) KPI, ключевых показателей активности использующихся для мониторинга персонализированных целевыхпоказателей, установленных для отдельных групп сотрудников в рамках «достижения стратегических и оперативных целей компании», количественно измеряют критические факторы успеха. КРІ –отражают: а) результат реализации проекта, например, продажи, прибыль, производительность труда, производительность оборудования, показатель качества продукции, среднее время до отказа (МТВF) и среднее время до ремонта (MTTR); б) степень достижения целей улучшения проекта, как-то: общее количество циклов обучения сотрудников, общее сдающих государственный сертификационный количество сотрудников, экзамен, и общее количество кайдзен и др.

Систематизация вышесказанного позволила предллажить авторскую систему оценки эффективности (результативности) интегрированной системы разработки продукта. Выбор критерия успеха (эффективности, результативности)  $p(x_i=X_i)$  и  $p(x_j=X_j)$  работы интегрированной системы

разработки продукта — центральный момент исследования. Так как связи между размером бюджета на PD и оборотом компании нет, а прямое измерение вклада PD-проектов в прибыль затруднено, показатели эффективности PD разрабатываются как заменяющие стандарты, нормативы, как показатели результативности, как то: выполнении требований, достижении низких затрат на разработку, высокой производительности, реализация стратегии замещения, развитие технологий. Исходя из чего, результативность трактуется как способность PD-процессов и систем к достижению определенных целей, нормативов или требований по проекту.

Определение эффективности (результативности) системы в исследовании предлагается реализовать исходя из сочетания затратного подхода, сравнительного анализа (бенчмаркинга) и концепции бережливого производства, где:

- затратный подход реализуется посредством технологии оценки стоимости разрабатываемого продукта исходя из сформированных рамочных решений конструктора PD-системы;
- метод сравнительного анализа в области разработки продукта предполагает: выбор объектов сравнения, формирование системы показателей сравнения. Неоднородность объектов сравнения учитывается по: его свойствам (габаритный размер, соотношению оригинальных и стандартных компонентов, типу производства, периодичности выпуска, проценту доработок при редизайне), функциям, сложности (продукта, эксплуатации), ассортименту;
- эффективности основе «бережливого» оценка на выполняется в контексте создания пространства для формирования ценности, добавленной стоимости, реализуется через минимизацию потерь: а) ожидание; б) повторное использование конструктивных решений; в) конструктивные изменения на поздних стадиях; г) решения, не добавляющие ценности, но необходимы как: позиционирование (ориентация на ценность), планирование и оптимизация потока создания ценности, позволяя определить потребность в улучшении, целевой поток создания ценности. Комбинация a также

инструментов отражения PD-эффективности (результативности), по замыслу автора, может быть выражена:

1. на ранних этапах, усилиями по улучшению процесса— «отсроченной полезностью», созданием пространства для формирования добавленной стоимости за счет бережливых практик (таблица 62).

Таблица 62 – Практические методы бережливых практик (систематизировано автором)

Персонал					
1.1. Состав команды	1.2. Рабочая среда и мотивация				
Соотнести ресурсы с целями	Способствовать прозрачности проекта				
Разработка архитектуры PD-системы	Разработать систему КРІ				
Разработка систем процессов	Разработки системы стимулирования				
Управленческая интеграция специальностей	Разработка системы и визуализация				
(инженерных, экономических,)	контроля				
Процесс					
2.1. Требования и определение стоимости	Интеграция процессов, планирование,				
Система требований к ценности потреб-ля	постоянное улучшение				
Сочетание запросов потребителя –	2.4. Сокращение «ненужной» работы				
производственных возможностей	2.4. Сокращение «ненужнои» расоты				
Определение ценности результатов	Исключение «ненужных» документов				
деятельности	Псключение «ненужных» документов				
2.2. Обеспечение устойчивого потока	Исключение «ненужных» одобрений				
Фокус на обеспечение непрерывного потока	Информация в едином формате				
Разделение работы на небольшие партии	2.5. Исполнение: мониторинг				
Обеспечение дисциплины исполнения	Систематизация метрик				
Устранение узких мест	Мониторинг, измерение, прогнозирование				
	Достижимость требований потребителя				
2.3. Выполнение: управление циклом	Обзоры баланса				
Максимизация ценности деятельности	2.6. Обучение и улучшение				
Улучшение повторяющихся циклов	Реализация стратегии постоянного				
з лучшение повторяющихся циклов	улучшения на местах				
Объединение со стейкхолдерами для	Системат-ция показателей эффективности				
снижения неопределенности результата	Визуализация процесса создания ценности				
3. Методы и технологии					
3.1. Методы и инструменты	3.3. Проблемы дизайна				
Стандартизация методов и инструментов	Способствовать осознанию стоимости				
Адаптация методов и инструментов для	Повторное использование базовых частей,				
персонала и процессов	конструкций, решений				
3.2. Запасы и ресурсы	Дизайн, позволяющий модифицировать				

Эффективное управление запасами	Создание семейства продуктов		
Единая база данных для стейкхолдеров	Поддержка эффективной интеграции		
Единый формат для передачи информации	Мониторинг производства и сборки		

Источник: объединение практик в этапах реализации LPD, представленных в подходах: ценностная стратегия в SE, Lean принципы для инноваций, Lean PD-поток, бережливый логистический подход, основанная на множестве структура для разработки продукта (на основе [59],[115],[118])

2. на средних этапах в виде оценки экономических преимуществ от реализации решения – через расчет стоимости разрабатываемого продукта.

Цель предлагаемой технологии оценки стоимости разрабатываемого продукта исходя из сформированных рамочных решений конструктора PD-системы – выбор наиболее эффективной структуры продукта через:

- 1) Исследование условий для формирования целевой стоимости 12:
- Шаг 1. Изучение целевых значений затрат исходя из: 1) характеристик продукта; 2) норм затрат;
- Шаг 2: Разработка технико-технологических параметров (RTi) и набора затрат (RCk) определяющих функции продукта, такие как вес, скорость, мощность и др., градация которых выражается относительными весами (PRrt) и (PRrc).
- Шаг 3: Определение технических и стоимостных характеристик, где: 1) технические характеристики продукта (ET<sub>i</sub>) это технические требования, выраженные числом и единицей измерения; 2) спецификации затрат на продукт (ECk) требования к стоимости, выраженные как: а) абсолютные затраты (ECAk) затраты на жизненный цикл продукта, суммарно определяющие плановую стоимость продукта; б) относительная стоимость (ECRk) затраты, выраженные в процентах от целевой стоимости жизненного цикла продукта; с использованием бенчмаркинга, исходя из опыта собственных реализованных PD-проектов. Шаг позволяет определить: 1) технические потребности,

 $<sup>^{12}</sup>$  целевая стоимость продукта — это стоимость, определенная на этапе концептуализации как сумма затрат на проектирование, производство, эксплуатацию, техническое обслуживание и утилизацию продукта

стоимость покупки и использования продукта; 2) технические и стоимостные требования и их значения и 3) технические и стоимостные характеристики.

2) Выбор функциональной структуры продукта, где проектными переменными выступают технические и стоимостные характеристики продукта.

Шаг 4: Выбор функциональной структуры продукта через составление матрицы и рассчет: а) индекса соотнесения уровня технических характеристик продукта ( $I_{RTi}$ ) — позволяет определить структуру со сравнительно лучшими техническими данными; б) индекса затрат ( $I_{Cost}$ ) — оценивает конструкции в соответствии со спецификациями затрат, определяя, какая из них имеет более низкую стоимость по сравнению с другими. Индекс  $I_{RTi}$  получается путем добавления результата умножения значения технических параметров (ETi) каждого из технических требований на их соответствующий относительный вес (PRrt):

$$I_{RTi} = \sum (ET_i \cdot PRrt_i) \tag{10}$$

Индекс  $I_{Cost}$  получается путем добавления результата умножения значения каждой из затрат жизненного цикла (EC<sub>i</sub>) на их соответствующую относительную стоимость (ECR<sub>i</sub>):

$$I_{Cost} = \sum (EC_i \cdot ECR_i) \tag{11}$$

Структура, имеющая наивысшее значение индекса технических характеристик ( $I_{RTi}$ ) обеспечивает лучшие технические характеристики по сравнению с другими. Структура, имеющая наивысшее значение затрат ( $I_{Cost}$ ) имеет наименьшую стоимость по сравнению с другими.

- Шаг 5: Выбор функциональной структуры осуществляется в соответствии с приоритетными критериями (групп технических, технологических и стоимостных).
  - 3) Выбор приоритетной элементной конструкции из альтернатив.

Шаг 6: Альтернативные варианты дизайна через расширение информации о продукте и принципах его производства, как то: материальная составляющая, производственные процессы, степень чистоты обработки, другая информация.

Таблица 63 – Показатели эффективности систем разработки продукта по выделенным этапам

Этапы	Метрики	Этапы	Метрики
Генерация и отбор идей  Концептуа лизация продукта	Количество выявленных отдельных требований к продукту (в целом, к системам и процессам)     Скорость изменения требований = принятых изменений требований / общее количество требований     Количество изменений спецификации (кумулятивно или за ед.вр-ени)     Инновационность решения = 1 / % повторного использования дизайна     Ценность системы (продукта, процесса) = производительность системы (продукта, процесса) / стоимость системы (продукта, процесса)     Фактический МТВГ / прогнозируемый МТВГ (где МТВГ – среднее время между отказами)     Выход продукта     Процент элементов, которые могут быть переработаны     Процент базовых элементов, используемых в нескольких продуктах	Развитие. Анализ модели. Реализация проекта	<ul> <li>Число утвержденных проектов, находящихся в стадии разработки ( совокупные инвестиции в проекты развития, включая внутренние и внешние расходы на развитие)</li> <li>Оборот по проекту (годовой объем продаж / среднегод. объем незавершен. произ-ва)</li> <li>Пропускная способность /мощность по проекту</li> <li>Новые продукты, запущенные в производство год</li> <li>Нереализованные проекты и / или потраченные зря инвестиции за год</li> <li>Процент ресурсов и инвестиций в НИОКР, (по сравнению с общим количеством новых продуктов + поддержка, управление)</li> <li>Баланс портфеля по проекту / типу разработки (процент от каждого типа проекта</li> <li>Стоимость разработки продукта</li> <li>Время разработки в соотношении «план-факт»</li> <li>Время выхода на рынок или время выхода на объем</li> </ul>
Концептуа лизация системы	• Количество незавершенных конструктивных изменений / количество элементов • Количество недостатков конструкции / количество элементов • Количество фактических ошибок в дизайне / количество допустимых • Количество изменений / количество заявленных элементов • Число прототипов, итераций	Производст во	<ul> <li>Точка безубыточности</li> <li>Время разработки, время цикла инженерных изменений</li> <li>Процент тек-го дохода от продуктов за последние «х» лет –нормир. время разрабо-и</li> <li>Процент расходов на НИОКР в процентах от выручки</li> <li>Всего патентов, поданных / ожидающих / выданных за год</li> <li>Количество сотрудников в НИОКР, процентное изменение численности</li> </ul>
Макет, технически й проект, дизайн. Интеграци я систем с позиции эффективн ости	<ul> <li>Количество изменений проекта / общее количество завершенных</li> <li>Количество изменений после проектирования / общее количество завершенных</li> <li>Процент или количество обнаруженных неисправностей / общее количество исключения неисправностей.</li> <li>Процент «изоляции», ликвидации неисправностей</li> <li>Процент ручной сборки деталей</li> <li>Число прототипов, итераций</li> <li>Первичная коммерциализация</li> </ul>	Продукт, как объект	Себестоимость единицы продукции / целевые затраты     Рабочие или инженерные часы / целевые рабочие часы     Стоимость материала     Целевая производительность продукта     среднее время между отказами (МТВF)     Среднее время ремонта (МТТR)     Количество элементов нового продукт / Количество элементов базового продукта     Проектирование / сборка / тестирование итераций     Время запуска производства
Управлени е	• Анализ / моделирование интенсивности управления • Процент членов команды, имеющих доступ к совместной работе / инструментам	управления	<ul> <li>Дата отгрузки продукта против объявленной даты отгрузки</li> <li>Чистая приведенная стоимость оттока денежных средств для разработки и коммерциализации и притока от продаж</li> <li>«Безубыточное» время</li> <li>Ожидаемая коммерческая стоимость (чистая приведенная стоимость денежных потоков продукта вероятность коммерческого успеха –затраты на коммерциализацию. Значение умножается на вероятность технического успеха –затраты на разработку)</li> <li>Среднее количество компонентов на продукт</li> </ul>

Систематизировано автором по данным качественных и количественных исследований: подхода к оценке эффективности разработки продукта К.Кларка [108], подходу к разработке эффективных продуктов М.Мартина [215], методов управления затратами, используемых при разработке новых продуктов С.Моралес [226], а также методов бережливых практик, сбалансированной оценочной карты (BSC), оценочной карты управления инновационными продуктами (PIM), «технической стоимости»; показателей эффективности (TPM)

Шаг 7. Оценка стоимости альтернативных вариантов дизайна – реаизуется исходя из характеристик компонентов решения и принципов их соотнесения с использованием методов: а) основанных на оценке стоимости производственных процессов; б) основанных на оценке материальной стоимости изделия; в) основанных на оценочной стоимости жизненного цикла продукта.

Шаг 8: Разработка матрицы решений, включая: 1) заполнение матрицы техническими требованиями (RTi) с соответствующей шкалой оценки; 2) оценка альтернатив по отношению к техническим требованиям путем заполнения поля матрицы, оценки поведения вариантов конструкции по отношению к каждому из технических требований;

- 3) определения индекса технических характеристик каждой альтернативы конструкции ( $I_{RTi}$ ); 4) заполнение матрицы технологическими требованиями (RTii) с соответствующей шкалой оценки; 5) оценка альтернатив по отношению к технологическим требованиям; 6) определение приоритетной альтернативы каждой отдельной конструкции; 7) заполнение матрицы оценочной стоимостью альтернативных вариантов проектирования ( $RCost_{PD}$ ); 8) определение индекса затрат ( $I_{Cost}$ ) каждой структуры;
- Шаг 9: Выбор альтернативы дизайна продукта с учетом сметной стоимости продукта. Критерий выбора: лучшие технические характеристики при более низкой стоимости и т.д.

Предлагаемая технология направлена на систематизацию информации о затратах при комплексном проектировании продукта.

3. на более поздних этапах (адаптивность, масштабируемость PDсистем и процессов) – в виде комбинации экономических и технических метрик с позиции способности PD-систем к достижению определенных требований, нормативов по проекту, которые могут быть выстроены с использованием: 1) сбалансированной оценочной карты (BSC), 2) оценочной карты управления инновационными продуктами (PIM), использующей шкалу Лайкерта; 3) «технической стоимости», оцененной по методике директивы VDI 2225; 4) ключевых показателей активности (эффективности) KPI.

Систематизация операционных метрик (а в случае возможности – показателей), с учетом PLM-цикла, в «макросистеме» всей совокупности участников отражена в таблице 63.

Эквивалентом стоимости на этапе считается относительное снижение неопределенности — в технических показателях эффективности (TPM) применительно к каждому этапу PD-процесса.

## Таким образом,

Под методологией понимаем совокупность связанных моделей, методов и инструментов для решения теоретических и практических задач, включая: 1. проектирование системы разработки продукта; 2. инжиниринг процессов, технологий производства; 3. определение функциональности (эффективности, результативности) систем; 4. Развитие систем создания продукта.

Проектирование PD-системы осуществляется исходя ИЛИ ИЗ компонентно-ориентированной функционально-ориентированной ИЛИ разработки. Компонентно-ориентированные подходы подходят ДЛЯ разработки многовариантных PD-систем, но предназначены не ДЛЯ реализации сложных продуктов и сложных процессов. Функциональноориентированная разработка предполагает формирование: а) функций, нейтральных конструктивным И технологическим решениям, между требованиями потребителя, ТЭО и технической реализацией возможных альтернативных концепций для всех модельных рядов продукта, оформленных в концептуальные стандарты для объединения максимально возможного числа функций с одними и теми же «держателями» функций. Функциональный подход формирования PD-системы предполагает: 1. Определение функций, с последующим техническим и экономическим общих обоснованием конструктора ДЛЯ функциональных вариантов,

агрегированием модульных элементов продукта, формированием 2. вовлеченных партнеров процессу. Создание конструктора ПО (конфигурации) PD- системы. Решение включает элементный состав и их градацию на «базовые-вариативные», модули (платформеннуюконструкцию), где: 1) компоненты, которые имеют высокую потребительскую ценность и требуют дифференциации, намеренно исключаются из модульной системы; 2) дифференциация реализуется с помощью модульной системы с выбором базовых настраиваемых модулей. 3. Оценка стоимости, учетом эффективности, результатов. Современные подходы системно представлены: 1) подходами к оценке, ориентированными на затраты; 2) подходами, ориентированными на качество; 3) кросс-тематическими подходами.

Методология реализации экономической концепции в компонентноориентированной разработке включает определение: 1) элементов систем, идентификация показателей эффективности, 2) определение стоимостного вклада элементов в характеристики/функции. 3) контроль целевых затрат для Методология комбинации элемент-функция. каждой реализации экономической концепции в функционально-ориентированной разработке предполагает: 1. Расчет затрат на технологическую (функциональную) единицу. 2. Конфигурацию системы (модульной, платформенной, в виде конструктора) с позиции оптимального экономического выборапутем расчета NPV, внутренней нормы доходности, прибыли, рентабельности, 3. Итоговую бизнес-решений через методы стоимости, оценки сопоставимости, процедуры контрольного списка, попарного сравнения, технико-экономическую оценку.

Методология комплексного проектирования системы разработки продукта, где альтернативная эффективность конфигурации продукта и выбора поставщика определяется на основе сравнительного преимущества выстраивается исходя из экономической составляющей вопроса – комплексной оценки и контроля при разработке продукта создаваемой стоимости. По замыслу автора, в этом случае комплексная система

разработки продукта интегрирует решения по разработке продукта (PDP), стратегическому видению производственных систем (MSP-процесс) и производству, включая: 1) выбор поставщика на основе сравнительного 2) использование преимущества уже этапе концептуализации; на альтернативности выбора между новыми элементами и существующим заделом, включая: а. конструктивные единицы – объекты дизайна: детали, узлы, модули, стандартные конструкции, платформы и т.д.; б. взаимосвязи, соединяющие конструктивные элементы; в. условия формирования и реализации продукта как системы (технологии, модели, инструментарий); 3) использование методологии комплексного проектирования на любом этапе интегрированно, разработки блочно, обеспечивая баланс продукта технических, технологических экономических решений И за счет альтернативности их выбора.

комплексного проектирования системы разработки Методология продукта, где альтернативная эффективность конфигурации продукта и выбора поставщика определяется на основе сравнительного преимущества включает шаги: 1. Анализ и оценка производственного и логистического задела; 2. Разработка конфигурации продукта в виде унифицированной интегративной продуктовой платформы продукта/системы разработки продукта. 3. Разработка модульной межкорпоративной цепочки создания учитывающую потребности рынка; поставщик при этом стоимости, определяет собственную цепочку создания ценности в связке, в виде сети добавленной стоимости. 4. Процессно-ориентированный расчет и оценка PDв сетях компетенции с позиции производительности: каждый шаг процесса исследуется в отношении затрат, калькуляция составляется по видам PDдеятельности и по функциям продукта, где драйверы затрат назначаются процессам с добавленной стоимостью в качестве так называемой эталонной стоимости и связаны с прямыми затратами по соответствующим модулям процессов. 5. Оценка цепочек создания стоимости, в зависимости от структуры и объема запрашиваемых поставок. Выбираются поставщики и

включаются в процессно-ориентированную оценку цепочек создания стоимости. Если прямого сравнения предложений, представленных для каждого этапа добавленной стоимости, недостаточно для определения конкурентоспособной цены, может использоваться метод целевых затрат. Отличие авторского подхода от существующих решений на этом этапе состоит в «переносе» на начальный уровень PD-процесса поставщиков (стейкхолдеров) производителя. 6. Оперативный контроль за созданием стоимости.

Авторское решение предлагает дополнить методику выбора конечного элемента системы ИЗ существующих альтернатив экономическим обоснованием: для выбора конечного выбора элемента системы разработки продукта предполагается использование индекса выбора элемента системы разработки продукта  $(I^{i}_{PD})$ , который определяется как частное между индексом важности и относительной стоимостью функции, характеристики, компонента. Предложенный индекс позволяет: а) включать стоимость разных типов носителей ценностей как параметра альтернативного выбора, а не фактора, определяемого в результате разработки продукта, б) определять баланс эффективности каждого PD-шага, что обеспечивает системе свойство универсальности, позволяя тиражировать практику в последующие проекты интегрированной (а также распределенной) разработки продукта. Выбор многоцелевой разработки также элементов системы продукта обосновывается переменными: себестоимость проектными функциональность продукта, производительность. Модель формирования многоцелевой системы разработки продукта представлена как соотношение проектных переменных, с градацией ввода переменных и унифицированных компонентов. При невозможности рассчетной сравнительной оценки, выбор осуществляется элементов c использованием отношений системы доминирования Парето.

Машиностроение характеризуется высокой долей сложного продукта, соответственно индикаторами оценки эффективности, результативности

интегрированного процесса разработки продукта отрасли должны выступать как совокупность технологических и технических показателей, так и экономических показателей, которые могут быть сгруппированы по группам: а) качества процессов, б) времени разработки, И технологичности в) эксплуатационных характеристик производства, г) показателям производительности и эффективности. Применительно к машиностроению имеет также значение реализация эффекта от повторного использования знаний (стратегия замещения), технологий и обеспечение будущего Также сбалансированной потенциала. ДЛЯ оценки технологических достижений принятие решений должно основываться не только финансовых показателях, например, на дисконтированном денежном потоке.

Определение эффективности (результативности) системы в исследовании предлагается реализовать исходя из сочетания затратного подхода, сравнительного анализа (бенчмаркинга) и концепции бережливого производства, где:

- затратный подход реализуется посредством технологии оценки стоимости разрабатываемого продукта исходя из сформированных рамочных решений конструктора PD-системы;
- метод сравнительного анализа в области разработки продукта выбор предполагает: объектов сравнения, формирование системы показателей сравнения. Неоднородность объектов сравнения учитывается по: свойствам (габаритный размер, соотношению его оригинальных стандартных компонентов, типу производства, периодичности выпуска, проценту доработок при редизайне), функциям, сложности (продукта, эксплуатации), ассортименту;
- оценка эффективности на основе «бережливого» мышления выполняется в контексте создания пространства для формирования ценности, добавленной стоимости, реализуется через минимизацию потерь: а) ожидание; б) повторное использование конструктивных решений; в) конструктивные изменения на поздних стадиях; г) решения,

добавляющие ценности, но необходимы как: позиционирование (ориентация на ценность), планирование и оптимизация потока создания ценности, позволяя определить потребность в улучшении, а также целевой поток создания ценности.

Технология оценки стоимости разрабатываемого продукта исходя из сформированных рамочных решений конструктора PD-системы – выбор наиболее эффективной структуры продукта реализуется через: 1) Исследование предпосылок к формированию целевой стоимости: Шаг 1. Изучение целевого рынка калькуляции; Шаг 2: Установление технических параметров (RTi) и набора п-затрат (RCk) определяющих функции продукта, такие как вес, скорость, мощность и др., градация которых выражается относительными весами (PRrt) и (PRrc); Шаг 3: Определение технических и стоимостных характеристик. 2) Выбор функциональной структуры продукта, где проектными переменными выступают технические и стоимостные характеристики продукта: Шаг 4: Разработка матрицы решений в поддержку процесса выбора функциональной структуры продукта; Шаг 5: Выбор функциональной структуры осуществляется соответствии В c приоритетными критериями (групп технических, технологических И Выбор приоритетной элементной стоимостных). 3) конструкции альтернатив: Шаг 6: Альтернативные варианты дизайна через расширение информации о продукте и принципах его производства; Шаг 7. Оценка стоимости альтернативных вариантов дизайна; Шаг 8: Разработка матрицы решений, Шаг 9: Выбор альтернативы дизайна продукта – с учетом сметной стоимости продукта. Критерий выбора: лучшие технические характеристики при более низкой стоимости.

## 4. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ СЛОДНОГО ПРОДУКТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАШИНОСТРОЕНИЯ

## 4.1. Методический подход к формированию системы разработки продукта

Методический подход к формированию системы разработки продукта на уровне производителя (в основе – стратегический ландшафт системы) может включать (рисунок 25):



Источник: разработано автором на основе методики разработки открытых продуктов Р.Киршнера [193], производственных систем Г.Шуха [279], ZOPH-модели X.Негеле [233]

Рисунок 25 — Последовательность реализации методического подхода формирования систем создания продукта

- структурирование продукта (компонентное, функциональное) исходя
   из целевой стоимости альтернативных решений по продукту,
- моделирование конструктора системы, формирование цепочки создания стоимости,
  - -определение эффективности системы, иных результатов;
- разработка и систематизация альтернативных решений по развитию
   PD-системы.

Декомпозиция работ включает шаги:

Этап 1. Структурирование продукта. Общее структурирование продукта включает в себя представления о составе, функциональном обеспечении, свойствах, вариантной насыщенности продукта [74]. В основе – процесс Браунфилда, известный как «процесс проектирования продукта», где последовательность структурирования пошагово представляем следующим образом:

1 Шаг. Формирование «карты компонентов» продукта. Вариантное решение по совокупности компонентов продукта выстраивается с определенной иерархичностью: от подсистем к компонентам, к частям, к материалам /атрибутам/функциям/ параметрам, а затем, к набору их стандартных значений исходя из заданной функциональности продукта (рисунок 26).

ä	Система	Try i	
укта	Подсистемы	лтект га ный	
проду	Компоненты		Th
	Детали	іеку /ару уду інау ект	НОС
ИИ	Материалы / Атрибуты /	Асп лрс цио асп заст	ЖC
арх	Свойства / Параметры		СП
Иерархия	Общие представления и	еоми фу	
И	стандарты	Le l'e	

Источник: составлено автором на основе источников [121], [156], [233], [320]

Рисунок 26 – Иерархия элементной структуры продукта

В системе выделяется крайний «неделимый» элемент – «элемент структуры продукта»(PtBS-элемент) (в некоторых источниках «продукт

распада структуры», «деталь»), который можно выделить в виде следующей взаимозависимости:

где Представляет собой эквивалентность множеств.

Шаг. Картирование продукта. Возможный набор продуктов(при компонентно-ориентированном подходе) отражается на карте компонентов, где, помимо, характеристик составных элементовпродукта, в составные элементы (подмножества) системы, определяющие ее строение и функциональность вводится информация о типах материала, композициях, свойствах материала, степени его обработки (тепловая, химическая и др.); информация технологическом процессе, процедурах И методах, применяемых при изготовлении компонентов продукта; технические условия и стандарты и т.д.То есть «компонент продукта», «элемент структуры системы продукта» в PtBS-дереве Prasada [253] отображают посредством следующей взаимозависимости: (PtBS-элементом) (в некоторых источниках «продукт распада структуры») и отображают посредством следующей взаимозависимости:

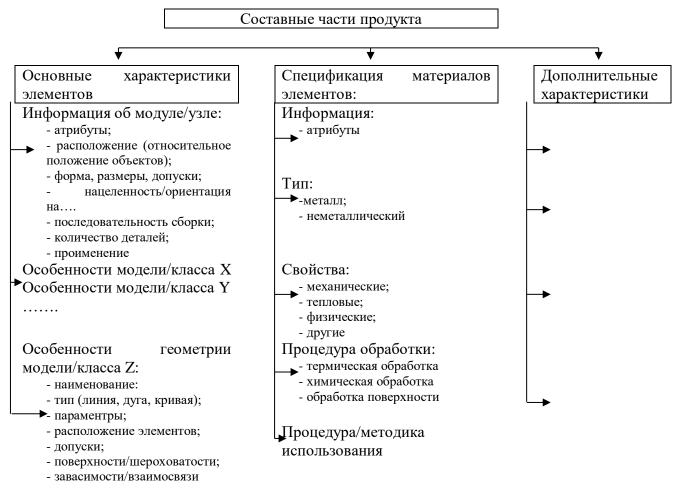
РtBS дерево ⇔ [Описание структуры «дерева» продукта]

(Подсистемы, комплектующие, материалы / характеристики / параметры, стандарты)

а вся совокупность элементов системы продукта условно делится на две категории: 1) компоненты (элементы) с сильным влиянием на качество и функциональность продукта и 2) компоненты с минимальным влиянием на качество и функциональность продукта.

Основная идея этого подхода — разделение системы на горизонтальную и вертикальную структуру (в классическом подходе — иерархичность структуры). Вертикальная структура отражает декомпозицию, горизонтальная структура — спецификацию. В спецификации проводится

различие между основными вариантами, которые полностью определены, четко идентифицируемы и, следовательно, могут быть реализованы. Спецификации можно сделать альтернативными, составить в зависимости от степеней свободы. Степени свободы – переменные свойства. Они могут быть связаны друг с другом иерархически или в сеть и относиться к функциям, требованиям, определенным компонентам, а также к самой структуре. Степени свободы следует прогнозировать, чтобы соответствующим образом сориентировать развитие.



Источник: составлено автором (на основе [121], [156], [193], [233])

Рисунок 27 — Составные элементы (подмножества) системы (метамодели спектра продуктов), определяющие ее строение и функциональность

Степени свободы и их зависимости могут быть представлены в таблицах решений, в матрицах, в логических формулах или, что менее эффективно, в деревьях вариантов. При декомпозиции различаются продукты разного

уровня сборок, вплоть до неделимого элемента. Такой подход дает основу для преодоления: динамичности и разноуровневости спецификаций, иерархичности подмножества классической модели продукта.

Свойства – атрибуты системы, делятся на эталонные характеристики (например, цвет) и отличительные характеристики (например, красный или зеленый). Свойства могут быть указаны, разложены и разделены на целевые фактические свойства. Функции можно понимать как свойства. Стандартные функции можно определить заранее. Подход, позволяющий свойствам включать диапазоны значений, может быть представлен с помощью отдельных свойств с характеристиками «нижний предел» и «верхний предел». Функции представляют собой абстрактную цель или абстрактный способ работы элемента. Функции могут быть назначены элементам, определены, декомпозированы. Функция эквивалентна элементу (элемент выполняет функцию), вышестоящему (элемент вносит вклад в функцию) или подчиненному (функция является частью элемента). Вариант реализации функции связывает элемент со степенью свободы, а также с процессом создания и производственными технологиями.

Исходя из позиции, что продукт — это система, в модели продукта: на первом уровне системы представляют собой элементы, которые сложно классифицировать иерархически и которые объединены в сеть крупными блоками. На втором уровне системы представляют определенные аспекты продукта, сформулированные в функциях, требованиях и т.д. Система проектирования включает в себя все компоненты, которые участвуют в дизайне продукта. На третьем уровне все компоненты и элементы выступают результирующим подмножеством системы продукта.

Варианты конфигурации: а) агрегации: иерархия; б) спецификации; в) связывание элементов и функций; г) связывание свойств, посредством:

1) DSM-матричного моделирования, позволяющего определиться с количеством и разнообразием взаимосвязей совокупности компонентов в структуре продукта, с их взаимосвязью с элементами системы. Пример

моделирования системы с использованием DSM-матрицы представлен на рисунке 28.

	Ε		I		I		I		I		Количество	Количество	Среднее
	Компон	_	Компон	7	TOF	ент 3	Компон	4	Компон	2	интерфейсов	вариантов	количество
	MO	ент	МО	ент (	MO	IT	MO	eht 4	OM	ент :		интерфейсо	вариантов
	X	eF	Ķ	eF	X	eF	K	eF	X	eF		В	интерфейса
Компонент 1			1	1	1	2	1	1	1	1	4	5	1,25
Компонент 2	1	1			1	2			1	1	3	4	1,333
Компонент 3	1	2	1	2			1	1			3	5	1,667
Компонент 4	1	1			1	1					2	2	1
Компонент 5	1	1	1	1							2	2	1
DSM-матрица									Сложность вычисления				

Источник: составлено автором (на основе Т.Браунинг [98], [99])

Рисунок 28 — Пример моделирования системы продукта с использованием DSM-матрицы

В матрице представлена декомпозиция продукта по укрупненным элементам; выделены связи между отдельными элементами, вариативность. Пустой квандрант указывает на отсутствие связей между отдельными элементами. Два числа в ячейке свидетельствуют о наличии взаимосвязи. Из них: число в левой части клетки/квандранта показывает число интерфейсов/взаимосвязей между двумя соседними компонентами. Обычно это единица; число в правой части клетки показывает количество интерфейса. B столбиах вариантов последних информация систематизируется: определяется часло вариантов интерфейса, количество интерфейсов, среднее количество вариантов для каждого интерфейса. Эти значения впоследствии используются при расчете сложности продукта. При этом учитывается, что интерфейсы не меняются, они стандартизированы.

- 2) калькулирования затрат.
- 2 Этап: Моделирование конструктора PD-системы, структурирование сквозной цепочки создания стоимости.
- 3 Шаг: Моделирование элементного состава систем, вариантных решений по системам с привязкой подмножества систем к приращению стоимости.

Цель — непрерывный контроль достижения запланированных затрат, денежное сравнение вариантов концепции, определение временных характеристик рабочих процессов [132]. Применимость и точность методов расчета затрат зависит от определения (или возможности определения) релевантных с точки зрения затрат данных на соответствующем этапе разработки. Точность утверждений возрастает по мере того, как продукт становится более конкретным.

Проблема в том, что не существует единой классификации затрат и единых методов оценки и классическом машиностроении. Некоторые аспекты структуры системы не принимаются во внимание Например, оценка затрат на сложность осуществляется только путем сравнения общих расчетных затрат на компоненты отдельных решений. Усилия по поддержке, координированию задач, которые сопровождают каждую разработку, не принимаются во внимание или рассчитываются в случаях cпомощью надбавок. В машиностроении, отдельных за исключением индивидуальных, очень специфических подходов, не разработано широко распространенных формализованных методов, которые поддерживали бы целенаправленную оценку затрат по разработке продукта.

Проблема в рассматриваемом контексте также состоит в том, что, хотя некоторые авторы подчеркивают влияние затрат на структурное (архитектурное) проектирование PD-систем на ранних этапах, они не могут ни обосновать его, ни установить определенные характеристики [31]. Аналитические подходы, будь то из области разработки продуктов машиностроения, управлению сложностью или управление затратами, не дают указания на оптимальную с точки зрения затрат конструкцию системы, уровень ее сложности, не указывают, как можно добиться оптимизации затрат на ранней стадии проектирования продукта. По замыслу автора, чтобы отобразить тесную связь между сложностью продукта и процесса, система оценки должна включать в себя области функций, компонентов, процессов и ресурсов. В этой области существуют начальные инструкции ПО

оптимизации структуры процесса с точки зрения затрат – взаимосвязи между характеристиками структуры продукта и структурой затрат.

Для решения задачи в н.в. возможно использование MDM-подхода (разработки матрицы), позволяющего преобразовывать затраты процесса в компонентные либо функциональные затраты. Варианты выбора решений на общем уровне и уровне подсистем предлагаются в трудах ряда авторов [48] и основаны соизмерении достигнутого с диапазоном допустимых значений (таблица 64).

Таблица 64 – Оценка выполнения требований вариантов решения (пример)

Как вариант		1. Технические			4. Te	Технологические			15. Показатели эффективности					
решения		показ	показатели		показатели							ИЯ		
і (строка) обеспечивает требование ј (колонка)	Требование	1.1 Высота	1.2 Ширина	1.3 Длина		4.1 Обеспечение функциональности	4.2. Обратная связь	4.3 Максимальное время а работы		5.3 Сравнительные затраты	5.4 Сравнительные выгоды	5.5 Относительная прибыль	Всего	Величина выполнения требования [%]
Варианты решения	№	1	2	3		27	28	29		178	178	183		
Варианты решения 1	1	2	2	2		2	2	2		2	2	2	354	96
Варианты решения 2	2	2	2	2		2	2	2		2	2	2	366	100
Варианты решения 3	3	2	2	2		2	2	0		2	2	2	360	98
Варианты решения 4	4	2	2	2		2	2	1		1	2	2	320	87

Источник: составлено автором (на основе [48], [98], [99])

Суть модели которая заключается в: рассмотрение свойств с диапазоном значений, рассмотрение технических, технологических и экономических показателей «в связке», интеграция систем «продуктпроизводство», дифференциация основной структуры и вариантов. Модель может быть расширена за счет включения дополнительных элементов, таких как затраты, ресурсы и т.д. Соответственно, модель не рассматривается закрытой архитектурой, а только как концептуальное ядро структурирования продукта.

<sup>\*</sup> Шкала оценок:От 0 до 2. Стандарт оценки:0 = i не удовлетворяет j; 1 = i частично удовлетворяет j; 2 = i полностью выполняет j

Следует преследовать две цели: с одной стороны, определение координационных центров пересмотра и, с другой стороны, поддержка концептуальной, конструктивной и производственной или связанной с реализацией оптимизации концепции посредством соответствующих руководящих принципов или инструкций по проектированию. Чтобы применить характеристики, упомянутые ранее, к структурному анализу с денежной точки зрения, необходимо добавить оценку влияния количества интерфейсов на затраты на сборку продуктов разных производителей. Кроме того, необходимо осмысленно определить характеристики исследуемых конструкций. Такие наборы характеристик пока существуют только для анализа процессов на основе DSM.

Помимо декомпозиции себестоимости продукта, «читаемой» на уровне операционной деятельности, при картировании и матричном моделировании продукта необходимо сделать привязку каждого заявленного подмножества системы к приращению ценности; спрогнозировать и увеличить производительность.

- 3 Этап: Определение эффективности системы, результирующая оценка стоимости (иных эффектов) разработки продукта. Реализуется исходя из: затратного подхода, сравнительного анализа (бенчмаркинга), концепции бережливого производства, формирование альтернатив с точки зрения характеристик, стоимости, риска, где:
- критериями выбора на уровне экономической системы выступает: (TR), потенциальный доход стоимость разработки альтернатив PLM. c / TR цикла Отношение продолжительность модели параметризовано. Для машиностроения нормализованные значения составляют диапазон от 0,001 до 0,01 (бенчмаркинг), соответственно выступая как c<sub>n</sub> / TR, где c<sub>n</sub> представляет собой общую (нормализованная) стоимость разработки отдельных проектов лидеров отрасли (таблица 93);
- на уровне технологической системы эффектами являются: эффекты от выстроенных взаимосвязей, отношений между элементами системы  $(v_1i,j)$

на уровне технологической системы (в т.ч. ограничения С), снижение технологической неопределенности каждой подсистемы в проекте разработки ( $p_i$  и  $p_j$ ) и суммарно; вероятность сочетания ( $p_i$  альтернатив каждой подсистемы (Niu Nj); успех (эффективность) работы архитектуры системы ( $X_i, X_j$ ), определяемый, в т.ч. функциональностью интегрированных подсистем.

Таблица 65 — Потенциальная выручка рынка (TR) и отношение  $c_n$  / TR для отдельных проектов отрасли

Показатели	Проект 1 Проект 2		Проект 3	Проект 4	Проект 5	
R (млн у.е.)	13	68	2400	10 200	195 000	
$c_n$ / TR	0,0125	0,0125	0,021	0,039	0,015	

Источник: составлено автором (на основе К.Ульриха, С.Эпингера [305])

Экономический результат решения в интегрированной системе (  $E [P_D / TR]$ ) определяется выражением:

$$E [P_D / TR] = \sum_{X_i \approx X_{ni}} p(x_i = X_i) \cdot \sum_{X_j \approx X_{nj}} p(x_j = X_j) - (L \approx c_{ni,j} \cdot (N_i + N_j) / TR)$$

$$(12)$$

где  $p(x_i=X_i)$  и  $p(x_j=X_j)$  — числовое выражение эффективности работы архитектуры системы разработки продукта в пределах разработанных альтернатив Ni и Nj в подсистемах i и j;  $p_i$  и  $p_j$  — вероятности успеха каждой альтернативы подсистем i и j;  $c_{ni,j}$  — нормализованные значения стоимости разработки продукта (бенчмаркинг);  $x_{ni,Xnj}$  — нормализованные значения функциональности соответствующей подсистемы продукта (бенчмаркинг).

Экономическая эффективность решения определяется соизмерением технических, технологических и экономических показателей в натуральном и стоимостном выражении через реализацию отношений:

1) 
$$\kappa_{CE} = C_i/E_i \mu 2$$
  $\kappa_{EC} = E_i/C_i$  (13)

где:  $C_i$ — стоимость альтернативы i, в рублевом эквиваленте;  $E_i$ — эффективность альтернативы i в физических единицах, в т.ч. — в числовом

выражении успеха (эффективности) работы архитектуры системы разработки продукта в отдельном исчислении впределах сумм разработанных альтернатив Niu Nj в подсистемах i и j; p<sub>i</sub> и p<sub>j</sub>.

Соотношение 1 представляет стоимость на единицу эффективности (например, млн.рублей/фунциональность), исходя из чего, проекты можно ранжировать по соотношению СЕ от самого низкого до самого высокого—самый эффективный проект имеет самый низкий коэффициент СЕ (ксе) (таблица 66):

Таблица 66 — Сравнительный анализ эмпирических данных в рамках апробации модели в части соотношений  $\kappa_{CE} = \text{Ci/Ei}$ 

Стоимость на единицу эффективности	Проект 1	Проект 2	Проект 3
Стоимость, Сі	10 млн. руб.	10 млн. руб.	10 млн. руб.
Мера эффективности, функциональность, Еі	5	10	15
κ <sub>CE</sub> = Ci/Ei	2 млн. руб.	1 млн. руб.	0,67 млн. руб.
κ <sub>EC</sub> = Ei/Ci	5	1	1,5

<sup>\* 3</sup> лучший проект: рассчитано автором

Соотношение 2 представляет собой эффективность на единицу стоимости (например, функциональность/млн.рублей), исходя из чего, проекты можно располагать в порядке от самого высокого до самого низкого коэффициента ЕС ( $\kappa_{EC}$ ) – когда затраты сравниваемых альтернатив проектов неодинаковы, реализуется задача минимизации затрат (таблица 67).

Таблица 67 — Сравнительный анализ эмпирических данных в рамках апробации модели в части соотношений  $\kappa_{EC} = Ei/Ci$ 

Стоимость на единицу эффективности	Проект 1	Проект 2	Проект 3
Стоимость, Сі	5млн.руб.	10 млн. руб.	15 млн. руб.
Мера эффективности, функциональность, Еі	10	10	10
κ <sub>CE</sub> = Ci/Ei	0,5 млн. руб.	1 млн. руб.	1,5 млн. руб.
$\kappa_{EC} = Ei/Ci$	2	1	0,66

<sup>\* 1</sup> лучший проект: рассчитано автором

Максимизация значения экономического результата в интервале значений Ni и Nj при комплексной разработке ( $E [P_D/TR] \rightarrow max$ ) определяется путем соотнесения эталона с результатами выделенных альтернатив параллельной разработки продукта.

Сравнительный анализ эмпирических данных позволил определить закономерности решения в рамках апробации модели: 1) эффективность комплексной разработки альтернативных вариантов высока для проектов сотносительно низким сочетанием и отношением потенциального дохода (TR) и стоимости разработки альтернатив (с / TR=0,001), уменьшаясь по мере увеличения отношения (р) и приближаясь к эталонной стратегии формирования концепции (с<sub>п</sub> / TR) (таблица 68);

Таблица 68 — Эмпирические данные по показателю выручки (TR) и отношения с / TR для отдельных проектов в соотношении с вероятностью (успехом) сочетания (р) альтернатив каждой подсистемы (Ni и Nj) (фрагмент)

Ni и Nj (c/TR=0,01)	Вероятность (успех) сочетания (р) альтернатив подсистем (Ni и Nj), %									
-	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
Ni (pi = pj = 10%)	30	27	25	23	21	21	21	21	21	19
Ni (pi = $pj = 50\%$ )	16	12	10	8	8	6	6	5	5	5
Ni $(pi = pj = 80\%)$	10	7	5	5	4	4	4	3	3	3
Ni(pi=10%; pj=80%)	30	27	25	24	22	22	21	20	20	19

Источник: систематизация выполнена на основе методики разработки продуктов в условиях неопределенности В.Кришнана [199]

2) достижение ожидаемых экономических показателей при комплексной разработке продукта в значительной степени сохраняется в проектах с высоким уровнем неопределенности, то есть при разработке сложного высокотехнологичного продукта [61, 62]. Потенциал комплексной разработки нескольких альтернатив реализуется: а) для дорогих проектов (с/TR=0,01), с высокими значениями ожидаемого экономического результата от параллельной разработки при высокой вероятности доработки (например, р=90% или 95% при почти полном отсутствии проблем с подбором архитектуры), сохраняясь постоянным ДЛЯ проектов co сложной архитектурой (низкие уровни вероятности «подгонки», т.е.р=5% или 10%); б) для сложных проектов развития, то есть для радикально новых продуктов (таблица 69).

Таблица 69 – Эмпирические данные по риску комплексной разработки нескольких вариантов концепции (риск<sub>1</sub>) и риску стратегии развития одной концепции (риск<sub>0</sub>) при рассмотрении проектов с отношениями с/TR соответственно 0,001 и 0,01 (фрагмент)

phote i phote	Bep	Вероятность доработки (p) альтернатив Ni и Nj архитектуры, %								
риск <sub>1</sub> и риск <sub>0</sub>	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
c/TR=0,01										
рис $\kappa_1$ (pi = pj = 10%)	3,3	2,25	2	2,1	2	2	2	2,1	2,1	2,2
рис $\kappa_1$ (pi = pj = 80%)	0,2	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,05	0,05	0,05	0
c/TR=0,001										
риск <sub>1</sub> (pi = pj = 10%)	-	35	28	25	24	24	24	23	24	25
риск <sub>1</sub> (рі = рј = 80%)	4	2	2	1	3	2	1	2	2	3

Источник: систематизация выполнена на основе методики разработки продуктов в условиях неопределенности В.Кришнана [199]

М.Мейер и А.Лехнер [220] в качестве переменных систем, а т.ж. показателей эффективности и результативности предлагают показатели: 1) производительность платформы, ориентированной на последующую вариативность в семействе продуктов, 2) время цикла – сравнивается время разработки производного продукта по сравнению со временем разработки платформы; 3) технологическую конкурентоспособность, 4) потенциал валовой прибыли. В свою очередь Т.Симпсон [278] использует две метрики: 1) эффективность рынка (ηМ) – воплощает компромисс между маркетингом и инженерным дизайном, 2) эффективность инвестиций (ηІ), соответственно:  $\eta M = N_{tm} / N_{M}; \ \eta I = C_{m} / N_{v}, \ где - N_{tm}, \ N_{M}$  число рыночных общее количество рынков; C<sub>m</sub> и N<sub>v</sub> – затраты сегментов оборудование производственное И количество видов продукта, соответственно.

### 4.2. Технологияа определения стоимости разработки продукта в машиностроении

По замыслу исследования, должно быть гарантировано преобразование предполагаемых затрат на уровне процесса в оценочные затраты компонентов, а также преобразование функциональных целевых затрат в целевые затраты компонентов.

Технология определения стоимости разработки продукта в машиностроении включает этапы:

- 1. Определение компонентной структуры продукта (процесса, системы), определение целевых затрат физических компонентов;
- 2. Определение функциональной структуры продукта (процесса, системы), ее градация на подфункции;
- 2. Присвоение отдельным подфункциям функциональных целевых затрат, значение которых рассчитываются на основе связи между функциями и компонентами путем умножения весов на общие целевые затраты. Для этого отдельные подфункции должны быть взвешены в соответствии с их релевантностью для потребителя;
- 3. Формирование различных вариантов компонентной структуры функциональной продукта исходя структуры, определенной ИЗ альтарнативными решениями. Для этой цели, с одной стороны, могут использоваться уже определенные функциональные целевые затраты: вклад каждого отдельного компонента в выполнение отдельных подфункций регистрируется в матрице целевых затрат [128]. Умножая этот процент на целевые затраты сравниваемой подфункции, можно получить долю затрат компонента, которая связана с выполнением этой подфункции. Если функций, задействован сформировать которых сумму всех В рассматриваемый компонент, можно получить его целевые затраты. С другой распределить общие стороны, есть возможность плановые непосредственно на отдельные компоненты. Для этого необходимо оценить

актуальность отдельных компонентов по отношению к общей функции, которую необходимо обеспечить. Шаг предполагает, что можно смоделировать структуру процесса для практической реализации продукта на основе разработанной структуры компонентов.

- 4. Определение концепции продукта с последующей разработкой концепции процесса. На этапе проектирования кросс-функциональной системы при моделировании структуры процесса выделяются рабочие шаги процесса разработки продукта, что, в частности, позволяет оценивать фундаментальные различия, различия в затратах в альтернативных концепциях продукта. Таким образом, например, можно определить, можно ли соответствующим образом выбрать компонент или функциональную структуру более поздней концепции решения. Внимание не уделяется своевременности и уравновешенной по стоимости последовательности отдельных этапов процесса, предполагая, что на этапе проектирования PD-системы плановые затраты компенсируются предполагаемыми затратами.
  - 5. Стоимость продукта оценивается на уровне процесса,
  - 6. Стоимость продукта оценивается на уровне компонентов;
  - 7. Стоимость продукта оценивается на уровне функций;

Для каждого уровня доступны вспомогательные средства для оценки стоимости, так называемые короткие методы расчета, методы калькуляции, адаптивные к PD-деятельности (таблица 70).

Таблица 70 – Управление затратами, адаптивное к PD-деятельности

Методы управления	Характеристика
затратами	
Методы, основанные на	функциях, реализуемых продуктом
Метод «Целевых	Определяются «допустимые» производственные затраты на
затрат» (TC)	продукт и его функции, целевая норма прибыли,
	непроизводственные затраты.
Трансдисциплинарное	Осуществляется через выделение функциональной иерархии и
управление целевыми	отображение функций в матрице с комбинацией принципов
затратами на сложные	работы. Результатом являются предполагаемые затраты на
изделия	функции, компоненты и процессы, оптимизированные по

	стоимости структуры продукции
Метод «Стоимостного инжиниринга» (VE)	Соотнесение стоимости продукта и его функциональности с ценовыми ожиданиями потребителя. Этапы: определяются основные функции продукта и их целевая стоимость; разрабатывается прототип, затраты на продукт структурируются по элементам в нескольких вариантах.
Метод «Развертывание функции качества» (QFDt)	Запрос потребителя переводится в технические атрибуты или функций продукта, а«допустимые» затраты распределяются между элементами продукта
Кайзен-костинг (КС)	при заранее известных характеристиках количества, времени производства, качества продукта формируется калькуляция себестоимости. Определяется различие между затратами во время и после разработки продукта с последующим достижением компромисса при разработке продукта, а затем, при производстве
Метод «Этапы-ворот» (SGR)	Расчет затрат при разработке продукта по широкому кругу вопросов: функциональность, производительность, стоимость продукта, время выполнения проекта, стоимость разработки на отдельных этапах проекта. Результат оценки часто приводит к пересмотру конструкции продукта
Метод общности продуктовых и технологических стратегий	Технологии оцениваются попарно на совместимость с их градацией на замещающие, конфликтующие и нейтральные, сравниваются доля затрат и выгод от комбинации технологий и, таким образом, определяются с выбором
Технология дорожных карт (TR)	Карты очерчивают спецификации и производительности технологий-кандидатов, детализируют технологические разработки, позволяя компаниям формировать цели и инвестиции в области НИОКР в прогнозном периоде.
Методы, основанные на	характеристиках компонентов продукта
Определение стоимости продукта с помощью законов подобия	Опреляются соотношения между размерами базового продукта. Затем устанавливается взаимосвязь между стоимостью продукта и определенными размерными отношениями с помощью регрессионного анализа. Метод предполагает, что известна стоимость базового продукта.
Определение стоимости продукта исходя из стоимости производ-х процессов	Стоимость       производства       −       это       стоимость       ресурсов,         потребленных в процессе производства       продукта       в данный         период времени, включая:       затраты       на рабочую       силу       и часть       косвенных         производственных затрат       на рабочую       силу       и часть       косвенных
Оценка затрат на продукт с помощью метода Delphi	Стоимость подсистем оценивается исходя из знания всей технической системы. После определения относительной стоимости всех единиц выбирается единица, которая в наибольшей степени облегчает оценку затрат. Как только её стоимость определена, рассчитываются затраты на другие единицы, а также общая стоимость

Метод м	иодульной	Модульные конструкции имея сходство с м	методом
архитектуры	продукта	«Компонентной общности», представляют собой более в	крупные
(MD)		подсистемы, чем отдельные компоненты, и, следова	ательно,
		достигаемые в результате компромиссы подлежат расчет	У
Платформы	продукта	Подход является шагом в формировании архи	тектуры
(PP)		продуктов, таким образом, влияя на стоимость прод	дукта в
		процессе его разработки. Идея подразумевает, что архи	итектура
		продукта разрабатывается «с нуля», упрощая с	создание
		диапазона конечных продуктов, их поколений	

Источник: разработана автором на основе модели для оценки производственных затрат и производительности систем Т.Лин [208], подходу к разработке эффективных продуктов М.Мартина [215], методов управления затратами, используемых при разработке новых продуктов С.Моралес [226]

Затраты на объект расчета являются результатом средневзвешенного значения затрат на аналогичные элементы по предыдущим реализованным проектам.

- 8. Сметные производственные затраты переносятся в затраты на компоненты системы. Если есть плановые и расчетные затраты на компоненты, можно провести сравнение;
- 9. Функциональные затраты переносятся в затраты на компоненты системы. Если есть плановые и расчетные функциональные затраты, можно провести сравнение;
- 10. Первоначальная «оптимизация» затрат посредством пересмотра функциональной и компонентной структуры;
  - 11. Выбор дальнейшей концепции решения по продукту;
  - 12. Выбор дальнейшей концепции решения по процессу;
  - 13. Выбор дальнейшей концепции решения по системе.

Информация для каждого отдельного шага должна бытьструктурирована следующим образом (*пример ниже*):

- выделение рабочих шагов процесса разработки продукта;
- описание процедуры, средств (инструментов), ресурсов создания модели;
- совокупность стоимостных и технических характеристик расширяется с каждым шагом процесса.

Пример отображения рассчетных значений в экономической модели в таблице 71.

Таблица 71 – Матрица оценки затрат для выбранного варианта решения (фрагмент)

ком	бинация і (строка) на	нация і (строка) на элемент затрат ј бец). Шкала оценок: от 0 до 5				Стоимость отдельной функции kj	Вклад в функциональные затраты FNBi
1	Обеспечение взаимосвязи элементов сети	Коммуникационный модуль	О Затраты разработку ki	О инвестиционные затраты ki, к	— Затраты производство	2	0,84
2	Первый шаг операционной деятельности	Декомпозиция нескольких целей	4	2	3	9	2,51
3	Второй шаг операционной деятельности	Реализация первой цели	3	1	4	8	2,23
4	Третий шаг операционной деятельности	Реализация второй цели	1	0	2	3	0,84
5	Четвертый шаг операционной деятельности						
10	Обеспечение контроля реализации решения	Оценка	4	1	4	7	1,95
	Сумма		148	45	166	359	100
	Расчет стоимости	3	1	3		3	
	Весовой коэффициент	, F14	41	13	46		

Источник: разработано автором (на основе [134], [135])

где: Шаг 4. Определение «затрат на разработку» разбивается исходя из декомпозиции этапов методологии концептуального проектирования системы продукта на:

1: Изучение технических потребностей клиентов, затрат на приобретение и затрат на использование, с учетом: 1) целевой стоимости закупки – затраты на исследования, разработку, производство и изготовление продукта; 2) требований к стоимости использования – включают стоимости эксплуатации, технического обслуживания, утилизации продукта.

- 2: Установление технических и стоимостных требований. Технические требования продукту – это технические параметры, К измеримые характеристики, которые определяют рабочие характеристики и функции продукта, такие как вес, скорость, расход, мощность и др. Требования к стоимости продукта это набор из и затрат, относящиеся к жизненному циклу исследования И разработки, продукта: документация ПО продукту, тестирование и оценка продукта, производство, материал, сборка, контроль качества и др. Требования отображаются с использованием QFD-матрицы, где технические и стоимостные требования выражены, соответственно, относительными весами.
- 3: Определение технических И стоимостных характеристик. Технические характеристики продукта – это технические требования, выраженные числом и единицей измерения. Спецификации затрат на продукцию (стоимостные характеристики) – это требования к стоимости, выраженные числом и денежной единицей, включая: 1) абсолютные затраты – это затраты на жизненный цикл продукта, выраженные числом и денежной единицей. Сумма этих затрат должна равняться плановой стоимости продукта. Примеры абсолютных стоимостных характеристик:стоимость материалов, стоимость изготовления. 2) относительная стоимость – затраты на жизненный цикл продукта, выраженные в процентах от целевой стоимости, например, стоимость материала от стоимости жизненного цикла продукта в целом. Значения спецификаций стоимости, абсолютные и относительные, могут быть получены из информации, происхождение которой: 1) производитель – знает производственные и административные процессы, таким образом, имея возможность определять вклад каждого процесса в продукт; 2) открытые источники – значения, полученные отдельными авторами в результате исследований, которые рассматривают тип продукта, который будет разработан, условия, в которых продукт будет производиться, среди другой информации.

Шаг 5. Процедура выбора функциональной структуры реализуется исходя из сочетания технических и стоимостных характеристик.

Выполняется структурирование продукта, включая создание функциональных структур и выбор лучших с технической и экономической точки зрения, посредством разработки матрицы решений. Выбор функциональной структуры продукта, основан на соотношении индексов технических и стоимостных характеристик включает:

1: Разработка матрицы решений (компонентных, функциональных) (таблица 72).

Таблица 72 – Матрица решений для выбора функциональной структуры продукта (пример)

Технические требования к		Функциональ	Функциональные структуры продукта $(\sum_{FMi})$			
стоимости и спецификация продукта		Структура 1	Структура 2	Структура 3		
Технические	PRrt	Оценка конструкци	ий на соответствие	техническим		
характеристики	FMI	требованиям*				
RT <sub>1</sub>	PRrt1	10	1	2		
RT <sub>2</sub>	PRrt2	5	5	1		
RTm	PRrtm	5	10	5		
Индекс технических		280,5	174,5	352,5		
характеристик (I <sub>RTi</sub> )		200,3	174,3			
Затраты	ECRk	Оценка конструкци стоимости	ій относительно сп	ецификации		
EC <sub>1</sub>	0,40	5,6	5,6	8,9		
EC <sub>2</sub>	0,25	13,2	25,9	25,6		
ECn	0,10	10,8	11,5	10,9		
Индекс затрат (I <sub>Cost</sub> )	Индекс затрат (I <sub>Cost</sub> )		237,5	245,5		
Отношения между I <sub>RTi</sub> и I <sub>Cost</sub>		280,5/123,5 = 2,27	174,5/237,5 = 0,73	352,5/245,5 = 1,43		

<sup>\*</sup> Шкала оценок: от 1 до 10. Стандарт оценки: 1 = і низкая производительность; 5 = і частично удовлетворяет требованиям; 10 = і полностью соответствует заданной производительности. Источник: разработана автором на основе модели для оценки производственных затрат и производительности систем Т.Лин [208], подходу к разработке эффективных продуктов М.Мартина [215], методов управления затратами, используемых при разработке новых продуктов С.Моралес [226]

Оценка конструкций относительно спецификации стоимости может быть выполнена попарно в сравнении, либо аналитическим способом: определение индекса затрат — показателя эффективности функциональной структуры ј, получается путем добавления результата умножения значения оценки стоимости жизненного цикла каждой функциональной единицы структуры на их соответствующую относительную стоимость.

- 2. Выбор функциональной структуры. Анализируя результат индекса технических характеристик, онжом определить, какая структура обеспечивает более высокие технические характеристики по сравнению с другими. Анализ по результатам индекса стоимости показывает, какая структура имеет наименьшую стоимость по сравнению с другими. Анализируя и сравнивая результаты этих индексов попарно, можно выбрать функциональную структуру продукта в соответствии с определенным выбора. Для критерием продуктов, при производстве задействованные высокие технологии выбираемая структура может иметь наивысший уровень технических характеристик и не обязательно низкую стоимость. И наоборот. Процесс выбора функциональной структуры с помощью матрицы решений не гарантирует, что выбранная структура имеет более низкую стоимость, чем целевая стоимость продукта.
- 3. Генерируются принципы решения для каждой функции, которые впоследствии объединяются для формирования альтернативных вариантов дизайна продукта.

Шаг 6: Выбор альтернативы конструкции: 1: Согласно замыслу необходимо определить: элементы используемых ресурсов, производственные процессы, необходимые для изготовления компонентов, характеристики производства, наличие стандартизованных модулей, выполняющих функции функциональной структуры и др.(таблица 73).

Таблица 73 — Выбор альтернативы конструкции на основе систематизации характеристик

Альтернатива конструкции 1						
Принципы	Тип материала	Производственная	Характеристики			
решения		система				
Принцип 1						
Принцип n						

Источник: систематизировано автором на основе методологии развития производства К.Шетца [270]

2: Оценить стоимости альтернативных вариантов дизайна. Можно использовать методы, основанные на: оценке стоимости производственных процессов; на оценочной материальной стоимости изделия; на разработке законов подобия; метод Delphi.

Шаг 8: Разработка матрицы решений (таблица 74).

Таблица 74 – Матрица решений

Технические требования и		Альтернативы дизайна продукта (АСј)			
ориентировочная стоимость		Альтернативная	Альтернативная		
альтернативных вариантов		концепция 2	концепция 3		
rt	Оценка альтернат	ив в соответствии с	с техническими		
	требованиями				
RT 1	14	38	27		
RT2 PR <sub>RT2</sub>		20	18		
RTm	7	9	10		
Индекс технической		279,59	365,13		
эффективности					
Ориентировочная стоимость		418,22	427,81		
	rt  RT 1  RT2  RTm	Альтернативная концепция 1  rt Оценка альтернат требованиями  вт 1 14  вт 2 21  вт 7 289,75	Альтернативная концепция 2  rt Оценка альтернатив в соответствии с требованиями  RT 1 14 38  RT2 21 20  RTm 7 9 289,75 279,59		

Источник: систематизирована автором на основе модели для оценки производственных затрат и производительности систем Т.Лин [208], подхода к разработке эффективных продуктов М.Мартина [215], методов управления затратами, используемых при разработке новых продуктов С.Моралес [226]

Заполнение матрицы техническими требованиями – техническими требованиями к продукту и относительными весами включает: 1. Оценку технических характеристик альтернативы для отдельного требования по критериям «слабый», «удовлетворительный», «превосходный». Заполнение

выполняется с помощью символов, которые впоследствии преобразуются в числовые значения. Эти символы обозначают технические характеристики альтернативных вариантов дизайна продукта. 2. Определение индекса технических характеристик каждой альтернативы конструкции путем добавления результата умножения значения технических характеристик альтернативы конструкции ј на соответствующий относительный вес технического требования. 3. Заполнение матрицы оценочной стоимостью альтернативных вариантов проектирования.

3: Выбор альтернативы дизайна продукта. Осуществляется с учетом технических аспектов и сметной стоимости функциональной структуры продукта. Анализируя только результат индекса технических характеристик, альтернатива конструкции определить, какая имеет лучшие технические характеристики по сравнению с другими. Анализируя только оценочную стоимость, можно определить, какая альтернатива имеет наименьшую стоимость по сравнению с другими. Индекс технических характеристик в сравнении со значением оценочной стоимости с целевой стоимостью продукта, позволяет выбрать вариант продукта. Выбираемая конструкция может быть такой, которая имеет наивысший уровень технических характеристик, и не обязательно с низкой стоимостью. Хотя в большинстве случаев критерием выбора являются лучшие технические характеристики при более низкой стоимости.

Таким образом, авторское решение предлагает преобразование процесса предполагаемых затрат на уровне В оценочные компонентов, а также преобразование функциональных целевых затрат в целевые затраты компонентов. А технология определения стоимости разработки продукта В машиностроении включает: определение компонентной структуры продукта; функциональной структуры продукта; присвоение отдельным подфункциям функциональных целевых затрат; формирование различных вариантов компонентной структуры продукта исходя из функциональной структуры, определенной альтарнативными

решениями. Для этой цели, с одной стороны, могут использоваться уже определенные функциональные целевые затраты: вклад каждого отдельного компонента в выполнение отдельных подфункций регистрируется в матрице целевых затрат; определение концепции продукта последующей разработкой Это концепции процесса. позволяет оценивать фундаментальные различия, различия В затратах В альтернативных концепциях продукта. Стоимость продукта оценивается на уровне процесса, на уровне компонентов; на уровне функций. Сметные производственные затраты переносятся в затраты на компоненты системы. Если есть плановые расчетные затраты на компоненты, онжом провести сравнение. Функциональные затраты переносятся в затраты на компоненты системы. Если есть плановые и расчетные функциональные затраты, можно провести Первоначальная «оптимизация» сравнение.. затрат осуществляется посредством пересмотра функциональной и компонентной структуры. Выбор дальнейшей концепции решения делается по продукту, по процессу; по системе. Информация для каждого отдельного шага стуктурируется в определенной последовательности: выделение рабочих шагов процесса разработки продукта; описание процедуры, средств (инструментов), ресурсов создания модели; совокупность стоимостных и технических характеристик расширяется с каждым шагом процесса. Определение «затрат на разработку» разбивается исходя из декомпозиции этапов методологии концептуального проектирования 1: Изучение системы продукта на: технических потребностей клиентов, затрат на приобретение и затрат на использование, в т.ч.: 1) прямые затраты на исследования, разработку, производство и изготовление продукта. 2) Требования к стоимости использования включают стоимости эксплуатации, технического обслуживания, утилизации Установление 2: технических и стоимостных требований. Технические требования К продукту – это технические параметры, измеримые характеристики, которые определяют рабочие характеристики и функции продукта, такие как вес, скорость, расход, мощность и др.

Требования к стоимости продукта это набор из п затрат, относящиеся к жизненному циклу продукта: исследования и разработки, документация по продукту, тестирование и оценка продукта, производство, материал, сборка, контроль качества и др. 3: Определение технических и стоимостных характеристик, что позволяет сформировать спецификацию затрат, включая:

1) абсолютные затраты — это затраты на жизненный цикл продукта, выраженные числом и денежной единицей; 2) относительная стоимость — PLC-затраты (жизненного цикла продукта): процент от целевой стоимости. Процедура выбора функциональной структуры реализуется исходя из сочетания технических и стоимостных характеристик.

При оценке стоимости альтернативных вариантов дизайна можно использовать методы, основанные на: оценке стоимости производственных процессов; на оценочной материальной стоимости изделия; на разработке законов подобия; метод Delphi.

Выбор альтернативы дизайна продукта осуществляется с учетом технических аспектов и сметной стоимости функциональной структуры продукта. Анализируя только результат индекса технических характеристик, онжом определить, какая альтернатива конструкции имеет лучшие технические характеристики по сравнению с другими. Анализируя только оценочную стоимость, можно определить, какая альтернатива имеет наименьшую стоимость по сравнению с другими. Индекс технических характеристик в сравнении со значением оценочной стоимости с целевой стоимостью продукта, позволяет выбрать вариант продукта. Выбираемая конструкция может быть такой, которая имеет наивысший уровень технических характеристик, и не обязательно с низкой стоимостью. Хотя в большинстве случаев критерием выбора являются лучшие технические характеристики при более низкой стоимости.

# 4.3. Определение эффективности системы разработки продукта с позиций оценки сложности создаваемого продукта, сравнительного анализа, бережливых технологий

Изучение вопроса на практическом уровне позволило сформировать ряд 1) оценить определенных выводов: невозможно влияние значений соответствующих показателей сложности на всю цепочку создания стоимости; 2) не отдельные значения, ни комбинация значений различных индикаторов сложности несоразмерны с точки зрения положительных или эффектов, отрицательных получаемых производителем; 3) сложности не соизмеряется с производительностью; 4) факторы сложности не взаимозависимы как друг с другом, так и с факторами финансовой и операционной эффективности (таблица 75).

Таблица 75 — Оценка возможности применения подхода к формированию системы создания продукта исходя из оценки сложности продукта

Категория	Реализация на практике							
Понимание	І.1. Существуют различные измерения сложности (статические и							
сложности	динамические) внутри производственных компаний и вокруг них.							
	І.2 Сложность как положительно, так и отрицательно влияет на							
	результаты деятельности компании. Более точное понимание этих							
	взаимосвязей недостаточно, но необходимо руководству.							
	І.З Непонимание факторов сложности и взаимозависимостей между							
	драйверами и производительностью затрудняет систематическое							
	управление измерениями сложности.							
Сложность	І.4 Нет интеграции проактивных подходов к проектированию							
дизайна	сложности в систему управления сложностью более высокого уровня.							
	Недостаточно объяснений, какие методы подходят и когда							
	оптимизировать определенные измерения сложности.							
Измерение и	І.5. Денежные подходы в первую очередь служат для обеспечения							
оценка размеров	прозрачности затрат на продукцию. В основе этого лежит причинное							
сложности	распределение затрат по вариантам продукта. Это помогает с							
	правильной и более точной оценкой затрат и цен на существующие							
	продукты.							
	І.6. Однако причины этих затрат, которые возникают из-за возможных							
	факторов сложности, не могут быть прямо идентифицированы. Таким							
	образом, подходы к денежной оценке не предусматривают никаких							
	прямых регулировочных винтов для оптимизации сложности.							

	І.7. Неденежные концепции существуют для измерения сложности								
	продукта или сложности добавленной стоимости, но не дают								
	остаточных выводов.								
	.8 Индивидуальных показателей сложности недостаточно для оценки.								
	Для оценки используется сочетание характеристик (паттернов) разной								
	степени сложности.								
	І.9 Отсутствуют подходы к комплексной оценке сложности продуктов								
	и процессов, а также внешней сложности. Для систематического								
	управления сложностью необходимы более широкие подходы к оценке								
	контекста. Требуется оценка сложности затрат и выгод.								
Комплексное	І.10 Результаты исследований показывают необходимость целостного								
принятие	подхода к продуктам и процессам в компании. Это предпосылка для								
решений	оценки положительных и отрицательных эффектов сложности с общей								
	точки зрения.								
	I.11 Системы помощи помогут вам освоить сложные системы и								
	улучшить процесс принятия стратегических решений.								

Источник: систематизировано автором на основе метода управления сложностью Л.Айелло, [69], методологии разработки продукта К.Ульриха, С.Эппингера [306]

#### На практике критическими показателями роста сложности являются:

Стоимость елиницы / – Количество альтернативных компонентов, дизайна, финансовые масштабы проекта; подходов к проектированию; Объем выпуска продукта; – Наличие обратной связи от более поздних к более ранним этапам проекта; Степень – Разнообразие применяемых баз знаний; технологической новизны: - Степень IT- обеспечения систем; - Разнообразие навыков и технических ресурсов; Количество и – Интенсивность участия потребителя; подсистем компонентов; Степень кастомизации – Неопределенность из-за изменения потребностей потребителя; компонентов; – Сложность выбора архитектур – Интенсивность вовлечения в проект поставщиков. продукта /системы;

В рассматриваемом контексте экономия затрат может быть достигнута за счет конструкции продукта, выбранной по сложности продукта, сложности процесса, сложности системы. При оценке сложности рекомендуется определять: независимые компоненты сложности, обусловленной ростом разновидностей продуктов ( $C_{product}$ ), процессов ( $C_{process}$ ) и систем ( $C_{system}$ ); зависимые компоненты сложности:  $C_{productANDprocess}$  и  $C_{productANDsystem}$  — сложность процесса и системы соответственно обусловлена ростом

разнообразия на уровне продукта,  $C_{processANDproduct}$  и  $C_{processANDsystem}$  – проблемы, возникающие в производственной системе/системе продукта из-за роста разнообразия процессов,  $C_{systemANDproduct}$  и  $C_{systemANDprocess}$  – соответственно уровень сложности продукта и процесса из-за внедрения разнообразия на системной основе.

Общая сложность рассчитывается суммированием перечисленных уровней сложностей по формуле:

$$C_{\Sigma} = \Sigma C_{\text{product}} + \Sigma C_{\text{process}} + \Sigma C_{\text{system}}$$
 (14)

Методический подход к оценке сложности предполагает шаги:

1) декомпозицию продукта и выделение взаимосвязей в структуре на каждом иерархическом уровне и последующим присвоением статуса важности компонента в обеспечении определенной функции продукта (таблица 76).

Таблица 76 – Варианты модуля, описываемые матрицей значений атрибутов

Атрибуты	Значение				
Цвет					
Мощность					
Длина					

Источник: составлено автором с использованием фактических данных п/п и матриц структуры проектирования сложного продукта М.Даниловича, Т. Браунинга [119]

где: все компоненты продукта классифицируются по четырем вариантам сложности: 1) количество компонентов, 2) количество вариантов каждого компонента — определяется атрибутами компонента и сформированной зависимостью, 3) число интерфейсов, и 4) число вариантов интерфейса. Пример табличного отображения исходных данных по первому и второму драйверу сложности приведен в таблице 77.

Таблица 77 – Перечень компонентов, их характеристики (фрагмент)

Компонент	символ	ID	Количество	Количество	Зависит от
			деталей	вариантов	атрибута
Компонента	Δ	V	1	5	-
Компонент b		О	1	2	Компонент d

Компонент с	0	S	1	1	-
Компонент d	$\Diamond$	VO	1	3	Компонента
Компонент			1	1	-

Источник: составлено автором с использованием фактических данных п/п и матриц структуры проектирования сложного продукта М.Даниловича, Т. Браунинга [119]

Пример табличного отображения исходных данных по первому и второму драйверу сложности приведен в таблице 78.

Таблица 78 – Пример DSM-матрицы модуля (фрагмент)

	Компонент а		Компонент b		Компонент с		Компонент d		Компонент	:	Количество интерфейсов	Количество вариантов интерфейсов	1
Компонент а			1	2	1	2	1	2	1	2	4	8	2
Компонент b	1	2			1	2	1	2	1	3	4	9	2,25
Компонент с	1	2	1	2			1	2	1	1	4	7	1,75
Компонент d	1	2	1	2	1	2			1	3	4	9	2,25
Компонент	1	2	1	3	1	1	1	3			9	15	1,667

Источник: составлено автором по фактическим данным п/п на основе CoPS-концепции (концепции сложного продукта и систем) [119],[174]

\* два числа в ячейке указывают на взаимосвязь между стандартными и дополнительными элементами систем

Данные по первому, второму, третьему и четвертому драйверу сложности суммированы в таблице 79.

Таблица 79 – Драйвера сложности для модуля (фрагмент)

Компонент	символ	ID	Количество	Количество	Количество	Среднее
			деталей	вариантов	интерфейсов	количество
						вариантов
						интерфейса
Компонента	Δ	V	1	5	4	2
Компонент в		О	1	2	4	2,25
Компонент с	0	S	1	1	4	1,75
Компонент d	$\Diamond$	VO	1	3	4	2,25
Компонент	••••		1	1	9	1,667

Источник: составлено с использованием фактических данных п/п и матриц структуры проектирования сложного продукта М.Даниловича, Т. Браунинга [119]

2) оценку сложности продукта (C<sub>product</sub>) – в структуре продукта на уровне отдельных компонентов, модулей, системы. В авторском прочтении методика оценки сложности на основе соизмерения их функциональной и физической составляющих включает:

1. Определение сложности продукта ( $C_{product}$ ) – в структуре продукта на уровне отдельных компонентов, модулей, системы в целом по формуле<sup>13</sup>:

$$C_i = \alpha \cdot K_1 + \beta \cdot K_2 + \gamma \cdot K_3 + \delta \cdot K_4 \tag{15}$$

где: a,  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$  —весовые значения четырех факторов сложности, определяются по формулам:  $a = \alpha'/(\alpha' + \beta' + \gamma' + \delta')$ ;  $\beta = \beta'/(\alpha' + \beta' + \gamma' + \delta')$ ;  $\gamma$ =ү' / (lpha' +eta' +lpha' +lphaкоэффициентов «маштабирования» для каждого фактора, определяются по формулам: $\alpha' = w / K_1; \ \beta' = w / K_2; \ \gamma' = w / K_3; \ \delta' = w / K_4. \ K_1$ -количество элементов в системе, К2-число вариантов компонента, входящего в систему; К<sub>3</sub>-количество интерфейсов в компоненте; К<sub>4</sub>-количество интерфейсов между компонентами ( $K_1 = 1/n \cdot \Sigma$  Ne,i/ Ne,max;  $K_2 = 1/n \cdot \Sigma$  Ve,i / Ve,max;  $K_3 =$  $1/n \cdot \Sigma$  Nr, i / Nr, max;  $K_4 = 1/n \cdot Vr$ , avg, i / Vr, avg, max ). Значение каждого – в диапазоне 0 ≤ Сі ≤ 1; суммарное значение равно единице. Для расчета весовых коэффициентов вычисляется среднее значение показателей по формуле: w = 1 / n где n количество факторов сложности (w = 0.25).  $C_i$ физическая сложность компонента і; Ne,і – количество элементов (частей), составляющих компонент і; Ne, max – максимально возможное количество элементов (частей) в исследуемом компоненте продукта; Ve,i – разнообразие (число вариантов) компонента i; Ve, max - максимально возможное разнообразие (число вариантов) компонентов в продукте; Nr,i – количество связей (интерфейсов) в і-м компоненте; Nr, тах – количество вариантов интерфейсов; Vr,avg,i – среднее количество вариантов интерфейса; Vr,avg,max – максимально возможное разнообразие отношений/взаимосвязей между компонентами продукта (максимальное среднее число вариантов интерфейсов), a,  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$  – весовые коэффициенты.

2) формирование матрицы сложности элемента (компонента, модуля) продукта. Пример отображения получаемых показателей сложности

<sup>&</sup>lt;sup>13</sup> На основании на основе CoPS-концепции (концепции сложного продукта и систем) и методологии управления сложностью производства продукта, сложностью систем их сборки (https://scholar.uwindsor.ca/)

продукта с использованием DSM-матрицы приведен в таблицах 80 и 81, где перечислены четыре уровня сложности и их значения в терминах уравнения) для каждого компонента продукта и максимальные значение вариаций сложности. Для расчета весовых коэффициентов (весов четырех факторов сложности) вычисляется среднее значение показателей:

Таблица 80 – Пример оформления исходных данных для расчета физической сложности компонентов (фрагмент)

Компонент	Количество	Количество	Количество	Среднее
	компонентов	вариантов	интерфейсов	количество
		компонентов		вариантов
				интерфейса
Компонент 1	1	4	4	1,25
Компонент 2	5	6	3	1,333
Компонент 3	4	6	3	1,667
Компонент 4	1	1	2	1
Компонент 5	1	4	2	1

Источник:систематизировано автором с использованием фактических данных п/п и матриц структуры проектирования сложного продукта М.Даниловича, Т. Браунинга [119]

Таблица 81 — Пример оформления исходных данных для уравнения (фрагмент)

Компонент	Ne,i	Ne,i	Ve,i	Ve,i/Ve,ma	Nr,i	Nr,i/Nr,ma	Vr,avg,i	Vr,avg,i /
		/Ne,ma		X		X		Vr,avg,ma
		X						X
Компонент 1	1	0,2	4	0,667	4	1	1,25	0,75
Компонент 2	5	1	6	1	3	0,75	1,333	0,8
Компонент 3	4	0,8	6	1	3	0,75	1,667	1
Компонент 4	1	0,2	1	0,167	2	0,5	1	0,6
Компонент 5	1	0,2	4	0,667	2	0,5	1	0,6
Максимально	Ne,ma		Ve,ma		Nr,ma		Vr,avg,ma	
е значение	X		X		X		X	
	5		6		4		1,667	
Среднее		F1,avg		F2,avg		F3,avg		F4,avg
значение		0,48		0,7		0,7		0,75

Источник: составлено автором на основе CoPS-концепции (концепции сложного продукта и систем) [119],[174]

3) определение вариантов изменения сложности (компонента, модуля) продукта посредством: отказа от части компонентов, способствующих усилению физической сложности, на фоне сохранения баланса между функциональностью и физической сложностью, за счет комбинирования компонентов модульной архитектуры продукта – перемещениякомпонентов в

матрице: добавления функциональных возможностей, или уменьшение физической сложности в сторону диагонали; устранения компонента путем распределения его функций другим компонентам. Также как вариант может рассматриваться аутсорсинг: вновь сформированные компоненты могут быть приобретены в качестве отдельных компонентов, готовых к сборке в модуле продукта.

Исходя из позиции, что сложность — естественный атрибут современных корпоративных систем и продуктов производства, в авторском прочтении модель формирования системы создания продукта нового поколения может быть дополнена (таблица 82)

Таблица 82 – Модель управления сложностью PD-систем

Показатель	Система производства, инженерное	Операционный менеджмент,		
	проектирование	маркетинг		
Управление	развитие технологического	продукт в контексте стратегического		
	потенциала производителя	развития компании		
Цель	- достижние заданной	- формирование уникального		
	эфективности через сочетание	конкурентоспособного продукта		
	унифицированных и уникальных	посредством овладения структурным		
	элементов продукта	и функциональным продуктовым		
		разнообразием;		
		- достижение высоких финансовых		
		показателей эффективности:		
		маржинальной прибыли, добавленной		
		стоимости и др.		
Управление	- «оптимизация» базовой	- уменьшение SKU-единиц (единиц		
системами	концепции продукта, архитектуры	хранения);		
	продукта: ее состава и	- управление сложностью исходя из		
	взаимосвязей;	PLM-фазы;		
	- агрегации: модуляции групп	- градация продуктов по		
	производственных линий, групп	характеристикам		
	продуктов, имеющих общие			
	атрибуты и характеристики в их			
	семейства;			
Инструмен-	- PLC-матрица «продукт-процесс»,	данные PLM-систем и др., прогнозы		
тарий	- планирование ресурсного	продаж, таргет-костинг, АВС-анализ		
	обеспечения;			
	- спецификация продукта			
Критически	запасы компонентов и продукции	время выполнения заказа; чистый		

е вопросы	(сумма, стоимость); цена продажи,	доход; чистая стоимость, валовая
	себестоимость; время	полезность, стоимость приобретения,
	производства; распределительная	количество продаж, количество
	сеть; чистый доход и	рекламаций
	распределение затрат; стоимость	
	сложности	

Источник: систематизировано автором на основе CoPS-концепции (концепции сложного продукта и систем) [119],[174]

Использование данной модели позволяет обеспечить:

- градацию сложности на «хорошую» и «плохую», где: первая определяет рост стоимости как для производителей, так и для клиентов на фоне увеличения продуктового разнообразия, а вторая увеличение затрат на производство;
- управление разнообразием продукта посредством компромиса между: уникальным продуктом с высокими затратами и унифицированным продуктом с минимальными затратами.

Расмотрим на примере: 1. Оцениваются четыре фактора сложности, поэтому w=0,25. 2. Определяются значения коэффициентов маштабирования для каждого фактора сложности:  $\alpha' = \text{w/K}_1 = 0,5208$ ;  $\beta' = \text{w/K}_2 = 0,3571$ ;  $\gamma' = \text{w/K}_3 = 0,3571$ ;  $\delta' = \text{w/K}_4 = 0,3333$ . 3. Значение факторов сложности равно:  $\alpha = 0,33207$ ,  $\beta = 0,22770$ ,  $\gamma = 0,22770$ , и  $\delta = 0,21252$ . 4. Физическая сложность всех компонентов продукта: С компонент  $1 = 0,33207 \cdot 0,2 + 0,22770 \cdot 0,667 + 0,22770 \cdot 1 + 0,21252 \cdot 0,75 = 0,60531$ ; С компонент  $2 = 0,33207 \cdot 1 + 0,22770 \cdot 1 + 0,22770 \cdot 0,75 + 0,21252 \cdot 0,8 = 0,90057$ ; С компонент  $3 = 0,33207 \cdot 0,8 + 0,22770 \cdot 1 + 0,22770 \cdot 0,75 + 0,21252 \cdot 1 = 0,87666$ ; С компонент  $4 = 0,33207 \cdot 0,2 + 0,22770 \cdot 0,167 + 0,22770 \cdot 0,5 + 0,21252 \cdot 0,6 = 0,34573$ ; С компонент  $5 = 0,33207 \cdot 0,2 + 0,22770 \cdot 0,667 + 0,22770 \cdot 0,5 + 0,21252 \cdot 0,6 = 0,45958$ .

5. Найденная физическая сложность отражается в табличной форме.

Таблица 83 – Координаты функциональной и физической сложности (фрагмент)

Компонент	Функциональность	Физическая сложность
Компонент 1		
Компонент 2		
Компонент 3		
Компонент 4		
Компонент 5		

Источник: составлено с использованием матриц структуры проектирования сложного продукта М.Даниловича, Т. Браунинга [119]

В рамках выбранного подхода, все компоненты, которые отвечают за определенную функцию, идентифицируем и каждому из них, используя экспертную оценку, присваиваем значение, отражающее важность обеспечении соответствующей функции. компонента Фрагмент позволяющей функциональность архитектуры оценить модуля, его элементов/компонентов на каждом иерархическом уровне показан на рисунке 29.



Источник: разработано автором на основании фактических данных п/п

Рисунок 29 – Архитектура модуля (фрагмент)

Далее аналогично, используя формулу определения сложности продукта  $(C_{product})$  в структуре продукта на уровне отдельных компонентов, модулей, системы в целом,

2. Определяем физическую сложность процессов ( $C_{process}$ ). 3. Определяем физическую сложность систем ( $C_{system}$ ). 4. Определяем общую сложность путем суммирования вышеперечисленных уровней сложности:  $C = C_{product} + C_{process} + C_{system}$ . 5. Определяем затраты на сложность, принимая во внимание элементы, их количество, количество взаимосвязей. Формирование матрицы сложности в условиях альтернативного выбора предполагает градацию на: 1. Функциональную сложность —технологическую сложность; 2. Физическую сложность — определяется: сложностью продукта, сложностью производства.

Компоненты продукта, отвечающие за определенную функциональность продукта, заносятся в соответствующий квандрант матрицы.

С позиции сравнительного анализа (бенчмаркинга) ключевые показатели оценки реализации систем могут быть сгруппированы по показателям: а) качества и технологичности процессов, б) времени разработки, в) эксплуатационных характеристик производства, г) показателей производительности (таблица 84).

Таблица 84 — Структурирование показателей оценки на примере среднего машиносроения

Показатель	Определение	Ед. изм.	Значения в 2020-х гг.				
Качество продукта	Качество продукта						
Соответствие продуктов и процессов спецификации	соответствие конструкции автомобиля его проектной спецификации	измеряется в пределах диапазонов допусков	время доставки в течение временного интервала ожиданий покупателя				
Ректификация/ коррекция дефектов	доля продуктов, требующих устранения обнаруженных несоответствий	процент	Toyota ~ 20%; Rover~ 30% AbτoBA3~ 25%, ΓA3~ 25%				
	1						
Время разработки г	продукта /системы						
От концепции до утвержденного дизайна продукта	истекшее время от начала проекта до фиксированного дизайна продукта	месяцев	Toyota ~7 мес.; Rover~12мес. АвтоВАЗ~24-28 мес. ГАЗ~2-4 года				
От концепции до производства	время от начала проекта до начала производства	месяцев	Toyota ~ 30 mec.; Rover ~35 mec.				

Показатель	Определение	Ед. изм.	Значения в 2020-х гг.
Эксплуатационные	характеристики производст	ва	
Фактические часы работы	промежуточных операциях и окончательной сборке	часов в неделю	Nissan = 11 час.; Rover = 15час. AвтоВАЗ= 14 час., ΓΑЗ= 16 час.
Количество сборочных деталей/единиц	общее количество компонентов, необходимых для сборки TC	количество деталей	Fiat ~ 1650; Land Rover ~ 3000 ΑΒΤΟΒΑ3~ 2150, ΓΑ3~ 2350
••••			
Производительност	ть разработки продукта /сист	темы, на ед.;	
Сумма инженерных часов	человеко-часы, затраченные на разработку нового продукта	миллионы человеко-часов	Япония = 1,9 млн; Rover ~ 3 млн.
Количество прототипов	количество опытных образцов в одном проекте	количество	Audi = 40; Rover = 200+
Общая стоимость разработки	общая стоимость ресурсов	тыс.руб.	Audi = 6 904 Rover = 11 046
Стоимость разработки в расчете на единицу продукта	соотношение общих расходов на развитие к объему годовой программы производства	тыс.руб.на единицу	Ctvyller = 31 666 Rover = 55 232

Источник: систематизировано автором по данным официальных сайтов компаний (на основе [39])

Оценка эффекта выполняется посредством градации результатов: если  $N_{\phi a \kappa \tau} \geq N_{o \pi \tau u m m m}$ , то система «соответствует»; если  $N_{\phi a \kappa \tau} \leq N_{o \pi \tau u m m}$ , то система «не соответствует». Пороговые значения ТРМ могут определяться посредством эмпирики, методом распределения Паретто и др. (таблица).

С позиции сравнительного анализа ключевые показатели оценки эффективности реализации систем разработки продукта (интегрированных сетей компетенций) также позволяют оценить наличие (сформированность), а также значимость совместной компетенции, используя следующую последовательность шагов:

1 действие. Выделение показателей, используемых при оценке совместной компетенции (таблица 85):

Таблица 85 — Перечень показателей, используемых при оценке ключевых компетенций производителя

предприятия к стратегическому управлению (A)  А2. — Наличие/реализация на интеграционной/управленческой/технологической/техниче А3. — Наличие/реализация стратегического планирования предприятии;  А4. — Наличие «возможности» в области маркетинга. В степень адаптации предприятия к изменениям рынка, технологий и др.;  А5. — Способность предприятия к принятию стратегичесвязанных с изменением окружающей среды. Условно к обозначить как «гибкость в стратегическом управлении»  В1. — Технический уровень ведущих продуктов;  В2. — Владение патентами, ноу-хау;  В3. — Технический уровень оборудования; наличие изучаемого предприятия (В)  Технические должности»  Прибыльность бизнеса (С)  С1. — Общая сумма прибыли предприятия за исследуемый период;  С3. — Доля чистой прибыли относительно общей сумисследуемый период;  С4. — Доля прибыли относительно доходов от основниследуемый период  Способность  Опособность  Опособность  Опособность  Опособность  Опособность  Опособность  Опособность  Опособность  Опособность	предприятии еской стратегий; я/ управления на Включает в себя, маркетинговых ческих решений, категорию можно на предприятии м, занимающих период; ммы активов за ммы активов за
А2. — Наличие/реализация на интеграционной/управленческой/технологической/техниче А3. — Наличие/реализация стратегического планирования предприятии; А4. — Наличие «возможности» в области маркетинга. В степень адаптации предприятия к изменениям рынка, технологий и др.; А5. — Способность предприятия к принятию стратегичевязанных с изменением окружающей среды. Условно к обозначить как «гибкость в стратегическом управлении»  2 Основные технические возможности изучаемого предприятия (В) В1. — Технический уровень ведущих продуктов; В2. — Владение патентами, ноу-хау; В3. — Технический уровень оборудования; наличие технологического оборудования; наличие технологического оборудования; в4. — Доля сотрудников с высшим образованием «технические должности»  3 Прибыльность С1. — Общая сумма прибыли предприятия за исследуемый период; С3. — Доля валовой прибыли относительно общей сумисследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно общей сумисследуемый период; С5. — Совместная работа топ-менеджмента с сотрудника	еской стратегий; я/ управления на Включает в себя, маркетинговых ческих решений, категорию можно на предприятии м, занимающих период; ммы активов за ммы активов за
управлению (A)  интеграционной/управленческой/технологической/техниче А3. — Наличие/реализация стратегического планирования предприятии; А4. — Наличие «возможности» в области маркетинга. В степень адаптации предприятия к изменениям рынка, технологий и др.; А5. — Способность предприятия к принятию стратегичев связанных с изменением окружающей среды. Условно к обозначить как «гибкость в стратегическом управлении»  2 Основные технические возможности изучаемого предприятия (В) В1. — Технический уровень ведущих продуктов; В2. — Владение патентами, ноу-хау; В3. — Технический уровень оборудования; наличие и технологического оборудования; наличие и технологического оборудования; в д4. — Доля сотрудников с высшим образованием «технические должности»  3 Прибыльность С1. — Общая сумма прибыли относительно общей сумисследуемый период; С3. — Доля валовой прибыли относительно общей сумисследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно общей сумисследуемый период  4 Способность О1. — Совместная работа топ-менеджмента с сотрудника	еской стратегий; я/ управления на Включает в себя, маркетинговых ческих решений, категорию можно на предприятии м, занимающих период; ммы активов за ммы активов за
А3. — Наличие/реализация стратегического планирования предприятии; А4. — Наличие «возможности» в области маркетинга. В степень адаптации предприятия к изменениям рынка, технологий и др.; А5. — Способность предприятия к принятию стратегист связанных с изменением окружающей среды. Условно к обозначить как «гибкость в стратегическом управлении»  2 Основные технические возможности изучаемого предприятия (В) В1. — Технический уровень ведущих продуктов; В2. — Владение патентами, ноу-хау; В3. — Технический уровень оборудования; наличие и технологического оборудования; валичие и технологического оборудования; В4. — Доля сотрудников с высшим образованием «технические должности»  3 Прибыльность бизнеса (С) С1. — Общая сумма прибыли предприятия за исследуемый период; С3. — Доля валовой прибыли относительно общей сущисследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно общей сущисследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно доходов от основниследуемый период  4 Способность D1. —Совместная работа топ-менеджмента с сотрудника	я/ управления на Включает в себя , маркетинговых ческих решений, категорию можно  на предприятии м, занимающих период; ммы активов за ммы активов за
предприятии;	Включает в себя, маркетинговых ческих решений, категорию можно на предприятии м, занимающих период; ммы активов за ммы активов за
А4. — Наличие «возможности» в области маркетинга. В степень адаптации предприятия к изменениям рынка, технологий и др.;  А5. — Способность предприятия к принятию стратегич связанных с изменением окружающей среды. Условно к обозначить как «гибкость в стратегическом управлении»  В1. — Технический уровень ведущих продуктов; В2. — Владение патентами, ноу-хау; В3. — Технический уровень оборудования; наличие и технологического оборудования; валичие и технологического оборудования; в В4. — Доля сотрудников с высшим образованием «технические должности»  Прибыльность бизнеса (С)  С1. — Общая сумма прибыли предприятия за исследуемый п С2. — Доля валовой прибыли относительно общей сум исследуемый период; С3. — Доля прибыли относительно общей сум исследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно доходов от основниследуемый период  Способность  Опособность  Опособность  Опособность  Опособность  Опособность  Опособность  Опособность	, маркетинговых ческих решений, категорию можно на предприятии м, занимающих период; ммы активов за ммы активов за
степень адаптации предприятия к изменениям рынка, технологий и др.;  А5. — Способность предприятия к принятию стратегич связанных с изменением окружающей среды. Условно к обозначить как «гибкость в стратегическом управлении»  В1. — Технический уровень ведущих продуктов; В2. — Владение патентами, ноу-хау; В3. — Технический уровень оборудования; наличие и технологического оборудования; В4. — Доля сотрудников с высшим образованием «технические должности»  Прибыльность бизнеса (С)  С1. — Общая сумма прибыли предприятия за исследуемый п С2. — Доля валовой прибыли относительно общей сумисследуемый период; С3. — Доля прибыли относительно общей сумисследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно доходов от основниследуемый период  Способность  Основные технические должности»  С1. — Общая сумма прибыли относительно общей сумисследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно доходов от основниследуемый период  Способность Опособность общействая работа топ-менеджмента с сотрудника	, маркетинговых ческих решений, категорию можно на предприятии м, занимающих период; ммы активов за ммы активов за
технологий и др.; А5. — Способность предприятия к принятию стратегич связанных с изменением окружающей среды. Условно к обозначить как «гибкость в стратегическом управлении»  2 Основные технические возможности изучаемого предприятия (В)  3 Прибыльность бизнеса (С)  1 С1. — Общая сумма прибыли предприятия за исследуемый период; С3. — Доля чистой прибыли относительно общей сумисследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно доходов от основи исследуемый период  4 Способность  1 Способность Техническия уровень оборудования; наличие прибыли относительно общей сумисследуемый период; С3. — Доля валовой прибыли относительно общей сумисследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно доходов от основнисследуемый период  5 Способность Технический уровень оборудования; наличие прибыли относительно общей сумисследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно доходов от основнисследуемый период  5 Способность Технический уровень оборудования; наличие прибыли относительно общей сумисследуемый период; С5 — Доля прибыли относительно доходов от основнисследуемый период  6 Способность Технический уровень оборудования; наличие прибыли относительно общей сумисследуемый период; С5 — Доля прибыли относительно доходов от основнисследуемый период  6 Способность Технический уровень оборудования; наличие прибыли относительно общей сумисследуемый период; С5 — Доля прибыли относительно доходов от основнисследуемый период  6 Способность Технический уровень оборудования; наличие прибыли предприятия за исследуемый период	ческих решений, категорию можно на предприятии м, занимающих период; ммы активов за ммы активов за
технологий и др.; А5. — Способность предприятия к принятию стратегич связанных с изменением окружающей среды. Условно к обозначить как «гибкость в стратегическом управлении»  2 Основные технические В1. — Технический уровень ведущих продуктов; В2. — Владение патентами, ноу-хау; В3. — Технический уровень оборудования; наличие в технологического оборудования; валичие метехнологического оборудования; В4. — Доля сотрудников с высшим образованием «технические должности»  3 Прибыльность бизнеса (С) С1. — Общая сумма прибыли предприятия за исследуемый период; С3. — Доля чистой прибыли относительно общей сумисследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно общей сумисследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно доходов от основнисследуемый период  4 Способность D1. —Совместная работа топ-менеджмента с сотрудниках	ческих решений, категорию можно на предприятии м, занимающих период; ммы активов за ммы активов за
связанных с изменением окружающей среды. Условно к обозначить как «гибкость в стратегическом управлении»  2 Основные	на предприятии м, занимающих период; ммы активов за ммы активов за
связанных с изменением окружающей среды. Условно к обозначить как «гибкость в стратегическом управлении»  2 Основные	на предприятии м, занимающих период; ммы активов за ммы активов за
2         Основные технические возможности изучаемого предприятия (В)         В1. – Технический уровень ведущих продуктов; в2. – Владение патентами, ноу-хау; в3. – Технический уровень оборудования; наличие технологического оборудования; в4. – Доля сотрудников с высшим образованием «технические должности»           3         Прибыльность бизнеса (С)         С1. – Общая сумма прибыли предприятия за исследуемый период; С3. – Доля валовой прибыли относительно общей сущисследуемый период; С3. – Доля чистой прибыли относительно общей сущисследуемый период; С4. – Доля прибыли относительно доходов от основи исследуемый период           4         Способность         D1. –Совместная работа топ-менеджмента с сотрудника:	м, занимающих период; ммы активов за ммы активов за
2         Основные технические возможности изучаемого предприятия (В)         В1. – Технический уровень ведущих продуктов; в2. – Владение патентами, ноу-хау; в3. – Технический уровень оборудования; наличие технологического оборудования; в4. – Доля сотрудников с высшим образованием «технические должности»           3         Прибыльность бизнеса (С)         С1. – Общая сумма прибыли предприятия за исследуемый период; С3. – Доля валовой прибыли относительно общей сущисследуемый период; С3. – Доля чистой прибыли относительно общей сущисследуемый период; С4. – Доля прибыли относительно доходов от основи исследуемый период           4         Способность         D1. –Совместная работа топ-менеджмента с сотрудника:	м, занимающих период; ммы активов за ммы активов за
технические возможности изучаемого предприятия (В)  Прибыльность бизнеса (С)  Технический уровень оборудования; наличие и технологического оборудования; высшим образованием «технические должности»  Технические должности»  С1. — Общая сумма прибыли предприятия за исследуемый период; С3. — Доля чистой прибыли относительно общей сумисследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно общей сумисследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно доходов от основнисследуемый период  Способность В1. —Совместная работа топ-менеджмента с сотрудника:	м, занимающих период; ммы активов за ммы активов за
Возможности изучаемого предприятия (В) ВЗ. —Технический уровень оборудования; наличие птехнологического оборудования; В4. — Доля сотрудников с высшим образованием «технические должности»  3 Прибыльность бизнеса (С) С1. — Общая сумма прибыли предприятия за исследуемый период; С3. — Доля валовой прибыли относительно общей сущисследуемый период; С3. — Доля чистой прибыли относительно общей сущисследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно доходов от основнисследуемый период  4 Способность D1. —Совместная работа топ-менеджмента с сотрудника:	м, занимающих период; ммы активов за ммы активов за
изучаемого предприятия (В) В4. — Доля сотрудников с высшим образованием «технические должности»  3 Прибыльность бизнеса (С) С2. — Доля валовой прибыли относительно общей сущисследуемый период; С3. — Доля чистой прибыли относительно общей сущисследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно общей сущисследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно доходов от основнисследуемый период  4 Способность D1. —Совместная работа топ-менеджмента с сотрудника:	м, занимающих период; ммы активов за ммы активов за
предприятия (В)  В4. — Доля сотрудников с высшим образованием «технические должности»  3 Прибыльность бизнеса (С)  С1. — Общая сумма прибыли предприятия за исследуемый в С2. — Доля валовой прибыли относительно общей сумисследуемый период;  С3. — Доля чистой прибыли относительно общей сумисследуемый период;  С4. — Доля прибыли относительно доходов от основнисследуемый период  4 Способность  В4. — Доля сотрудников с высшим образованием стехнические должности»	период; ммы активов за ммы активов за
<ul> <li>«технические должности»</li> <li>Прибыльность бизнеса (С)</li> <li>С1. – Общая сумма прибыли предприятия за исследуемый период;</li> <li>С2. – Доля валовой прибыли относительно общей сумисследуемый период;</li> <li>С3. – Доля чистой прибыли относительно общей сумисследуемый период;</li> <li>С4. – Доля прибыли относительно доходов от основнисследуемый период</li> <li>Способность</li> <li>Способность</li> </ul>	период; ммы активов за ммы активов за
<ul> <li>Прибыльность бизнеса (С)</li> <li>С1. – Общая сумма прибыли предприятия за исследуемый период;</li> <li>С2. – Доля валовой прибыли относительно общей сумисследуемый период;</li> <li>С3. – Доля чистой прибыли относительно общей сумисследуемый период;</li> <li>С4. – Доля прибыли относительно доходов от основнисследуемый период</li> <li>Способность</li> <li>С1. – Общая сумма прибыли относительно общей сумисследуемый период;</li> <li>С4. – Доля прибыли относительно доходов от основнисследуемый период</li> <li>Способность</li> <li>Способность</li> </ul>	ммы активов за ммы активов за
бизнеса (С) С2. — Доля валовой прибыли относительно общей сущисследуемый период; С3. — Доля чистой прибыли относительно общей сущисследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно доходов от основнисследуемый период  4 Способность D1. —Совместная работа топ-менеджмента с сотрудника:	ммы активов за ммы активов за
исследуемый период; С3. – Доля чистой прибыли относительно общей сущисследуемый период; С4. – Доля прибыли относительно доходов от основнисследуемый период  4 Способность  D1. –Совместная работа топ-менеджмента с сотрудника:	ммы активов за
С3. — Доля чистой прибыли относительно общей сумисследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно доходов от основнисследуемый период  4 Способность  D1. —Совместная работа топ-менеджмента с сотрудника:	
исследуемый период; С4. — Доля прибыли относительно доходов от основи исследуемый период 4 Способность  D1. —Совместная работа топ-менеджмента с сотрудника:	
С4. – Доля прибыли относительно доходов от основи исследуемый период 4 Способность D1. –Совместная работа топ-менеджмента с сотрудника:	ного бизнеса за
исследуемый период 4 Способность D1. –Совместная работа топ-менеджмента с сотрудника:	
4 Способность D1. –Совместная работа топ-менеджмента с сотрудника:	noro onon <b>eca</b> sa
	MIL HOSTHOLIGE
предприятия к степень лояльности персонала предприятия к топ-менеджм	
предприятия к степень лояльности персонала предприятия к топ-менеджм управлению (D) D2. – Корпоративная культура;	снту,
равлению (D) — Корпоративная культура, D3. – Порядок принятия топ-менеджментом решений в	ипрастинноппой
сфере;	иньсстиционнои
D4. – Финансовый менеджмент на предприятии: ст	тепець парвития
адаптивности к окружающей среде;	тепень развития
разантивности к окружающей среде,  D5. – Управление затратами: способности топ-менеджмен	ura n aroŭ chene
степень технологичности;	на в этой сфере,
D6. – Отношения предприятия с заинтересованными сторог	JIOMIL TOKUMU KOK
	нами, такими как
поставщики, клиенты и т.д.  5 Конкурентоспособ- Е1. – Маркетинговые возможности отдела маркетинга;	
	o p rougermourned
	а в конкурентнои
(Е) борьбе;	TITO MILE
ЕЗ. — Сервисное обслуживание и взаимоотношения с клие	
Е4. — Соотношение числа продаж к общей численност	
среднем. Время, прошедшее от разработки новых продукто	ов до ввода его в
рынок;	
Е5. – Доля рынка основных продуктов	1
6 Способность F1. – Средняя стоимость основных производств	венных фондов,
предприятия к приходящаяся на одного работника;	
восприятию F2. – Доля высокотехнологичного оборудования;	
технических/техно- F3. – Доля экспорта в общем объеме продаж;	
логических F4. – Наличие технических инноваций, в том числе для про	
инноваций (F)	ислу работников
предприятия	
7 Способность G1. – Усилия топ-менеджмента по формированию сети, сис	стемы:

	предприятия в	G2. – Проводимые работы/результаты по формированию, развитию сети,
	интеграции	системы;
	деятельности (G)	G3. – Отношение расходов на мероприятия по интегрированномй
		разработке продукта к общей стоимости реализованной продукции;
		G4. – Устойчивое развитие предприятия в рамках реализации стратегии
		формирования сети, системы
8	Развитие кадрового	Н1. – Производительность труда работников;
	потенциала (Н)	Н2. – Увеличение расходов на обучение сотрудника в отчетном году по
		сравнению с базовым;
		Н3. – Доля внештатных сотрудников к общему числу сотрудников;
		Н4. – Кадровый потенциал персонала предприятия – наличие у сотрудников
		предприятия стратегического мышления, степень восприятия технических
		инноваций, способности работников применять на практике современные
		технологии
9	Способность	K1. – Разработка корпоративных информационных ресурсов (ERP), степень
	предприятия к	их применения;
	восприятию	K2. – Доля продаж «электронной коммерции» в общем объеме продаж
	информационных	предприятия;
	технологий (К)	К3. – Доля поставок «электронной коммерции» в общем объеме закупок
		предприятия;
		К4. – Развитие информационной системы управления на предприятии;
		К5. – Способность предприятия использовать информационный ресурс при
		сборе информации, при маркетинговых исследованиях

Источник: систематизировано автором на основе методологии формирования ключевых компетенций при разработке продукта Т.Браунинга, Э.Фрике и Х.Негеле [99], подхода к принятию решений по оптимизации разработки продукта Ф.Гольма [154], методики L.Qingdong (рассмотрена в [48])

лействие. Комплексная оценка ключевой компетениии использованием ранее выделенных показателей и определение веса каждого показателя. Bec каждого ИЗ факторов предлагается определять соблюдением иерархии производственного процесса:  $W_A = [A_1, A_2, A_3, A_4,$  $A_5$ ],  $W_B = [B_1, B_2, B_3, B_4]$ , др. и с использованием значений экспертных оценок:  $R = \{r_{ii}\}$ . Показатели позволяют качественно описать/оценить полученные результаты в диапазоне от «очень хорошо» до «очень плохо». При комментировании используются индексы: Р = {очень хорошо, хорошо, нормально, плохо, очень плохо . Далее переходят к комплексной оценке для каждой группы показателей по формуле:  $E_i = W_i \cdot R_i$ . Далее выполняется стоимостная оценка формируемой компетенции на основе полученных результатов по формуле:  $X = B \cdot F$ , где F –значения матрицы F = (A, B, C, D, B) $[E, F]^T$ . Полученный результат сверяется с критериями (авторский вариант). Если  $X \ge 9$ , то предприятие обладает «очень хорошими» основными компетенциями; если  $7 \le X \le 9$ , то компетенции предприятия находятся в

диапазоне от «очень хорошо» до «хорошо»; если  $5 \le X \le 7$ , то формируемые компетенции предприятия находятся в диапазоне между «хорошо» и «нормально»; если  $3 \le X \le 5$ , то формируемые компетенции предприятия находятся в между «хорошо» и «плохо»; если  $1 \le X \le 3$ , то формируемые компетенции предприятия между «плохо» и «очень плохо»; если  $X \le 1$ , формируемые компетенции предприятия имеют индекс «очень плохо» или основной компетенции на предприятии просто нет/не сформировано.

3 действие. Переход от «нечеткой оценки» к многоуровневой оценке по каждой группе показателей. Исходя из решения экспертов и данных, полученных в результате расчетов индексов (P = [очень хорошо, хорошо, нормально, плохо, очень плохо], а также совокупности комментариев, представленных с использованием матрицы  $F = (....)^T$ , формируется общий результат с использованием таблицы 86.

Таблица 86 – Пример совокупности расчетов наличия совместной компетенции, представленных с использованием матрицы F

Обозначение группы		Индекс группы		Номер каждого класса (стоимостная оценка ключевой компетенции)				
Обоз-е	Bec	Индекс	Bec	9 б.	7 б.	5 б.	3 б.	1 б.
A	0,044	$A_1$	0,3166	1	2	5	2	0
	•	$A_2$	0,0922	1	4	4	1	0
		$A_3$	0,0492	1	4	4	1	0
		$A_4$	0,4208	2	3	4	1	0
		$A_5$	0,1212	1	2	4	3	0
В	0,264	$B_1$	0,55	2	2	4	2	0
		$\mathbf{B}_2$	0,083	2	3	4	1	0
		$\mathbf{B}_3$	0,118	2	3	3	2	0
		$B_4$	0,249	3	3	3	1	0
С	0,034	$C_1$	0,055	1	2	4	2	1
		$C_2$	0,13	0	2	4	3	1
		$C_3$	0,252	0	2	4	2	2
		$C_4$	0,563	0	3	3	4	0
D	0,165	$D_1$	0,064	1	3	4	2	0
		$\mathbf{D}_2$	0,331	1	3	4	2	0
		$D_3$	0,18	0	3	4 5 5	2 2 3	0
		$D_4$	0,219	1	1		3	0
		$D_5$	0,134	1	3	3	3	0
		$D_6$	0,072	1	2	4	3	0
Е	0,188	$E_1$	0,058	1	2	3	4	0
		$E_2$	0,121	2	2	3	3	0
		$E_3$	0,088	1	2	4	3	0
		$E_4$	0,477	1	2	3	4	0

		$E_5$	0,256	2	4	2	2	0
F	0,072	$F_1$	0,165	1	3	4	2	0
		$F_2$	0,119	1	3	4	2	0
		$F_3$	0,06	1	3	3	3	0
		$\mathbf{F}_4$	0,281	1	3	4	2	0
		$F_5$	0,375	0	2	5	3	0
G	0,029	$G_1$	0,144	1	1	4	4	0
		$G_2$	0,505	1	2	3	4	0
		$G_3$	0,264	0	1	5	4	0
		$G_4$	0,087	0	2	4	4	0
Н	0,09	$H_1$	0,088	1	2	4	3	0
		$H_2$	0,482	1	2	5	2	0
		$H_3$	0,158	1	3	4	2	0
		$H_4$	0,272	1	2	5	2	0
K	0,114	$\mathbf{K}_1$	0,145	1	1	3	4	1
		$\mathbf{K}_2$	0,093	0	2	4	3	1
		$\mathbf{K}_3$	0,064	0	2	4	3	1
		$K_4$	0,441	1	3	3	3	0
		$K_5$	0,257	1	3	3	3	0

Источник: составлено по фактическим данным п/п на основе подхода К. Прахалада, Г.Хамеля [252], матодики L.Qingdong (рассмотрена в [48])

Используя данные таблицы, определяются веса индексов на примере группы А, значения которых соответствуют 0,3166; 0,0922; 0,0492; 0,4208; 0,1212. Составляется матрица:

$$F1 = \begin{pmatrix} 0.1 & 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.4 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.4 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0 \end{pmatrix}$$

Далее, используя формулу:  $B_1 = W_A \cdot R_1$ , формируется результирующее значение:  $B_1 = (0,142;\ 0,27;\ 0,432;\ 0,156;\ 0)$ . В соответствии с выше рассмотренным получаем выражения:  $B_2 = W_B \cdot R_2$ .;  $B_3 = W_C \cdot R_3$ ;  $B_4 = W_D \cdot R_4$ ;  $B_5 = W_E \cdot R_5$ ;  $B_6 = W_F \cdot R_6$ ;  $B_7 = W_G \cdot R_7$ ;  $B_8 = W_H \cdot R_8$ ;  $B_9 = W_K \cdot R_9$ . Итоговые значения каждой группы показателей сводятся с соблюдением аналитической иерархии производственного процесса к среднеарифметическим значениям. На основе полученных результатов выполняется стоимостная оценка сформированной компетенции по формуле:  $X = B \cdot F$ . При комментировании используются индексы:  $P = \{$ очень хорошо, хорошо, нормально, плохо, очень

плохо $\}$ . Совокупность комментариев представляется с использованием матрицы  $F = (9, 7, 5, 3, 1)^T$ .

4действие. Итоговый анализ. Так как полученный результат попадает в диапазон  $5 \le X \le 7$ , то вывод по анализу следующий: сформированные совместные компетенции предприятия находятся в диапазоне между «хорошо» и «нормально».

5 действие. Заключение по оценке. Оценка сформированной предприятия помогает топ-менеджменту предприятия выявить сильные и слабые стороны с целью дальнейшего развития конкурентоспособности предприятия на рынке, повышения его потенциала.

### Таким образом,

Методический подход к формированию системы разработки продукта на уровне производителя (в основе – стратегический ландшафт системы) включает: структурирование продукта (компонентное, функциональное) исходя из целевой стоимости альтернативных решений по продукту; моделирование конструктора РД-системы, структурирование сквозной эффективности цепочки создания стоимости; определение системы, эффектов); результирующая оценка стоимости (иных формирование альтернативных решений по развитию систем создания продукта:

Структурирование продукта. Общее структурирование продукта включает в себя представления о составе, функциональном обеспечении, свойствах, вариантной насыщенности продукта. В основе – процесс Браунфилда, известный как «процесс проектирования продукта», где последовательность структурирования пошагово представляем следующим образом: 1 Шаг. Формирование «карты компонентов» продукта. Вариантное решение ПО совокупности компонентов продукта выстраивается определенной иерархичностью: от подсистем к компонентам, к частям, к материалам /атрибутам/функциям/ параметрам, а затем, к набору их

стандартных значений исходя из заданной функциональности продукта. 2 Шаг. Картирование продукта. Возможный набор элементов продуктов(при компонентно-ориентированном подходе) отражается на карте компонентов, где, помимо, характеристик составных элементов продукта, в составные элементы (подмножества) системы, определяющие строение И функциональность вводится информация о типах материала, композициях, свойствах материала, степени его обработки (тепловая, химическая и др.); информация 0 технологическом процессе, процедурах И методах, применяемых при изготовлении компонентов продукта; технические условия и стандарты.

2 Этап: Моделирование конструктора PD-системы, структурирование сквозной цепочки создания стоимости: 3 Шаг: Моделирование элементного состава систем, вариантных решений по системам с привязкой подмножества систем к приращению стоимости. Цель — непрерывный контроль достижения запланированных затрат, денежное сравнение вариантов концепции, определение временных характеристик рабочих процессов.

3 Этап: Определение эффективности системы, результирующая оценка стоимости (иных эффектов) разработки продукта. Реализуется исходя из: затратного подхода, сравнительного анализа (бенчмаркинга), концепции бережливого производства.

разработки Технология определения стоимости продукта В машиностроении включает этапы: 1. Определение компонентной структуры продукта (процесса, системы), определение целевых затрат физических Определение функциональной компонентов; структуры (процесса, системы), ее градация на подфункции; 3. Присвоение отдельным подфункциям функциональных целевых затрат, значение которых рассчитываются на основе связи между функциями и компонентами путем умножения весов на общие целевые затраты. Для этого отдельные подфункции должны быть взвешены в соответствии с их релевантностью для потребителя; 4. Формирование различных вариантов компонентной структуры продукта исходя из функциональной структуры, определенной альтарнативными решениями. 5. Определение концепции продукта с последующей разработкой концепции процесса. где: Шаг 4. Определение «затрат на разработку» разбивается исходя из декомпозиции этапов методологии концептуального проектирования системы продукта на: 1: Изучение технических потребностей клиентов, затрат на приобретение и затрат на использование. 2: Установление технических и стоимостных требований. 3: Определение технических и стоимостных характеристик.

Шаг 5. Процедура выбора функциональной структуры реализуется исходя ИЗ сочетания технических И стоимостных характеристик. Выполняется структурирование продукта, включая создание функциональных структур и выбор лучших с технической и экономической точки зрения, посредством разработки матрицы решений. Выбор функциональной структуры продукта, основан на соотношении индексов технических и стоимостных характеристик включает: 1: Разработка матрицы решений (компонентных, функциональных); 2. Выбор функциональной структуры. 3. Формирование принципов решения для каждой функции, которые впоследствии объединяются для формирования альтернативных вариантов дизайна продукта. Шаг 6:Выбор альтернативы конструкции; Шаг 7: Разработка матрицы решений.

# 5. РЕШЕНИЯ ПО ФОРМИРОВАНИЮ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТА МАШИНОСТРОЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РОСТА ИХ СЛОЖНОСТИ

## 5.1. Организационные меры как предпосылки успешной разработки продукта в контексте стратегии освоения множества продуктов (семейства продуктов)

Возможные цели освоения множества отображены в таблице 87.

Таблица 87 – Традиционные цели разработки продукта, соответствующего варианту

Возможные цели	Объяснение				
Высокое внешнее	Различие между стандартными и вариантными компонентами и				
при низком	снижает внутреннее разнообразие. Внешнее разнообразие может				
внутреннем	быть увеличено за счет улучшенных вариантов комбинирования.				
разнообразии					
Снижение	Совокупностьунифицированных функций и вариантивность				
сложности	базовых компонентов снижает внутреннюю сложность за счет				
	уменьшения количества вариантных компонентов и их				
	уникальных взаимосвязей				
Эффекты	Различие между стандартными и вариантными компонентами, а				
масштабирования	также сокращение вариантных компонентов позволяет добиться				
	эффекта масштаба в производстве				
Конфигурация	Вариантные компоненты и дифференциация функций облегчают				
вместо	выбор конкретных комбинаций компонентов в зависимости от				
конструкции	потребностей клиента, заменяя конструкцию конфигурацией				
Поддержка	Стандартный объем, минимальное количество вариантов и				
стратегии	компонентов, а также упрощенная конфигурация поддерживают				
отсрочки	реализацию стратегии отсрочки				

Источник: систематизировано автором на основе методики разработки продукта К.Ульриха, С.Эппингера [305], решений по управлению процессом разработки продукта М.Шиллинга, К. Хилла [274]

Поиск вариантов решения осуществляется на уровне а) компонентов — снижаетс техническое разнообразие, дифференцировать «неблагоприятные» компоненты, суммировать компоненты, на которые влияют одни и те же отличительные особенности; б) на уровне принципов работы — поиск решения сосредоточен на принципах работы, соответствующие компоненты которых имеют высокую пропорциональную стоимость; в) на уровне вариантных функций —однозначная связь между функциями и компонентами в существующих семействах продуктов может быть легко создана или уже достигнута путем перепроектирования компонентов; г) на уровне формирования отличительных черт.

Управление вариативность осуществляется посредством реализации технических и организационных шагов. К техническим относят такие подходы как: акцент внимания на оптимизации существующего диапазона вариантов в смысле обслуживания продукта, создания идентичных деталей и или их конструкций; поиск новых вариантов на уровне отдельной детали или сборки, сокращение существующего диапазона вариантов с позиции обслуживания продукта; достижение функциональной вариативности за счет сочетания конструкции и конфигурации продукта как системы (таблица 88).

Таблица 88 – Обзор технических мер по управлению вариантами

Редизайн нескольких деталей в одну деталь	интегральная конструкция
Используйте как можно больше стандартных деталей в	стандартные части/элементы
одном продукте	
Использование деталей в различных продуктах	Повторные части
Стандартизация деталей одинаковой функции	Семейство деталей
Многократное использование деталей и схем сборок	Модульная система
Предотвращение специальных конструкций для	Серии
продуктов одинаковой функции	
Использование стандартных деталей	Стандартные детали

Источник: систематизировано автором на основе трудов Ф. Пиллера [249], Г.Паля, Ф.Бейтца [240], П.Смита [288]

Организационные меры как предпосылки успешной реализации технических мер включают: улучшение коммуникации между разработчиками аналогичных продуктов, оценку затрат исходя из вариативности эффектов; с позиции цепочки создания стоимости (оценка сложности процесса) (таблица 89).

Таблица 89 – Денежные подходы к оценке стоимости создаваемых вариантов продукта

Подход/автор	Описание	Преимущества / недостатки
Калькуляция	Аналог АВС метода. Затраты	Затраты распределяются по
производственных	распределяются по вариантам	продуктам в соответствии с их
затрат	продукта на основе причины	происхождением в отличии от
	(процесса)	классических систем учета
		затрат (учет фактических,
		нормальных или плановых
		затрат)
Pecypco-	Анализ процессов создания	Преимущество: визуализация
ориентированная	добавленной стоимости в	взаимосвязей между причиной
калькуляция	контексте растущего	затрат (драйвер сложности) и
затрат на процесс	ассортиментного разнообразия:	управлениемассортиментным
	1) процессы подразделяются на	разнообразием (причинное
	подпроцессы до момента	ценообразование). Однако
	устойчивой зависимости«ресурс	функциональные отношения
	– один фактор затрат»; 2)	должны определяться
	описание	постоянно из-за меняющихся
	взаимосвязи «потребление	рамочных условий
	ресурсов и стоимостью	(количества, процессов)
	подпроцесса»; 3) соотнесение	
	затрат на подпроцессы к	
	уровнюсложности	
Модель	Выделяет стоимость переменной	Сложно применить в
стоимости	сложности (затраты, зависящие	промышленности, поскольку
сложности	от объема) и затраты	усилия, затраченные на их
	фиксированной сложности	определение, неоправданы
	(зависят от дисперсии,	
	вариативности продуктового	
	ряда)	
Метод оценки	Причинное распределение	Оценочная модель дает
стоимости	затрат по вариантам продукта,	пользователю первоначальное
вариантных затрат	учет дополнительных затрат в	значение единовременных и

цепочке процессов. С позиции	текущих расходов,
сложности формируются нормы	возникающих при внедрении
затрат, которые используются	нового варианта продукта
для оценки вариативности	
ассортимента	

Систематизировано автором с использованием работ К.Бичльмайера [89], Л.Стирна, П.Грошеля [287], а т.ж. [65],[124],[276]

Основное внимание уделяется оценке затрат и, следовательно, причинному распределению затрат по вариантам продукта. Оценка сложности минимальна или вообще отсутствует.

В зависимости от результата различные подходы к управлению вариантами часто сводятся к реализации потенциала общности в архитектуре продукта (например, в общих компонентах продукта, технологий), общности технологий, общности дизайна Цель достижения общности продуктов — увеличить частоту повторения структуры продукта и избежать разнообразия вариантов на уровне деталей и сборки. Общность технологий преследует цель увеличения общей доли добавленной стоимости в семействе продуктов за счет повторного использования и рекомбинации различных продуктов и технологических процессов, при этом различая общность технологии продукта (функции с одинаковыми технологиями) и общность технологии производства (одинаковые производственные технологии для компонентов различных продуктов). Общность дизайна основана на идее возможности разрабатывать и производить новые продукты быстрее и экономичнее за счет повторного использования существующих решений, знаний и принципов на базе платформенного подхода.

Таблица 90 — Краткое суммирование подходов, связанных с развитием вариативности продуктов, формированием семейства продуктов

Методология/подх	Краткое изложение	Методология/подхо	Краткое изложение
од		Д	
Проектирование	Экспертно-ориентированный процесс,	Метод повторного	Основными шагами (инженерными
семейства	включающий этапы: 1. систематизация	дизайна семейства	решениями) метода являются: 1.
продуктов на	требований, PD-моделирование, 2. дизайн	продуктов (PFDR)	Моделирование продукта; 2. Извлечение
основе платформы	платформы, 3. варианты дизайна; 4. оценка		знаний; 3. Дизайн, синтез и оценка
	платформы, доработка		
Процесс	Моделирование семейства, включая:	Методология по	Уровни перехода при проектировании одного
формирования	1) технологию формирования семейства	образу «графов»	продукта, нескольких, семейства продуктов:
портфеля	продуктов; 2) разработку концепции продукта;	(авторского	Уровень 0. Автономные проекты; 1.
архитектур	3) формирование функциональной структуры	названия	Неформальная архитектура; 2. Управление на
	концепции продукта; 4) выделение «семейных»	методологии нет)	основе повторного использования стандартных
	функций; 5) разработку матрицы «семейство –		конструкций; 3. Явные архитектуры - не
	продукт»; 6) матричное построение архитектуры		используются повторно; 4. Непрерывное
	семейства 7) альтернативный выбор		развитие на основе архитектуры; 5. Разработка
	архитектуры		продукта, оценка эффективности системы
Метод	Процесс проектирования семейств продуктов	Комплексная	Разработка платформы включает в себя: 1)
исследования	включает в себя: 1. Создание сетки сегментации	разработка	определение общих черт по
концепции	рынка; 2. Систематизация факторов и	модульных	функциональности, технологии, геометрии,
платформы	диапазонов решений; 3. Создание и проверка	продуктовых	уровням; 2) планирование продуктов
продукта (РРСЕМ)	метамоделей; 4. Формирование совокупных	платформ	платформы; 3) определение структуры
	спецификаций платформ продукта; 5.		платформы; 4) разработка модулей. При
	Разработка платформы продукта, семейства		определении уровня геометрии авторы
	продуктов		выделяют стандартизацию пространства
			системы и интерфейсов

Методология	Формируется «лист модуля», который	Гибкий процесс	Процесс проектирования семейства продуктов
«модульных	рассматривает характеристику модуля (версия,	проектирования	состоит из этапов: 1. Определение вариантов;
слоев»	срок действия, соответствующие документы,	платформы (FPDP)	2. Определение ключевых атрибутов,
	варианты и опции, список использования,		связанных с неопределенностью, расчетных
	предполагаемые изменения), интерфейсы		переменных; 3. Оптимизация семейства
	модуля (геометрия, материал,) и		продуктов исходя из пропускной способности
	конфигурации модуля (ограничения). То есть		платформы; 4. Определение «критических»
	ключевые свойства семейства модульных		элементов платформы; 5. Создание гибких
	изделий поддерживаются с помощью различных		альтернатив дизайна платформы; 6.
	адаптаций/спецификаций		Определение стоимости альтернатив дизайна;
			7. Анализ неопределенности
Улучшение	Технико-экономическое обоснование, с	Комплексный	Определение «плана» продукта, его
семейства	использованием индекса общности и	дизайн семейства	дифференциации и общности с
продуктов	разнообразия	продуктов	использованием сетки сегментации рынка,
			индексов
Метод	Включает шаги: 1. Системный анализ всех	Рыночный метод	Этапами метода являются: 1. Создание сетки
проектирования	потребителей; 2. Сегментация рынка исходя из	проектирования	сегментации рынка; 2. Формирование модели
семейства	сравнительных преимуществ; 3. Анализ каждого	семейства	оценки спроса; 3. Создание модели оценки
продуктов,	сегмента; 4. Механизм реализации концепта; 5.	продуктов	производительности продукта; 4. Модель
состоящий из 2-го	Анализ результатов		максимизации прибыли
метода			
кластеризации			

Источник: систематизировано автором (на основе [22], [44], [50])

В концептуальном плане достижение общности обеспечивается:

- дифференциацией между вариантными и стандартными строгой компонентами, где стандартные компоненты имеют высокую пропорциональную стоимость, не изменяются и имеют большую использования в семействе продуктов; а вариантивные компоненты вносят значительный вклад в реализацию отличительной функции и недороги в производстве, их легко приобрести и хранить с небольшими усилиями. Преимущество строгой дифференциации между вариантными и стандартными компонентами проистекает из постепенного увеличения стоимости компонента с увеличением числа его вариантов, что определяет получение эффекта значительный стоимости.
- сокращением: 1) вариантных компонентов до такой степени, чтобы они содержали только элементы (геометрия, функциональные носители и т.д.), полностью необходимые для отображения отличительных признаков. 2) элементов, структурно разделенных и интегрированных в стандартную часть семейства продуктов. Последовательная реализация принципа позволяет минимизировать внутреннее разнообразие.
- сопоставлением один-к-одному. Структура продукта предполагает, что каждый вариантный компонент представляет ровно одну функцию и один отличительный признак. Это взаимно-однозначное назначение создает строительные блоки, которые полностью и независимо от других компонентов обеспечивают реализацию функции. Комбинация таких функциональных блоков (модулей) отвечает за выполнение общих функций. Преимущество в: 1) обеспечении возможности изменять характеристики отличительного признака путем замены одного компонента, 2) минимизации эффекта умножения, в результате чего количество вариантов компонентов уменьшается.
- практикоприменением критерия «развязка», предполагающего формирование структуры продукта, в которой все компоненты имеют несколько интерфейсов, стандартизированных, стабильных. Согласно замыслу,

конструкция предполагает, что каждый компонент может быть адаптирован для удовлетворения функциональных требований, не затрагивая другие функции. Структурирование таким образом обеспечивает соединение компонентов внутри модулей, а изменение одного компонента не вызывает изменения любого другого компонента.

Методологическим решением освоения множества вариантов выступает:

1. подход «масштабируемых платформ». В отличие от стандартных платформ продуктов, обеспечивает снижение себестоимости производства. Доказательной базой предложения выступает фактологический материал по реализации подхода «масштабируемых платформ» рядом производителей отрасли.

Таблица 91 – Концептуальное содержание конструктивной модульности

Варианты взаимоотношений	Объяснение взаимоотношений
Стандартизация интерфейсов	Существование совместимых интерфейсов для
	«связывания» модулей
Компонентная комбинация	Вариативность моделей модуля, сочетание которых
	позволяет формировать модельный ряд продукта
Стандартизация и унификация	Взаимозаменяемость модулей в семействе продуктов
модулей	
Независимость субэлементов	Независимость конструктивной модульности
«Функциональная привязка»	Отображение функциональных характеристик продукта
	заложено в его физических элементах

Источник: систематизировано автором (на основе [57])

2. использование конфигураторов продуктов — рекомбинация существующих элементов модульной архитектуры продукта. На практике реализация идеи возможна в виде расширенных каталогов продуктов с условно фиксированным набором компонентов продуктового ряда (таблица 91).

## 5.2. Формирование совместной платформы «продукт – производство» в условиях вариантности оценки ее стоимости

Достижение соизмеримости затрат и получаемых положительных эффектов по проекту «система разработки продукта» возможно за счет синтеза продуктовых и производственных платформ посредством формирования совместной платформы.

Идея предлагает охват нескольких методологий проектирования систем: комплексное проектирование «продукт-производство» (соответствующая варианту структурирования продукта).

Классическая методология моделирования систем «продуктпроизводство», предлагаемая в трудах ряда авторов, включает в себя:

1. Характеристику продукта с позиции параметров процессов, определения исходных характеристик систем (таблица 92).

Таблица 92 – Пример входных данных для модели

Производственные	П	оизвод	ственн	ые	Продукт	Возможности					
системы		возмож	кности		производства	продукта/функциональнальн.					
	C 1	C 2		C n		F 1	F 2		Fm		
MS 1	1	0		1	Prod. 1	1	0		0		
MS 2	0	0		1	Prod. 2	1	1		0		
••••					••••						
MSn	1	1		1	Prod. n	0	0		1		

Источник: систематизация основывается на модели Х.ЭльМараги, Г.Шуха [134,135], данных п/п

Разрабатываемый продукт представляется в виде условий для системы, которые влияют на продукт и весовых коэффициентов: Product =  $f(g_1C_1, g_2C_2 ...$ g<sub>n</sub>C<sub>n</sub>). В базовой моделе «условия производства-весовые коэффициенты» отдельные возможности (например, параметры продукта) системы обозначаются  $C_1, C_2, ..., C_n$ , а весовые коэффициенты назначаются от  $g_1$  до  $g_n$ . Функциональные возможности продукта  $(F_1, F_2, ..., F_n)$  соотносятся с его посредством подбора альтернативных параметрами производственных процессов (модулей процессов) для их создания. Это обеспечивает улучшения и дополнения в конструкции из-за производственных ограничений или условий

продукта, например, при производстве рентабельного продукта. Ограничение: с производственно-технической точки зрения производственные процессы редко затрагивают весь компонент (модуль), скорее, процессы влияют только на области компонента. Исходя из чего, невозможно сразу определить влияние процесса на конкретные функции. Поэтому сначала отображаются взаимосвязи между функциональными возможностями компонента в виде модели, где сама функция описывается более подробно с использованием ее характеристик как геометрической природы (допуски формы, положения и размеров), так и технологической составляющей (геометрическое положение элемента компоненте, соотношение глубины / ширины), материальной, а также физических и химических свойств элементов (твердость поверхности, шероховатость, условия термообработки) и т. д.С помощью этих цепочек описывается влияние производственного процесса на функциональные возможности и цели продукта.

2. Создание производственной цепочки производственного процесса — соотнесение областей разработки продукта с точки зрения возможностей продукта (F) и его производства — с точки зрения производственных возможностей (C). В таблице 93 показан пример ассоциативной матрицы для набора данных по производственным возможностям и функциям продукта.

Таблица 93 – Пример матрицы ассоциаций в имитационной модели

		Возможности	продукта/функ	щиональнально	ость	
		F 1	F 2	F 3	F 4	F 5
нн	C 1	1	0	0	0	1
0 0	C 2	0	0	0	1	0
ожно	C 3	1	0	1	0	0
3BO	C 4	0	0	0	0	1
000.	C 5	0	1	0	0	0
Пр	C 6	1	1	0	0	0

Источник: составлено автором, на основыве модели Х.ЭльМараги, Г.Шуха [134,135], данных п/п

Выявление переменных матрицы ассоциации, удовлетворяющих отношениям «функция продукта – производственная возможность».

После сопоставления характеристик продукта, который должен быть изготовлен с используемыми производственными процессами, необходима: • Генерация альтернативных технологических цепочек; • Подбор средств производства; • Создание производственных альтернатив; • Выбор из производственных альтернатив результирующего решения. Для производства продукта соответствующие производственные ресурсы закрепляются за производственными технологиями, и создаются альтернативные производственные решения.

Базовая коэффициенты» «условия производства-весовые модель дополняется целей взаимосвязями ПО продукту. Продукт должен соответствовать определенному количеству целей – РZ<sub>1</sub> ... РZ<sub>a</sub>. Назначение определяется несколькими функциональными возможностями продукта PF<sub>1</sub> ... PF<sub>b</sub> и их выполнением. Влияние отдельных функций продукта на назначение продукта имеет разные веса gPF<sub>1</sub> ... gPF<sub>b</sub>. Функциональные возможности изделия также определяются разной степенью выполнения Е<sub>1</sub> ... Ес.. Формально взаимосвязи формируются в привязке к цели, обеспечения функциональности, отдельных характеристики систем:

PF1 ... b = f (g E1 \* E1 g; E 2 \* E2 ... g Ec \* Ec) (функциональные возможности продукта в привязке к цели)

$$E1 ... c = f(M 1; M 2 ... M m)$$
 (свойства)

где М 1 ... m = f (FP 1 ... FPn) отдельные характеристики,

Веса переменных описываются коэффициентами gPF, E.

Важность каждого отдельного элемента выражается весовыми коэффициентами весом связи gx и весом шага gxn, которыеопределяются эмпирически. Базовые расчеты выполняют по всей цепочке добавленной стоимости. Весовые коэффициенты уровней рассчитываются из сумм весов отдельных связей в цепочке эффектов.

3. Определение производственных возможностей системы, не связанных с формированием функций продукта. Каждая производственная технология в

производственной цепочке имеет различные параметры, такие как переменная скорость резания или допуск обработки поверхности. Эти переменные означают, что одни и те же производственные операции могут осуществляться разными, альтернативными процессами. Переменными процесса выступают рабочие параметры, характеризующиесяуправляемыми переменными (например, скорость резания инструмента) и неопределенными состояниями (температура в помещении, изменения свойств материала и инструмента). Управляемая переменная с неопределенным состоянием может принимать любое значение в указанном диапазоне. Цель – сформировать полный перечень переменных и предполагаемых неопределенных состояний, разбить диапазон значений переменных на интервалы с разной степенью достигаемой значимости – диапазонзначений указывается, например, в спецификациях производителя инструмента. Полученные альтернативные конструкции формируют три типа альтернативных процессов: технологически возможные альтернативы, альтернативы, которые не реализуемы технологически и недопустимы, • технологические альтернативы, не связанные с формированием функций продукта – осуществимы, НО не соответствуют требуемым характеристикам. Использование метода планирования экспериментов (DoE) Тагучи позволяет ограничить до минимума количество альтернатив. Количество необходимых вариантов альтернатив процесса, определяется в зависимости от автора: как минимальное + 1; не менее 5 - 10.

4. Изменение производственной системы в рамках формирования совместной платформы (где совместная платформа совокупность синтезированных полученных производственных систем, посредством сопоставления компонентов/функциональных возможностей продуктовых и производственных платформ, в том числе компонентов платформенных и неплатформенных машин/продуктов, функции где И компоненты непродуктов сопоставляются в платформенных разные периоды неплатформенными машинами для учета изменений и настройки семейства продуктов и соответствующей производственной системы). Причем, требуемые параметры и их влияние должны быть четко различимы и представлены при назначении их конкретным альтернативным процессам. В зависимости от использования источников информации, разброс значений промежуточных состояний отдельных элементов системы в зависимости от имеющегося качества опыта м.б.:  $\sigma = 1\%$  точное знание значения (например, «5»);  $\sigma = 25\%$  приблизительное знание значения (например, «приблизительно 5»);  $\sigma = 50\%$  приблизительное знание диапазона значений (например, «примерно от 4 до 6»);  $\sigma = 75\%$  оценка стоимости (например, «оценочно 5»)

Взгляд на проблему реализации отдельного проекта с уровня PD-системы позволил:

- 1) отметить низкую долю запараллеливания производственных процессов по факту очевиден недостаток выравнивания процессов для максимизации общей эффективности, отсутствие инженерного сотрудничества;
- 2) выделить факторы влияния время, процессы, затраты, сложность продукта. Пример из практики процесса в таблице 94.

Таблица 94 — Время работы на партию сегрегированной и интегрированной производственной системы

	операц ия 1	операц ия 2	операц ия 3	операц ия 4	Двойное рабочее
	ия 1	ия 2	ия 3	ил 4	пространство МТР
Время переналадки, переключения на партию tco, j(мин)	5,0	20,0	10,0	10,0	25,0
Время смены детали на деталь twc,(мин)	0,2	0,3	0,3	0,1	0,4
Время обработки заготовки tp, ј (мин)	0,5	1,0	0,3	0,3	1,3
Время производства партии top, ј (мин)	75,0	150,0	70,0	50,0	195,0

Источник: составлено автором, на основе подходов М.Андреасена [75], Х.ЭльМараги, Г.Шуха [134,135], С.Грюнвальда [161], данных  $\pi/\pi$ 

При том, что интеграция технологий «продукт-производство» эффективна, если переменные косвенные затраты создаваемой технологической платформы меньше порогового значения затрат соотверствующих объемов выпуска. Этот порог определяется переменными косвенными затратами на

последовательную цепочку уникальных однотехнологичных единиц учета. В рассматриваемом проекте – 2 019 432 руб. против 606 508 руб.

Для больших количеств продукции, при принятии решений, необходимо соотношение затрат и производительности. Как показывает исследование, отношение затрат к производительности интегрированной меньше, чем отношение затрат к производительности системы также сегрегированной системы. Следовательно, проектирование технологической платформы «продукт производство» определяет более высокую рентабельность любого Более ДЛЯ количества продукции. интегрированная система обладает меньшей переменной непрямой косвенной стоимостью для любого количества продукции. Учитывается изменение времени обработки по количеству обрабатываемых заказов в предположении экспоненциально распределенного времени поступления заказов и времени транспортировки  $t_{tr}$  в отдельной производственной системе. Недостатком решения является превышение времени пропускной способности отдельной интегрированной системы. Объяснение следующее: среднее использования одной мульти-технологической платформы и, следовательно, риск ожидания возрастают более резко, чем среднее использование отдельных платформ. Помимо значений критической мощности, мульти-технологические платформы интегрированной производственной системыза счет параллельности позволяют последовательно сокращать среднее использование интегрированной производственной системы. Однако из-за неравного распределения рабочей нагрузки с одной технологией «среднее использование» остается на более отдельной производственной высоком уровне рамках Следовательно, в отдельной производственной системе происходит более высокая степень ожидания, что приводит к увеличению времени пропускной превышающему работы интегрированной способности. время производственной системы.

Экономическая эффективность интеграции платформ в зависимости от производительности и стоимости отдельной производственной системы,

отдельных производственных технологий, может быть успешно применена к большим объемам выпускаемой продукции, выходящим за пределы производительности единой многоцелевой платформы.

Соотнесение вопроса интеграции технологий, систем, платформ на PD позволило определить:

- 1. Поздние изменения в конструкции отдельных деталей на заключительных этапах проекта, во многих случаях в процессе сборки, неэффективны и затратны.
- 2. Поздние изменения приводят к необходимости модификации корпоративных систем поставщиков, что сказывается на сроках поставки деталей.

Поздние изменения являются значимым фактором отложенных решений и процессов. Чтобы систематически избегать этих проблем, команда должна сосредоточиться на техническом согласовании «в начале проекта», а затем вернуться к нерешенным задачам и предотвратить поздние изменения. Принципы технического согласования решений с «начала проекта» при параллельном проектировании систематизированы в таблице 95.

Таблица 95 — Создание стоимости в процессе разработки продукта с позиции проектирования системы\*

Категория	Выявленные этапы, изменения,принципы										
1. Стратегическое	а) формирование портфеля проектов										
целеполагание и	определение потребительской ценности проектов										
согласование	в) соотнесение проектов по формируемой добавленной стоимости										
	г) концептуализация										
2. Картирование,	а) структурирование, декомпозиция системы на технические и										
дизайн	стоимостные характеристики										
	б) определениефункциональных характеристик систем										
	в) определение направленийусовершенствования подсистем и										
	компонентов										
	г) управление изменениямина основе накопленных компетенций,										
	технологического задела										
3. Комплексное	а) разработка альтернатив для подсистем / компонентов, определение										
проектирование	компромиса										

решениям в) формирование множества возможных комбинаций подсистем для снижения неопределенности г) прототипирование (физическое / параметрическое); определение альтернатив решений по стоимости, качеству и производительности д) оценка альтернатив дизайна, отсев слабых е) формирование базы знаний по проекту ё) возможные изменения по проекту а) определение точек пересечений возможных решений, включая совместимость и взаимозависимости между компонентами б) формирование минимальных ограничений: использование диапазонов размеров, баз допусков, нормативов в спецификациях в) обеспечение концептуальной устойчивости системы к физическим, рыночным и конструктивным изменениям г) одновременное проектирование бережливого продукта и бережливого производства  5. а) Постепенное увеличение детализации вкупе с параллельным сужением наборов предложений по изменениям б) унификация решений для различных наборов предложений по изменений, изменениямдо уровня подсистем в) фиксациявсененных изменений	PD-системы	б) формирование графика работпо выделенным альтернативным
снижения неопределенности г) прототипирование (физическое / параметрическое); определение альтернатив решений по стоимости, качеству и производительности д) оценка альтернатив дизайна, отсев слабых е) формирование базы знаний по проекту ё) возможные изменения по проекту  4. Интеграция подмножеств решений а) определение точек пересечений возможных решений, включая совместимость и взаимозависимости между компонентами б) формирование минимальных ограничений: использование диапазонов размеров, баз допусков, нормативов в спецификациях в) обеспечение концептуальной устойчивости системы к физическим, рыночным и конструктивным изменениям г) одновременное проектирование бережливого продукта и бережливого производства  5. а) Постепенное увеличение детализации вкупе с параллельным сужением наборов предложений по изменениям б) унификация решений для различных наборов предложений по изменений, изменениямдо уровня подсистем		решениям
г) прототипирование (физическое / параметрическое); определение альтернатив решений по стоимости, качеству и производительности д) оценка альтернатив дизайна, отсев слабых е) формирование базы знаний по проекту ё) возможные изменения по проекту е) возможные изменения по проекту  4. Интеграция а) определение точек пересечений возможных решений, включая совместимость и взаимозависимости между компонентами б) формирование минимальных ограничений: использование диапазонов размеров, баз допусков, нормативов в спецификациях в) обеспечение концептуальной устойчивости системы к физическим, рыночным и конструктивным изменениям г) одновременное проектирование бережливого продукта и бережливого производства  5. а) Постепенное увеличение детализации вкупе с параллельным сужением наборов предложений по изменениям б) унификация решений для различных наборов предложений по изменений, изменениямдо уровня подсистем		в) формирование множества возможных комбинаций подсистем для
альтернатив решений по стоимости, качеству и производительности д) оценка альтернатив дизайна, отсев слабых е) формирование базы знаний по проекту ё) возможные изменения по проекту  4. Интеграция подмножеств совместимость и взаимозависимости между компонентами б) формирование минимальных ограничений: использование диапазонов размеров, баз допусков, нормативов в спецификациях в) обеспечение концептуальной устойчивости системы к физическим, рыночным и конструктивным изменениям г) одновременное проектирование бережливого продукта и бережливого производства  5. а) Постепенное увеличение детализации вкупе с параллельным сужением наборов предложений по изменениям б) унификация решений для различных наборов предложений по изменениям, изменениямдо уровня подсистем		снижения неопределенности
д) оценка альтернатив дизайна, отсев слабых е) формирование базы знаний по проекту ё) возможные изменения по проекту  4. Интеграция подмножеств совместимость и взаимозависимости между компонентами б) формирование минимальных ограничений: использование диапазонов размеров, баз допусков, нормативов в спецификациях в) обеспечение концептуальной устойчивости системы к физическим, рыночным и конструктивным изменениям г) одновременное проектирование бережливого продукта и бережливого производства  5. а) Постепенное увеличение детализации вкупе с параллельным сужением наборов предложений по изменениям б) унификация решений для различных наборов предложений по изменений, изменениямдо уровня подсистем		г) прототипирование (физическое / параметрическое); определение
<ul> <li>е) формирование базы знаний по проекту</li> <li>й) возможные изменения по проекту</li> <li>4. Интеграция подмножеств совместимость и взаимозависимости между компонентами</li> <li>б) формирование минимальных ограничений: использование диапазонов размеров, баз допусков, нормативов в спецификациях в) обеспечение концептуальной устойчивости системы к физическим, рыночным и конструктивным изменениям г) одновременное проектирование бережливого продукта и бережливого производства</li> <li>5. а) Постепенное увеличение детализации вкупе с параллельным сужением наборов предложений по изменениям</li> <li>б) унификация решений для различных наборов предложений по изменениям</li> </ul>		альтернатив решений по стоимости, качеству и производительности
<ul> <li>ё) возможные изменения по проекту</li> <li>4. Интеграция подмножеств совместимость и взаимозависимости между компонентами</li> <li>б) формирование минимальных ограничений: использование диапазонов размеров, баз допусков, нормативов в спецификациях в) обеспечение концептуальной устойчивости системы к физическим, рыночным и конструктивным изменениям г) одновременное проектирование бережливого продукта и бережливого производства</li> <li>5. а) Постепенное увеличение детализации вкупе с параллельным сужением наборов предложений по изменениям</li> <li>б) унификация решений для различных наборов предложений по изменениям</li> <li>б) унификация решений для различных наборов предложений по изменениям</li> </ul>		д) оценка альтернатив дизайна, отсев слабых
<ul> <li>4. Интеграция подмножеств подмножеств решений взаимозависимости между компонентами б) формирование минимальных ограничений: использование диапазонов размеров, баз допусков, нормативов в спецификациях в) обеспечение концептуальной устойчивости системы к физическим, рыночным и конструктивным изменениям г) одновременное проектирование бережливого продукта и бережливого производства</li> <li>5. а) Постепенное увеличение детализации вкупе с параллельным сужением наборов предложений по изменениям б) унификация решений для различных наборов предложений по изменениям изменениям о уровня подсистем</li> </ul>		е) формирование базы знаний по проекту
подмножеств совместимость и взаимозависимости между компонентами б) формирование минимальных ограничений: использование диапазонов размеров, баз допусков, нормативов в спецификациях в) обеспечение концептуальной устойчивости системы к физическим, рыночным и конструктивным изменениям г) одновременное проектирование бережливого продукта и бережливого производства  5. а) Постепенное увеличение детализации вкупе с параллельным сужением наборов предложений по изменениям б) унификация решений для различных наборов предложений по изменениям изменениям о уровня подсистем		ё) возможные изменения по проекту
решений б) формирование минимальных ограничений: использование диапазонов размеров, баз допусков, нормативов в спецификациях в) обеспечение концептуальной устойчивости системы к физическим, рыночным и конструктивным изменениям г) одновременное проектирование бережливого продукта и бережливого производства  5. а) Постепенное увеличение детализации вкупе с параллельным сужением наборов предложений по изменениям б) унификация решений для различных наборов предложений по изменений, изменениямдо уровня подсистем	4. Интеграция	а) определение точек пересечений возможных решений, включая
размеров, баз допусков, нормативов в спецификациях в) обеспечение концептуальной устойчивости системы к физическим, рыночным и конструктивным изменениям г) одновременное проектирование бережливого продукта и бережливого производства  5. а) Постепенное увеличение детализации вкупе с параллельным сужением наборов предложений по изменениям б) унификация решений для различных наборов предложений по изменениям, изменениямдо уровня подсистем	подмножеств	совместимость и взаимозависимости между компонентами
в) обеспечение концептуальной устойчивости системы к физическим, рыночным и конструктивным изменениям г) одновременное проектирование бережливого продукта и бережливого производства  5. а) Постепенное увеличение детализации вкупе с параллельным сужением наборов предложений по изменениям б) унификация решений для различных наборов предложений по изменениям, изменениямдо уровня подсистем	решений	б) формирование минимальных ограничений: использование диапазонов
рыночным и конструктивным изменениям г) одновременное проектирование бережливого продукта и бережливого производства  5. а) Постепенное увеличение детализации вкупе с параллельным сужением наборов предложений по изменениям б) унификация решений для различных наборов предложений по изменений, изменениямдо уровня подсистем		размеров, баз допусков, нормативов в спецификациях
г) одновременное проектирование бережливого продукта и бережливого производства  5. а) Постепенное увеличение детализации вкупе с параллельным Спределениецеле сужением наборов предложений по изменениям  б) унификация решений для различных наборов предложений по изменений, изменениямдо уровня подсистем		в) обеспечение концептуальной устойчивости системы к физическим,
5. а) Постепенное увеличение детализации вкупе с параллельным Определениецеле сужением наборов предложений по изменениям  б) унификация решений для различных наборов предложений по изменений, изменениямдо уровня подсистем		рыночным и конструктивным изменениям
5. а) Постепенное увеличение детализации вкупе с параллельным Определениецеле сужением наборов предложений по изменениям сообразности б) унификация решений для различных наборов предложений по изменений, изменениямдо уровня подсистем		г) одновременное проектирование бережливого продукта и бережливого
Определениецеле сужением наборов предложений по изменениям б) унификация решений для различных наборов предложений по изменений, изменениямдо уровня подсистем		производства
сообразности б) унификация решений для различных наборов предложений по изменений, изменениямдо уровня подсистем	5.	а) Постепенное увеличение детализации вкупе с параллельным
изменений, изменениямдо уровня подсистем	Определениецеле	сужением наборов предложений по изменениям
**	сообразности	б) унификация решений для различных наборов предложений по
принятие в) фиксациявсененных изменений	изменений,	изменениямдо уровня подсистем
,	принятие	в) фиксациявсененных изменений
решения г) управление неопределенностью у технологических ворот качества	решения	г) управление неопределенностью у технологических ворот качества
д) оценка окончательных комплектов изменений		д) оценка окончательных комплектов изменений
е) планирование процесса производства		е) планирование процесса производства
ё) разработка окончательной спецификации		ё) разработка окончательной спецификации

Источник: разработана автором на основе метода управления процессами разработки продукта, ориентированного на результат П.Ноэля [235]

## Оценивая существующий научный задел, приходим к выводу:

- 1. Технологии обеспечивают проектирование производственной системы «под создаваемый продукт»;
- 2. Традиционные методологии подразумевают наличие производственной системы с вариантом ее реконструкции под проект.

<sup>\*</sup> по мнению экспертов около 62% задач при разработке продукта бездействующие, а процессы дискретны;

<sup>\*\*</sup> при декомпозации задач характерен существенный процент шагов не привносящих непосредственный вклад в ценность и попадающих в категорию поддержки. Сложность в том, что высокоуровневая перспектива показывает, что все задачи непосредственно вносят вклад, а более точное разложение одного и того же процесса выявляет неценностные действия (1999).

<sup>\*\*\*</sup> визуализация создания стоимости при разработке продукта в виде этапов процесса, подразумевая, что не существует единого определения «процесса разработки продукта» на каком-либо уровне, при этом процент задач, которые затрагивают различные аспекты ценности, заметно различается от программы к программе и от процесса к процессу.

<sup>\*\*\*\*</sup> итоговая ценность обеспечивается посредством таких механизмов, как экономия от масштаба, синергизм операций, совместное использование ресурсов, повторное использование существующих решений.

платформы Авторский подход К формированию совместной посредством синтеза продуктовых и производственных платформ, основанный предполагает использование альтернативного СЕ-подходе, основанного на формировании ассоциаций между различными функциями продукта и производственными возможностями посредством идентификации возможностей системы производства, связанных с формированием каждой функции продукта в виде: 1) суммы унифицированных компонентов, элементов, модулей архитектур продукта и производственной системы на первоначальных этапах в рамках СЕ-подхода; 2) выделения элементов систем, отвечающих за уникальные функции системы.

Методический подход основан на использовании:

- общности элементов систем с целью сокращения времени отдельной операции и повышения производительности, пропускной способности и использования производственных систем;
- «Правила ассоциаций», в данном исследовании реализуемого в два
   этапа: 1) генерация типичных элементов системы; 2) генерация дополнительного набора элементов систем, отвечающих за их уникальную функциональную насыщенность.
- Матричного моделирования систем, позволяющего отражать взаимосвязи между взаимозависимостью «продукт система создания продукта производственная система», используя двойную кодировку (элементы «1», «0»), где бинарный элемент со значением «1» показывает возможности системы производства сформироватьі-ю функцию продукта (в обратном случае «0»).

Цель – выстроить производственную систему под функциональные характеристики производимого продукта, тем самым сократив уровень незавершенного производства в потоке и увеличив производительность труда.

В случае реализации подхода, исходными данными выступают: 1. Объем производства; 2. Категория «функции» производственной системы; 3. «Машинные возможности» – включают в себя рабочие размеры машины,

доступную мощность, точность машины, максимальное количество используемых инструментов и т.д. 4. Точность станка/центра/системы определяется как отклонение положения режущего инструмента от истинного или стандартного значения. 5. «Платформенные машины» — набор машин и компонентов систем производства. В контексте исследования фактический эксперимент помоделированию систем «продукт-производство» в рамках классической методологии выполняем поэтапно.

1 Этап. Формируется матрица производимых продуктов, где приводятся исходные параметры их механической обработки.

Таблица 96 – Пример матрицы агрегирования компонентов продукта

Продукт	Особенность	Направление	Вари	анты г	іродук	та						
	обработки	инструмента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	плоская	-cos φ, 0, sin	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
	поверхность	φ										
2	фигурная поверхность	-cos φ, 0, -sin φ	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
••••												

Источник: основано на Х.ЭльМараги [134,135]

2 Этап. Разрабатывается матрица обработки поверхности продукта – показателей Ra.

Таблица 97 – Матрица характеристик продукта

Процесс		Варианты продукта																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Процесс 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Процесс 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Источник: разработана автором на основе предоставления данных п/п матричным способом [148]

При этом значение сравнивается с минимальным и максимальным средним значениями Ra-характеристиками. Средний параметр Ra предоставляется только для функций продукта, требующих отделочных операций. Характеристики продукта с черновой обработкой будут иметь только «х», как показано в нижней части таблицы.

3 Этап. Формируется функциональная матрица «в связке» характеристик элементов продукта с технологией производства (таблица 98).

Таблица 98 – Характеристики элементов продукта в связке с технологией производства

	та,	O	СЬ					Про	оцесс	;			Характерист	Мощно	Геом	етрич	ческ	Харак-ка
	элемента												ика	сть	ий	доі	туск	размерн
	Ie												заготовки	обработ	(MM)			ого
HT	3.	3	4	5	X	у	Z	ОВ	ИН	1B	PI	OB	$(mm^3)$	ки (кВт)	CL	Ħ	H	допуска
иа	на							eb	ле	ачи	ерл	THI			CKC F	Тен	Же	(MM)
ВАриант	Длина							фрезеров	сверлени	растачив	разверты	хонингов			Ілоско	Іерпенд	положен	
В								ф	၁	þ	þ	×			I		П	
1	50	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	3,80E+08	5	0,12	1	1	0,05
	0																	
2	50	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	3,80E+08	5	0,12	1	1	0,05
	0																	

Источник: систематизировано автором на основе сравнения: PD-процесса [95],[117], MSP-процесса (разработка производственных систем) [134],[178], на основе предоставлния данных  $\pi/\pi$  матричным способом [148]

4 Этап. Синтезируется производственная система, исходя из функциональных возможностей выбранных платформенных машин выработки продуктов.

Таблица 99 – Матрица характеристик машинного продукта

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
KX50M	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0
KX50L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Источник: систематизировано автором на основе сравнения: PD-процесса [95],[117], MSP-процесса (разработка производственных систем) [134],[178], на основе предоставлния данных п/п матричным способом [148]

Данные матрицы позволяют определить существует ли необходимость изменения состава производственной системы за счет ввода не-платформенных машин, а также предложить альтернативные сценарии расширения функциональных возможностей производственной системы.

5 Этап. Расширение функциональных возможностей производственной системы за счет ввода её не-платформенных элементов.

6 Этап. Оценка производственных возможностей системы и повышение эффективности организации технологического потока обработки за счет иного его выстраивания либо за счет ввода элементов системы. Условием реализации предложения выступает следующее: 1: Производственные системы должны быть спроектированы как реконфигурированные; 2) производимые продукты д.б. упорядочены по сходству настроек системы – общее время настройки способствует повышению производительности системы, которая определяется как общее количество готовой продукции, выпущенное в течение всего доступного времени. Следовательно, максимизация пропускной способности может быть достигнута путем минимизации общих изменений настройки и связанных с этим затрат / времени; 3) Решение поставленной задачи возможно через разработку коэффициентов подобия; выявление сходства операций, последовательности операций, сходство объема сходства затраченых инженерных часов; посредством использования альтернативных технологических маршрутов, с использованием затратного подхода.

Гипотеза исследования: проектирование платформы «продукт производство» оптимальное с точки зрения затрат и технологически стабильное может быть выполнено на этапе концептуализации продукта: Подтверждение 1: Параметры производственных процессов и их связь с продуктом и размером можно количественно оценить уже на этапе планирования. Подтверждение 2: Определение временного изменения детали с учетом неточностей процесса (разброс и отклонения) возможно на этапе планирования. 3. Подтверждение Существует измеримая корреляция между производственными затратами производственными параметрами. И Подтверждение 4: Производственные параметры могут быть определены с минимальными затратами после изучения и планирования производственной цепочки.

Разрабатывая методика предполагает: различать эффекты процесса (влияние процесса на компонент продукта) и эффекты свойств (влияние

свойств компонента продукта на процесс). Целью является создание рамочной модульной системы, позволяющей проектировать стабильные производственные системы с позиции создаваемой стоимости. Параметром оценки технологических альтернатив процесса принять производственные затраты. Под технологическими альтернативами процесса понимать подробное описания нескольких альтернативных производственных процессов (например, параметры резки, управляемые переменные, инструменты, рабочие ресурсы и т.д.). Определение промежуточных состояний элементов продукта в цепочке производственного процесса также дает возможность сформировать базу данных и использовать еев других проектах.

Производственные затраты и ожидаемый брак определяются на основе имеющихся результатов допусков по производственной цепочке, которые принимаются как переменные. Для альтернативных вариантов процесса допуски могут быть определены с точки зрения оптимальных затрат. Критериями оценки являются производственные затраты, время изготовления и количество брака.

В отличие от существующих методов, подход в работе:

- 1. позволяет создавать технологические цепочки расширено за счет включения конкретных параметров процесса, учета неточностей процесса при проектировании производственных звеньев, количественного использования эмпирических знаний для определения допусков, связи конструкции производственных характеристик (например, допусков обработки) с базой данных знаний о производственных затратах.
- 2. в модулях используются эмпирические знания, позволяя рассчитывать стабильный результат в условиях неопределенности данных.

Система управляемых переменных включает: 1. Использование стандартных деталей — уменьшение количества вариантов, использование существующих элементов; 2. Производство — продукт, совместимый с производством, точность производства и сборки, конструкция продукции, совместимая с производством; реалистичные спецификации, допуска, ...

3. Сроки — достаточное время выполнения заказа; согласование сроков и приоритетов, раннее сообщение об изменениях; 4. Поставщики — раннее участие; обязательный характер спецификаций, минимальное количество изменений, использование стандартных деталей, стандартов компании, своевременная интеграция;

7 Этап. Определение производственных затрат (стоимости производства). Для разработанной рамочной системы могут быть определены элементы целевой стоимости:

1 Прямые материальные затраты на единицу продукции. Складываются из материальных затрат на заготовки элеметов продукта, затрат на обработку и затрат на отходы. Затраты на заготовку = Объем необработанной части · плотность материала · Цена материала за кг. Затраты на образотку = Количество разрезов · Цена разреза · Поправочный коэффициент. Затраты на отходы = (Затраты на заготовку + Затраты на обработку) · Поправочный коэффициент = (Минимальный закупочный объем в зависимости от процесса – объем необработанной части) · плотность материала · Цена материала за кг

- 2 Общие материальные затраты. Учитываются с помощью фиксированной надбавки к затратам. В зависимости от поставщика материала они составляют от 10 до 80% и включают, например, затраты на хранение, транспортировку, администрирование и т.д. Накладные материальные затраты определяются как: Затраты на заготовку · накладные расходы + (Транспортные расходы/п)
- 3. Прямые производственные затраты (стоимость производства). Складываются из затрат на заработную плату и дополнительных расходов, затрат на оборудование и инструменты. При расчете затрат на оборудование в зависимости от производственной ситуации, в расчет почасовой ставки машины может быть включено больше или меньше позиций, например, изменение цены используемого актива, переменные процентные ставки и т.д. В техническое обслуживание включают затраты на ремонт и техническое обслуживание, а также затраты на расходные материалы. В производственной

практике принято рассчитывать затраты на техническое обслуживание в течение всего срока службы с поправочным коэффициентом на уровне 25% от стоимости приобретения станка. Стоимость инструмента рассчитывается с учетом времени резания tc, срока службы инструмента Т и стоимости инструмента на срок службы инструмента. Для инструментов, которые можно использовать один раз, стоимость инструмента в расчете на срок службы инструмента представляет собой фиксированное значение, включая затраты на предварительную настройку. Для остальных инструментов при расчете стоимости учитывается количество переточек. Срок службы всего инструмента умножается на количество режущих клиньев, которые можно использовать.

- 4 Общие производственные затраты учитываются по фиксированной ставке с использованием поправочного значения.
- 5 Специальные прямые затраты связаны с заказом и формируются индивидуально.
- 6 Затраты на производство для отдельных вариантов процесса складываются из суммы затрат на отдельные процессы.
- 7. Время изготовления. По аналогии с производственными затратами, расчитывается общее время производства для каждого альтернативного процесса с учетом потерь из-за производства брака.
- 8. Качество. Рассчитывается диапазон допусков для отдельных производственных процессов на основе разрешенных значений брака. Допустимый брак зависит от двух факторов: влияние рассматриваемого производственного процесса на цели продукта и добавленная стоимость на заготовку на данный момент.

Пример из практики: рассмотрены три процесса обработки детали: Процесс 1, Процесс 2 и Процесс 3. Процесс доп.обработки (Процесс 4) подробно не рассматривается, а скорее интегрирован в различные состояния обработки детали. Изменение времени обработки приводит к трем различным поверхностям твердости необработанных деталей: • 56,5 HRC,• 59 HRC и• 61,5 HRC:

- Существует четыре варианта процесса, каждый из которых может обеспечить требуемые характеристики детали:
- Альтернатива А: Процесс 4: 59 HRC, Процесс 1: vc = 125 м / мин; f = 0.5 мм, Процесс 2: vc = 140 м / мин; f = 0.08 мм; ap = 0.15 мм, Процесс 3: d = 3 мм; p = 100 бар.
- Альтернатива В: Процесс 4: 61,5 HRC, Процесс 1: vc = 125 м / мин; f = 0.5 мм, Процесс 2: vc = 140 м / мин; f = 0.08 мм; ap = 0.15 мм, Процесс 3: d = 3 мм; p = 100 бар.
- Альтернатива C: Процесс 4: 59 HRC, Процесс 1: vc = 125 м / мин; f = 0.5 мм, Процесс 2: vc = 140 м / мин; f = 0.08 мм; ap = 0.15 мм, Процесс 3: d = 3 мм; p = 400 бар.
- Альтернатива D: Процесс 4: 61,5 HRC, Процесс 1: vc = 125 м / мин; f = 0.5 мм, Процесс 2: vc = 140 м / мин; f = 0.08 мм; ap = 0.15 мм, Процесс 3: d = 3 мм; p = 400 бар.

Для этих альтернатив необходимо рассчитать производственные затраты. Используя данные, полученные в результате моделирования платформы, производственные затраты и производственные допуски по технологической цепочке для партии размером, например, 200 штук рассчитываются следующим образом:

- Альтернатива А: Стоимость =  $395\,377$  руб.; Время = 14,04 мин; Процент брака = 0,75%; Процесс 4:  $59,5\pm0,5$  HRC, Процесс 1:  $1=60\pm0,7$  мм; Процесс 2:  $d=44,95\pm0,8$  мм, Процесс 3: Rz=1,5-0,08 мкм
- Альтернатива В: Стоимость = 447 751 руб.; Время = 15,21 мин; Процент брака = 0,01%; Процесс 4:  $61.5 \pm 2.5$  HRC; Процесс 1:  $1 = 60 \pm 0.7$  мм; Процесс 2:  $d = 44.95 \pm 0.8$  мм; Процесс 3: Rz = 1.5-0.08 мкм
- Альтернатива С: Стоимость = 395 377 руб; Время = 14,04 мин; Процент брака = 0,75%; Процесс 4: 59,5  $\pm$  0,5 HRC; Процесс 1: 1 = 60  $\pm$  0,7 мм; Процесс 2: d = 44,95  $\pm$  0,8 мм, Процесс 3: Rz = 1,5-0,08 мкм

• Альтернатива D: Стоимость = 447 752 руб.; Время = 15,21 мин; Процент брака = 0,01%; Процесс 4: 61,5  $\pm$  2,5 HRC; Процесс 1:  $l = 60 \pm 0,7$  мм; Процесс 2:  $d = 44,95 \pm 0,8$  мм; Процесс 3: Rz = 1,5-0,08 мкм

Выбор лучшей альтернативы на основе результатов сравнительного анализа теперь основан на граничных условиях, характерных для конкретной компании. Окончательное решение принимает производитель.

8 этап. Калькуляция затрат производителя с использованием метода центра затрат (англ. UDP). В соответствии с подходом к оценке первоначально продукт раскладывается на части, индикаторы, спецификации и характеристики. Далее определяются узлы и компоненты платформ «продуктпроизводство», которые могут быть одинаково независимыми от характеристик продукта. Такие узлы и компоненты называются общими конструктивными элементами. Определение целевой стоимости продукта основывается на цене в сравнении с аналогичными конфигурациями платформ. Например:

А-фиксированный элемент/ конв. / лист 30 290 руб.

В- оригинальный элемент / конв. / лист 31 934 руб.

С-фиксированный элемент / конв. / поковка 26 022 руб.

D-фиксированный элемент / мягкий / поковка 13 597 руб.

Конечная цена может быть определена путем дисконтирования стоимостей элементов с последующим суммированием планируемой маржи.

Далее определяется целевая стоимость внедрения продукта в структуру (IPE). Для унифицированных характеристик и частей продукта, оценивается целевая стоимость IPE, которая является результатом вычитания целевой стоимости продукта на целевую стоимость UDP. Например:

А-фиксированный элемент/ конв. / лист 20 429 руб.

В- оригинальный элемент / конв. / лист 21 546 руб.

С-фиксированный элемент / конв. / поковка 17 529 руб.

D-фиксированный элемент / мягкий / поковка 24 355 руб.

Для развертывания целевой стоимости IPE в частях продукта предлагается используется структура стоимости продукта, уже произведенного

компанией. В этом случае этот продукт будет заменен разрабатываемым продуктом, а деление частей будет одновременным между конструктивной и уникальной частями. Фиксация стоимостей конструкции деталей позволяет определить целевую стоимость ІРЕ для деталей других конфигураций, для целом. Разница в стоимостях связана продукта в c оригинальными конструктивными элементами. Ориентировочная стоимость **IPE** быть определена путем дисконтирования целевой стоимости ІРЕ с последующим суммированием планируемой маржи.

Определение целевой стоимости позволяет рассчитать сметную стоимость проекта и стоимость внедрения продукта в структуру и, таким образом, провести необходимые сравнения показателей по рабочей силе, сырью, накладным расходам. Действия, связанные с разработкой продукта, могут быть дополнительно детализированы.

Стоимость внедрения продукта в структуру зависит от воздействия, которое он окажет на структуру распределенного производства продукта, например, на затраты, связанные с сырьем.

На примере: Конструктивная часть модуля: общие конструктивные элементы 7 185 руб., где: общие фиксированные элементы — 1 283 руб. и их альтернативная стоимость — 1 063 руб.; стандартные мобильные элементы 310 руб., где: общие фиксированные элементы — 1 924 руб. и их альтернативная стоимость — 1 808,71 руб.; уникальные элементы: общие элементы 6 182 руб.; покрытие — 2 467 руб., лист 6 169 руб.; софт — 9 333 руб., элемент п — 7 265 руб., элемент т — 1 236 руб. и его альтернативная стоимость — 1 012,04 руб.

Что касается стоимости трансформации платфоры, то применяет метод единицы производственных усилий (UEP). На примере:

а) определение технологического процесса по секторам. Поскольку компания машиностроения как правило относится является крупной, невозможно смоделировать UEP во всех ее секторах по всему продукту, необходимо вычленять его последовательность по модулям продукта.

- б) деление производства модуля продукта на действующие станции. В каждом из этих секторов есть несколько оперативных постов. Таким образом, сектора разделены на посты. Рабочие станции по секторам, участвующим в производстве на примере кодифицируются (см.далее).
- в) расчет фотоиндексов действующих станций (FIPO) с использованием позиций: основной, вспомогательный труд; амортизация; коммунальные платежи.
- г) Определение базового продукта и расчет его фото-стоимости. Стоимость часа работы каждой рабочей станции на примере:

Станции (код) FGUI 18,01 тыс.руб. PDBR 11,90 тыс.руб., MCOR 8,09 тыс.руб.; FPEA 9,36 тыс.руб., PDBS 10,30 тыс.руб., MCOS 7,63 тыс.руб.; FPEB 9,89 тыс.руб. PDES 10,91 тыс.руб., 6,97 тыс.руб.; FPEC 10,73 тыс.руб., PFUR 8,00 тыс.руб., MPAS 7,04 тыс.руб.; FPHI 16,12 тыс.руб., POFMA 7,96 тыс.руб., MCBR 7,49 тыс.руб., FPUN 36,11 тыс.руб., POFMB 12,01 тыс.руб., MCTE 7,42 тыс.руб.; FSCN 13,92 тыс.руб., POFMC 20,36 тыс.руб., 9,03 тыс.руб.; FSER 11,01 тыс.руб., PEB 9,99 тыс.руб., MFPR 9,10 тыс.руб.; FVIR 14,38 тыс.руб., 11,29 тыс.руб., MFAM 9,10 тыс.руб.; PPINT 24,42 тыс.руб.; PPOS 11,77 тыс.руб.; PROB 11,87 тыс.руб.; PSER 8,45 тыс.руб.; PTTRA 12,61 тыс.руб.

При определении базового продукта выявлено, что общие характеристики и элементы пересекаются со временем прохождения на каждой рабочей станции. Таким образом, определяется фото-стоимость базового продукта, а, следовательно, и значение 1UEP. На примере: Конструктивная часть модуля: общие конструктивные элементы 10,23 тыс.руб., где: общие фиксированные элементы – 5,74 тыс.руб.; стандартные мобильные элементы 1,34 тыс.руб., где: общие фиксированные элементы – 0,89 тыс.руб. и их альтернативная стоимость –; уникальные элементы: общие элементы 4,18 тыс.руб.; покрытие – 0,81 тыс.руб.Таким образом: Фото-Стоимость 22,31 тыс.руб., 1 UEP 22,31 тыс.руб.

д) Расчет производственного потенциала рабочих станций в UEP / час выполняется путем деления фотоиндекса рабочего места на фото-стоимость базового продукта.

Код UEP сектора / час Код UEP / час Код UEP / час; Станции (Код) FGUI 0,81 PDBR 0,53 MCOR 0,36; FPEA 0,42 PDBS 0,46 MCOS 0,34; FPEB 0,44 PDES 0,49 MMON 0,31; FPEC 0,48РУД 0,36 МПа 0,32; FPHI 0,72 POFMA 0,36 MCBR 0,34; FPUN 1,62 POFMB 0,54 MCTE 0,33; FSCN 0,62 POFMC 0,91 MCEN 0,40; FSER 0,49 PPEB 0,45 MFPR 0,41; FVIR 0,64 PPEC 0,51 MFAM 0,41; PPINT 1.09; PPOS 0,53; BEPOЯТНОСТЬ 0,53; PSER 0,38; PTTRAT 0,57.

- е) Расчет общих характеристик и значений элементов в UEP. Значение производственного потенциала оперативных постов определяется путем перемножения времени прохождения общих характеристик и элементов на посты. На примере: Конструктивная часть модуля: общие конструктивные элементы 0,458; стандартные мобильные элементы 0,258; уникальные элементы: общие стандартные элем. 0,274; общие подвижные элементы 0,274; общие условные элементы 0,060; софт 0,060; покрытие 0,218 и т.д.
- ж) Определение стоимости трансформации общих функций и элементов. После моделирования общих характеристик и элементов с их значениями в UEP было определено следующее. Расчетное значение для UEP на момент внедрения не соответствует фактическому значению UEP по причинам: 1) расчет значений был основан на месяце, предшествующем месяцу, в котором проект продукта был проанализирован, и 2) анализ был основан на принципе частичного поглощения, то есть для расчета почасовой стоимости каждой станции учитывались доступные часы, и, исходя из этого значения, были оценены затраты на трансформацию. На основе стоимости 35,00 тыс.руб. была рассчитана стоимость трансформации общих функций и элементов. На примере: Прямая стоимость преобразования функций и общих элементов в реальные значения. Конструктивная часть модуля: общие конструктивные элементы 16,04 тыс.руб., где: общие фиксированные элементы – 9,01 тыс.руб. и их альтернативная стоимость; стандартные мобильные элементы 9,58 тыс.руб.; уникальные элементы: общие элементы 2,11 тыс.руб.; покрытие –8,68 тыс.руб., лист -6,56 тыс.руб.; софт -2,11 тыс.руб., элемент n-7,64 тыс.руб., элемент m-1,28 тыс.руб. и его альтернативная стоимость -0,61 тыс.руб.

Чтобы учесть косвенные затраты, связанные с внедрением продукта в предлагаемую структуру, было проведено исследование на базе центровзатрат, используемых для управления затратами в компании. В примере показаны затраты на поддержку решения. На примере: Конструктивная часть модуля: общие конструктивные элементы 5,62 тыс.руб., где: общие фиксированные элементы — 3,15 тыс.руб. и их альтернативная стоимость; стандартные мобильные элементы 3,35 тыс.руб.; уникальные элементы: общие элементы 0,74 тыс.руб.; покрытие — 3,04 тыс.руб., лист — 2,30 тыс.руб.; софт —0,74 тыс.руб., элемент п — 2,67 тыс.руб., элемент т — 0,45 тыс.руб. и его альтернативная стоимость — 0,21 тыс.руб.

После расчета затрат на сырье, прямую трансформацию, поддержку трансформации и затраты на структуру, они должны быть консолидированы, как показано в примере расчета стоимости элемента продукта — затраты на сырье (РМ), прямые затраты на трансформацию (СD), а также затраты на поддержку трансформации и структурные затраты (СI). Ориентировочная стоимость составила 286,55 тыс.руб.

Чтобы рассчитать предполагаемую общую стоимость продукта, необходимо добавить оценку стоимости проекта, с оценкой стоимости выбранной конфигурации оригинальных элементов. Поскольку сметная стоимость проекта ниже прогнозируемой целевой стоимости, она будет иметь стоимость 288,04 тыс.руб.

Что касается стоимости разработки проекта, ориентировочная стоимость была оценена в 30 000 тыс.руб. Однако расчет стоимости этапа проектирования, проектирования и проектирования показал, что общая стоимость составляет 20 304,38 тыс.руб., то есть целевая стоимость для этого этапа была завышена. Одна из причин такой недооценки — отсутствие адаптивной базы данных. В рассматриваемом случае снижение целевой стоимости проекта может дать небольшую эластичность целевой стоимости IPE.

Помимо контроля проектных затрат, необходимо сравнить целевую стоимость IPE и текущую смету. Предполагается, что все общие функции и элементы имеют ориентировочную стоимость выше, чем целевая стоимость IPE. Входом в процесс снижения себестоимости продукта является пересечение расчетной сметной стоимости с целевой стоимостью. На основе этих значений следует использовать подходящие инструменты для снижения затрат.

Таким образом, пример реализации модели платформы при разработке продукта позволил определить ее практико-применение. В тематическом исследовании предпринята попытка выполнить все шаги предложенной модели, однако определение затрат на поддержку производства и затрат на внедрение продукта в структуру не было осуществлено из-за ограниченности доступа к данным. Некоторые данные, такие как прогноз спроса и прогноз затрат на дизайн продукта, были оценены на основе экспертной оценки.

## **5.3.** Разработка унифицированной продуктовой платформы в контексте экономически эффективных стратегий развития продукта

Внедрение конепции массовой настройки (массовой кастомизации) продукта посредством формирования совокупности продуктов на базе продуктовых платформ, по оценкам экспертов в 2020-х годах позволяет сокращать время выполнения заказа на 30%, время сборки на 27%, снижать затраты на складирование и сборку на 18-24%. Массовая кастомизация применима к продуктам с модульными и гибкими платформами, а также гибкими и реконфигурируемыми системами производства.

Переход от массового производства к гибкому, реконфигурации систем и массовой настройке конечного продукта предопределяет для производителей решение ряда задач: 1) формирования семейства продуктов с возможностью отсроченной дифференциации продуктов (DPD), 2) создание платформы продуктов и её настройку под заказ клиента путем добавления, удаления и/или

замены компонентов по мере проектированияреконфигурируемых производственных систем.

Однако, в рассматриваемом контексте существует проблема выбора продуктовых платформ И ИХ интеграции последующим достижением требуемого уровня результативности и конечной эффективности производства, в частности определения размера затрат в период времени, а также вариантов их экономии. Но что самое важное – необходимо выявление существующих взаимозависимостей полученной в итоге конфигурации платформы производства, сборки продукта, стратегии политики производственной системы с последующей интеграцией перечисленных элементов в систему. Что предопределяет необходимость формирования доказательной базы/теоретического обоснования вносимого предложения формирования унифицированной продуктовой платформы условиях вариантности стратегий производства на примере реконфигурируемой производственной системы.

Вопросом формирования унифицированной продуктовой платформы в контексте ее сочетания с платформой производства, предполагая формирование систем «продукт-производство», занимается ряд ученых.

## Общим выступает:

- создание платформ «продукт-производство» через выделение значимых базовых элементов продуктовых платформ с последующим перепроектированием под них производственных систем;
- специализация на моделях продукта, имеющих одну платформу, где изменения в продукте осуществляются посредством масштабируемости платформ (в отличие от стандартных платформ, где фиксированные структурные размеры, например, колесная база и ширина колеи ТС).
- эффект от внедрения платформ у производителей отрасли связан с: а) техническими характеристиками продукта (платформы); б) с имеющимся исходным производственным заделом (инжиниринг, организация производства).

На уровне практикоприменения подходов лидерами отрасли (на примере подотрали – автмобилестроении) прослеживаем тенденции:

- больше модульность платформы, тем лучше результаты. Например, определяя влияние модульной платформы на стратегические результаты сетей, устанавливаем, что платформа MQB группы Volkswagen является репрезентивным примером «высокой модульности». Переменные, характеризующие эффект от внедрения модульных платформ поколения у производителей отрасли, связаны не только с техническими характеристиками продукта, но и с имеющимся исходным производственным заделом (инжинирингом, организацией производства). Проведенное исследование позволило выявить, что в настоящее время повсеместное внедрение в практику Платформ 2.0 затруднено существенной проблемой – «плохими» исходными возможностями производителей, как то: ограничениями мощностей, универсальной системой сборки и т.д. [305,306], которые, к тому часто полностью оригинальны И не предполагают пролонгации же, получаемого результата. Об этом свидетельствуют выполненные сравнения практикоприменения модульных платформ. Например, в случае Volkswagen и Volvo, где подходы к модулизации почти аналогичны, а результаты внедрения совершенно разные (Diffeconscope = 16, Diffoperflexib = 9,3, Diffeconscale = 2,607 и Diffeconscope = 4,5; Diffoperflexib = 1, Diffeconscale = 0,250 соответственно) объяснением выступает именно разный «производственный задел» – исходные производственные условия, имеющиеся изначально. Эти различия впоследствии также определяют сравнительные преимущества производителей по затратам, показателям эффективности и результативности производства;
- 2) крупные производители, имеющие значительный портфель продуктов с относительно небольшим дифференцированием, стремятся к высокому уровню модульности, в то время как компании с меньшим ассортиментом продукции, но более широким разнообразием по размеру, определяят, что их объемы производства слишком малы, а диапазон моделей слишком узок для

разработки собственной модульной платформы, для поддержания производства рентабельным работают со стандартной платформой.

Продоложая теоретические изыскания по вопросу формирования унифицированной продуктовой платформы определяем, что существует несколько методов для разработки платформы, выбирающихся в соответствии с имеющимися у производителями ограничениями, но обычно включающих в себя два основных этапа:

- 1) создание соответствующей платформы продукта; и
- 2) настройка платформы в отдельные варианты продукта для удовлетворения конкретных потребностей рынка, бизнеса и техники в виде сетевой и продуктовой платформы.

В тоже время ученые отмечают, что есть и другие возможности, без использования модульного подхода, для формирования платформы:

- интегральной продуктовой платформы, которая «представляет собой единую монолитную часть продукта, характерную для всеходнотипных продуктов.
- маштабируемой платформе различные компоненты описываются в измеряемых терминах, таких как длина, радиус, толщина, количество оборотов и т.д., которые используются в качестве переменных в моделях «оптимизации».
   При формировании совокупности продуктов выделяются переменные платформы, являющиеся общими для всех вариантов продукта и «неплатформенные переменные»;
- адаптивной платформе подход подразумевает одновременное использование первых двух типов платформ при проектировании продуктов;

Останавливаясь подробнее на первом из рассматриваемых подходов, определяем, что модульные платформы продуктов также обозначаются как архитектура семейств продуктов, где «семейство продуктов» трактуется как группа продуктов, имеющих общие элементы, модули, функции и/или подсистемы, а также набор переменных, которые остаются постоянными от продукта к продукту. При этом отмечается, что «производные/изменения в

функциях, форме и конфигурациях продуктов способствуют формированию их (продуктов) вариантов». Современное же понятие «семейство продуктов», помимо вышеперечисленного, сочетает в себе универсальность используемой общность производственного дизайна применяемой технологии, И производственной системой, включающей «неизменяющиеся границы с выделением композитной части», где любое добавление, удаление или изменение модулей системы приводит к эволюции семейства деталей / продуктов и в первую очередь к функциональной – обусловлена значительным и существенным изменением функциональных требований к продукту. Например, высота цилиндра двигателя может быть изменена в пределах своего заранее определенного оптимального диапазона, чтобы получить желаемую мощность двигателя.

Что касается платформенного проектирования семейства продуктов, то оценка выполняется в контексте: платформа продукта, семейство продуктов и вариант продукта. Классический процесс проектирования семейства продуктов включает в себя шаги:

- формирование решения по продукту;
- идентификация продукта;
- управление драйвером процесса;
- интеграция платформы;
- спецификация и выбор технических решений;
- спецификация модулей и интерфейсов;
- управление масштабируемыми компонентами;
- управление архитектурой.

Ключевым аспектом в разработке семейств продуктов является процесс сборки. Последовательность сборки продуктов оказывает непосредственное влияние на многие аспекты, такие как стоимость сборки, сложность сборки, вероятность повреждения компонентов во время сборки и доработки, а также возможность проведения внутрипроцессных испытаний. Интерактивный процесс формирования семейства продуктов на основе платформы в этом

случае включает: 1) построение моделей продуктов и процессов, 2) дизайн платформы на основе выбранной концепции, а также предъявляемых требований к гибкости подсистем, доступности ресурсов, технологичности, существующих ограничений по проекту; 3) разработку переменных систем; 4) оценку платформы, повторные итерации.

Современная классификация платформ включает четыре типа: платформы процессов, платформы продуктов, платформы знаний и интеграционные платформы взаимодействия исполнителей.

В рамках исследования изучаются продуктовые платформы, которые подразделяются на виды, наиболее распространены из них:

- а) «масштабируемая платформа продукта» это платформа, где все варианты продукта имеют одно и то же параметрическое описание, компоненты платформы известны заранее; различия в переменных дизайна в семействе продуктов сведены к минимуму, а отдельный вариант может быть сгенерирован путем масштабирования одного или нескольких параметровна этапе проектирования семейств, продуктов путем преобразования задач проектирования в значимые показатели;
- б) «модульная платформа продукта» платформа, которая имеет общие модули между отдельными продуктами в семействе, архитектуру платформы продукта, функции качества (QFD), методы оценки распределения стоимости продуктов семейства, а очередная дифференциация продуктов формируется путем добавления или вычитания модулей, посредством использования физической общности конфигурации продукта.
- в) «гибкая платформа продукта» концепция выстроена посредством сочетания в себе модульных и масштабируемых платформ продуктов, где термин «гибкость» это «свойство системы, которая с относительной легкостью подвергается определенным классам изменений» на меняющиеся потребности на рынке с небольшим увеличением инвестиций и сложности.

Поэтапно рассматривая существующие варианты развития платформ, стратегий и систем, в 2020-хх годах ряд авторов приходят к выводу, что

формирование унифицированной продуктовой платформы в условиях вариантности стратегий развития производства может осуществляться посредством систематизации результатов «наилучшего» их проектирования.

Останавливаясь подробнее на выделенной возможности и рассматривая существующие варианты развития систем создания продукта (открытого доступа) в 2010-хх гг., приходим к выводу, что на их результаты влияют:

компонентная насыщенность платформы, конфигурация ее конструкции влияют на стоимостные показатели производства отдельного продукта, в частности, на разброс показателей затрат на производство (таблица 100).

Таблица 100 – Спрос и результаты модели имитационного моделирования системы (пример)

Варианты спроса	Ком	Компоненты платформы, тыс.руб. [Ср]											
	AB ABC ABDE ABCGH 1												
1	78,850	81,600	90,100	112,850	N/A								
2	77,200	77,100	79,300	115,400	100								
3	81,775	80,250	116,200	79,775	2000								
4	61,700	65,900	58,600	100,300	3100								

Источник: систематизировано с использованием данных п/п, моделирования PDсистемы (основываясь на содержании стратегий: ATO / ATS и CPTO-) [155],[199]

– выбранная стратегия производства (таблица 101).

Таблица 101 — Результаты имитационного моделирования системы в рамках сопоставления ATO / ATS и CPTO- стратегий

Варианты	Себестоимость продукции, тыс.руб. [Ср]				%
спроса	ATO *	АТО и	CPTO**	Разница в	разницы
		ATS(Платформа)		тыс.руб.	
1	108,875	103,675	N/A	5,200	4,8
2	106,730	101,530	97,370	9,360	8,8
3	112,6775	107,4775	101,270	11,4075	10,1
4	85,670	81,510	78,000	7,670	9,0

Источник: систематизировано с использованием данных  $\pi/\pi$ , имитационного моделирования PD-системы (основываясь на содержании стратегий: ATO / ATS и CPTO-) [123],[155],[199]

\* АТО – сборка на заказ из типовых компонентов, при которой используется уже имеющаяся на предприятии конструкторская и технологическая документация на различные узлы, однако допускается небольшая вариабельность состава изделия, в зависимости от заказа клиента ( все исходные компоненты предполагаются имеющимися на складе)

\*\* СРТО – настройка конфигурации платформ (продуктовой/системы) «под заказ»

СТО – настройка продукта посредством изменения компонентов/модулей, в том числе через их расширения и/или параметризацию программного обеспечения для увеличения разнообразия семейства продуктов

Расчет показывает, что выбор различных стратегий производства позволяет сравнительно снижать общие издержки производства, а в случае реализации стратегий ATS и CPTO – существенно экономить затраты. Кроме того, оптимальным решением с точки зрения экономии является формирования семейства продуктов на базе продуктовой платформы и её настройки под заказ клиента (СРТО). Исходя из чего, реализация промышленной стратегии развития отрасли может осуществляться посредством сочетания концепции формирования платформы продукта и политики сборки под заказ (СРТО), суть которой состоит в модификации модулей платформы (которая впоследствии может быть настроена путем добавления уникальных и удаления классических запросом потребителей. компонентов) В соответствии c Настройка конфигурации платформ (продуктовой/системы) «под заказ» (СРТО) в рамках использования разных производственных стратегий-относительно новый термин, который в отличие от СТО-подхода, (настройки продукта «под заказ»), предполагает использование идеи настройки компонентов продукта (ей сборки, разборки, использования) под заказ потребителя уже на уровне продуктовой платформы. То есть разница между СРТО и АТО (сборки продукта под заказ) состоит в том, что: СРТО предполагает сборку платформы до заказов клиентов, в то время как АТО запускает процесс сборки, когда заказ получен.

моделирования Методологию системы авторском прочтении целесообразно выстраивать на примере отдельной производственной системы. Например, это может быть реконфигурируемая (где реконфигурируемые производственные системы (RMS) – это системы, самого начала допускающие возможность быстрого изменения структуры средств производства, корректировку производственных мощностей И функциональности узлов/компонентов/продуктов на ответ изменения

рыночных или нормативных требований. Различие между RMS и FMS заключается в том, что RMS – это производственная система с индивидуальной гибкостью – направлена на увеличение скорости реакции производителя на рыночный запрос за счет изменений в производственной системе, а FMS – это производственная система с общей гибкостью – направлена на увеличение разнообразия всего производства). За основу целесообразно взять ограничения имитационной модели, уже описанные в трудах ряда ученых:

- 1. Спрос для каждого варианта постоянен;
- 2. Клиентам доступно несколько вариантов продукта (например, пять), а время для сборки отдельных компонентов платформы фиксировано (например, составляет 2 секунды, на неплатформенные компоненты 3 секунды, для разборки компонента 2 секунды. В расчет закладываются временные нормативы, рассчитанные с использованием DFA (где DFA методология, используемая для оценки времени, необходимого для сборки отдельных деталей для формирования полного варианта продукта и упрощения конструкции). Этот инструмент помогает приблизиться к оценке стоимости сборки вариантов.
- 3. В каждом сценарии анализируются несколько вариантов продукта (например, 25 вариантов продукта при существующей фактической потребности, равной 100);
- 4. Общее время на операцию определяется посредством суммирования времени сборки и транспортировки;
- 5. Расчет запасов и размера незавершенного производства (WIP) основывается на определенной совокупности компонентов (например, тридцати).
- 6. Известны почасовые ставки оплаты труда исполнителей в случае реализации физического и автоматизированного труда (например, 12 тыс.руб. и 18 тыс.руб. соответственно);
- 7. Продукты доставляются на следующую операцию по мере завершения процессов их сборки;

8. Настройки и замена отдельных вариантов осуществляется в режиме ручной сборки.

Результаты реализации сценариев по настройке продуктовой платформы «под заказ» возможно сравнивать посредством использования совокупности показателей, таких как:

- 1. Время выполнения заказа время от размещения заказа до завершения процесса сборки и хранения, в т.ч.: время сборки (tA), время транспортировки (tT) с одной операции на другую и время ожидания (tq).
- 2. Затраты на складирование AS / RS и незавершенное производство (WIP) на каждой сборочной операции
- 3. Общее время сборки рассчитано путем добавления времени, необходимого для сборки компонента на сборочных операциях, и времени для настройки варианта продукта, если это необходимо по сценарию С.
- 4. Затраты на сборку (Ca) были рассчитаны путем внедрения инструмента DFA; рассчитываются на основе общего времени сборки для автоматических и ручных операций.

Данные о времени выполнения сценариев спроса в соответствии с выбранными стратегиями производства и условиями формированиямета-платформы заносятся в таблицу (таблица 102); выполняется сравнение WIP для каждого сценария (таблица 103).

Таблица 102 – Имитированные данные о времени выполнения сценария

		Стратегия производства (политика сборки) / время выполнения (в сек.)					
		АТО (без	Гибридный	СРТО (крупные платформы)			мы)
		платформы)	ATS / ATO				
		Без	Та же	Р1 для	P <sub>2</sub> для D <sub>2</sub>	Р <sub>3</sub> для D <sub>3</sub>	Р <sub>4</sub> для D <sub>4</sub>
		платформы	платформа	$D_1$			
Первый	вариант	6891	6062	6062	_	_	_
спроса							
Второй	вариант	7328	6512	_	5019	_	_
спроса							
Третий	вариант	6971	6113	_	_	4873	_
спроса							
Четвертый	вариант	7097	5789	_	_	_	4759
спроса							

Общее	время	8287	24476	20713
выполнения				
(секунды)				

Источник: систематизировано с использованием данных п/п, моделирования PDсистемы (основываясь на содержании стратегий: ATO / ATS и CPTO-) [220],[264]

Таблица 103 – Имитированное сравнение WIP по часам

Время, час.	WIP (ATO)	WIP (ATO/ATS)	WIP CPTO	% разницы
0	2000	2000	2000	0
1	1748	1637	1595	9,15345
2	1425	1333	1287	10,177
3	1207	1151	1092	10,0043
4	968	936	883	9,18422
5	679	667	631	7,32824
6	491	479	454	7,83069
7	240	224	195	20,6897
8	116	102	91	24,1546

Источник: систематизировано с использованием данных п/п, имитационного моделирования PD-системы (основываясь на содержании стратегий: ATO / ATS и CPTO-) [91],[159],[220],[264]

И определяются общее время сборки, состоящее из операций сборки и разборки для каждой стратегии производства (таблицы 104 и 105).

Таблица 104 – Общее время сборки

Стратегия производства	Время сборки (в сек.)
ATO	8858
ATS / ATO (малые платформы)	6930
СРТО (крупные платформы)	5941

Источник: систематизировано с использованием данных п/п (основываясь на содержании стратегий: ATO / ATS и CPTO-), [305], [306]

Таблица 105 – Затраты на сборку

Стратегия производства	Стоимость сборки (в тыс.руб.)
ATO	1200
ATS / ATO (малые платформы)	910
СРТО (крупные платформы)	740

Источник: систематизировано с использованием данных п/п (основываясь на содержании стратегий: ATO / ATS и CPTO-),[305], [306]

Оценивая данные таблиц, определяем, чтов случае СРТО-подхода, по сравнению с другими стратегиями производства, наблюдается наименьшее количество WIP-затрат, а разница между СРТО- и АТО-подходами варьируется

в пределах 7-24% в зависимости от спроса и времени сборки, причем наибольшая разница приходится в последний час. АТО-подход показывает наибольшее время WIP в имитационной модели, тогда как СРТО подход приводит к наименьшему времени выполнения WIP и единицам хранения. Гибридный подход ATS / ATO дает среднее значение между стратегиями производства ATO и СРТО. Процентная разница между ATO и СРТО в моделировании составляет 30,91%. С другой стороны, процентная разница WIP в единицах хранения составляет от 7%-24% в зависимости от требований сценария спроса и вариантов. Результаты показывают, что СРТО предоставляет производителям возможность сократить общее время сборки и затраты, время выполнения и затраты на инвентаризацию.

Пролонгацией решения выступает конфигурация платформы семейства продуктов — в том числе за счет возможности использования стандартизированных элементов, стратегии производства (под заказ), политики сборки и производственной системы (реконфигурируемая) с последующими вариантами интеграции перечисленных элементов в систему.

Идея конфигурации платформы продуктов применима к семейству продуктов с процессами модульной сборки и разборки, не связанными с постоянными операциями, время настройки вариантов продукта прогнозируемо, часть операции выполняется вручную.

Таким образом, ключевым аспектом в разработке семейств продуктов является процесс сборки. Последовательность сборки продуктов оказывает непосредственное влияние на многие аспекты, такие как стоимость сборки, сложность сборки, вероятность повреждения компонентов во время сборки и доработки, а также возможность проведения внутрипроцессных испытаний. Интерактивный процесс формирования семейства продуктов на основе платформы в этом случае включает: 1) построение моделей продуктов и процессов, 2) дизайн платформы на основе выбранной концепции, а также предъявляемых требований к гибкости подсистем, доступности ресурсов,

технологичности, существующих ограничений по проекту; 3) разработку переменных систем; 4) оценку платформы, повторные итерации.

Выбор различных стратегий производства позволяет сравнительно снижать общие издержки производства, а в случае реализации отдельных стратегий – существенно экономить затраты. Кроме того, оптимальным решением с точки зрения экономии является формирования семейства продуктов на базе продуктовой платформы и её настройки под заказ клиента. Исходя из чего, реализация промышленной стратегии развития отрасли может осуществляться посредством сочетания концепции формирования платформы продукта и политики сборки под заказ. Настройка конфигурации платформ (продуктовой/системы) ≪под заказ» В рамках использования производственных стратегий – относительно новый термин, который в отличие от настройки продукта «под заказ», предполагает использование идеи настройки компонентов продукта (ей сборки, разборки, использования) под заказ потребителя уже на уровне продуктовой платформы. То есть разница между решениями состоит в том, что: одно предполагает сборку платформы до заказов клиентов, в то время как другое запускает процесс сборки, когда заказ получен.

# 5.4.Изменение системы разработки продукта под фактические условия её реализации

Условия реализации проекта: разработка продукта открыта. Ожидается пролонгация результатов в последующие PD-проекты; процесс по формированию системы разработки продукта, реализуется на площадке ОЕМ-производителя; поддерживается функция «monozukuri»; однако изначально не стабилен и не внедряется в самом начале (т.к. базовое исходное условие — функциональная структура управления);

– изменения по продукту нацелены на увеличение значения функциональной полезности (F) при относительном снижении себестоимости

производства:  $F_1/C_1 > F_0/C_0$  (улучшение соотношения функциональных затрат). Предполагается, что изменения не влияют на базовые технологии и архитектуру продукта и, следовательно, могут быть реализованы при сравнительно низких затратах на изменение ( $C_1$  -  $C_0$ ): Сценарий I:  $P_1 = P_0 + (C_1 - C_0) -$  компания добавляет только фактические затраты на изменение. Последствие 1:  $F_1/P_1 > F_0/P_0$  (улучшено функциональное соотношение цены для покупателя). Сценарий II:  $F_1/P_1 = F_0/P_0$ —компания оставляет соотношение цены и функции постоянным. Последствие 2:  $P_1 > P_0 + (C_1 - C_0)$  (размер прибыли для компании увеличивается), где,  $F_1 = 0$  значение функциональности для потребителя;  $C_1 = 0$  стоимость продукта для компании;  $C_1 = 0$  стоимость продукта для компании;  $C_1 = 0$  стоимость продукта для компании;  $C_1 = 0$  стоимость продукта для компании продукта.

- изменения по процессам предполагают реализацию подхода «технологических инновации продукта и процесса (TPP)» и включают значительные технологические улучшения в производственном процессе (инновация процесса).
- проект направлен на расширение компетенций действующего производства и создания нового семейства продукта: 1) мосты управляемые, неуправляемые и ведущие (их агрегаты и компоненты) перспективных дорожных грузовых автомобилей с нагрузкой на мост до 13т.; 2) мосты управляемые, неуправляемые и ведущие (их агрегаты и компоненты) городских автобусов большого и особо большого классаза счет развития корпоративных систем (систем «продукт-производство») дооснащения дополнительных рабочих мест высокотехнологичным оборудованием для механической обработки компонентов агрегатов и сборочно-стендовым оборудованием с применением систем «активной сборки».

На отечественном рынке в выбранном сегменте в рамках проекта доминируют зарубежные продукты «ZF», «RABA», «HANDE», «ISUZU», «BEIBEN», «MAN» однако, ослабление рубля позволяют производителям отечественного машиностроения поддерживать свою долю на рынке. Проектом

рассматривается развитие новой линейки агрегатов для перспективных автобусов ЛИАЗ и автомобилей УРАЛ. В настоящий момент необходимые агрегаты поставляются или рассматриваются к поставкам только от зарубежных производителей, аналогов в РФ не производится (таблица 106).

Таблица 106 – Средняя стоимость мостов в проекте (в рассматриваемом сегменте), тыс.руб.

	Мост ЛИАЗ -5256	МостЛИ A3 5293, CITY12L E	МостУР АЛ, С26 Т26	Мост проходной УРАЛ, С26 Т26	ОсьЛИ A3, CITY 9LE/9L F	ОсьЛИАЗ, CITY 12LE/12LF/ 18LF	Ось УРАЛ, С26 Т26
Hande Axle	_	_	192,00	210,00	_	_	130,00
RABA	231,35	208,28	458,88	553,83	_	293,35	_
MAN	_	_	359,91	425,70	_,	_	201,24
ZF	_	_	_	_	269,98	264,40	_
Dana	_	536,00	_	_	277,10	_	_

Источник: систематизировано автором с использованием данных п/п

Рынок заявленного продукта в РФ представлен преимущественно иностранными производителями, но ввиду того что иностранные компании не имеют намерений создать производство такого типа мостов и осей, на рынке потенциально остается только игрок – ПАО «КАМАЗ», который на базе своих компетенций может создать линейку агрегатов рассматриваемых проектом.

Таблица 107 – Поставщики импортируемой продукции (основные конкуренты в рамках проекта)

Компания	Описание
Группа	Корпорация РФ, входящая в 20-ку производителей тяжёлых (массой более 16
компаний	тонн) грузовых автомобилей марового уровня. Производственные мощности
«КАМАЗ	составляют 71000 авто. в год. Для комплектации автомобилей применяет мосты
<b>»</b>	и оси производства АЗ ПАО «КАМАЗ» (входит в состав компании), так же
	применяет импортную линейку агрегатов

Компания	Описание				
RABA,	Венгерское предприятие, выпускающее грузовые автомобили, автобусы и				
ВЕНГРИ	машино-комплекты, двигатели, трансмиссии и ведущие мосты, а также				
Я	собственную 12-ти ступенчатую коробку передач. Обладает опытом и опытно-				
	исследовательских разработок, и в производствеходовых частей и узлов				
	ходовых частей транспортных средств.Продукция устанавливается				
	преимущественно на средних и тяжёлых грузовых автомобилях и автобусах				
Концерн	Производитель и разработчик шасси и коробок переключения передач для				
ZF	транспортных средств коммерческого, строительного и дорожного назначения:				
(Фридрих	АКПП и МКПП; амортизаторы; сцепления; рулевые рейки;				
схафен,	резинометаллические изделия; мосты; рулевые механизмы; подвески и другие				
Германия	автокомпоненты.				
)					
Shaanxi	В 2003 году компания «WEICHAI POWER» и автомобильная группа «Shaanxi»				
Hande	образовали совместное предприятие по производству мостов под названием				
Axle	«Shaanxi HanDe Axle Co., Ltd.», торговая марка «HANDE». Обладает опытом и				
(Китай)	опытно-исследовательских разработок, и в производствемостов и осей				

Источник: систематизировано автором по данным сайтов п/п

### Технологические изменения по проекту:

- полный цикл механической обработки компонентов мостов и осей на сборку основанный на включение в технологию производства новейших высокоточных обрабатывающих центров с системами ЧПУ;
- новое сборочное производство позволяющее контролировать процесс сборки, как компонентов, так и агрегата в целом с возможностью совершенствования операции сборки;
- введенная в строй и модернизированная технология производства мостов и осей для автобусов ООО «ЛИАЗ» (в настоящий момент законсервирована);
- дополнительные возможности по загрузке действующего заготовительного производства предприятий ПАО «ГАЗ» (литейное и кузнечное производство);
- дополнительные возможности по загрузке действующего окрасочного производства.

#### Организационный план предусматривает:

- создание семейства продуктов за счет расширения номенклатуры производства тяжелых мостов и осей и мостов на площадке АО «Канашский автоагрегатный завод»;
- совершенствование производственной системы в части развития ключевых технологий –внедрения высокоточной механической обработкии комплексной системы сборочных операций с использованием специализированного инструмента.
- достижение унификациикомпонентной базы для производства мостов и осей АО «АЗ «УРАЛ» и ООО «ЛИАЗ», объединение технологий.

Эффект от реализации проекта достигается за счет получения собственного продукта с относительно низкой рыночной стоимостью.

Последовательность формирования системы создания продукта:

- 1 Этап. Концептуализация системы продукта, включая:
- 1. Проектирование и изготовление прототипов продукции, испытания. Проектирование и изготовление прототипов продукции, опытных серий: Ось передняя 429260-3000012 для автобусов ЛИАЗ СІТУ 9LE; 9LF; Ось передняя 5292-3000012 для автобусов ЛИАЗ СІТУ 12LE; 12LF; 18LF; Мост ведущий 22.2400012-40Д для автобусов ЛИАЗ СІТУ; Мост ведущий С26-2400010, мост проходной С26-2500010 и ось С26-3000012 для платформы УРАЛ-С с объединенной компонентной базой УРАЛ и ЛИАЗ. Опережающая подготовка производства для опытных образцов: подготовка производства отливок; подготовка производства поковок; внутренняя подготовка производства; производство опытных образцов и проведение испытаний.
- 2. Экспертиза и развитие действующего производства: определение технологических возможностей действующего производства, соисполнителей видов работ, которые технологически невозможно проводить на существующих производственных мощностях.
- 3. Оценка перспектив развития производственной системы посредством приобретения оборудования для проведения механообработки оригинальных

деталей ходовых агрегатов: токарный обрабатывающий центр, фрезерный обрабатывающий центрустановка лазерной резки;комплект системы контроля момента затяжки при сборке; подготовки площадей цеха для строительства фундаментов; перемонтаж действующего оборудования, строительномонтажные работы, подготовка производства.

Таблица 108- Основные этапы работ по проекту

No	Наименование этапа	Уд.вес.	Результат этапа	Факт
1.	Разработка конструкторской документации (КД) на изготовление опытного образца	7	Комплект конструкторской документации на опытный образец	+
2.	Тестовые испытания математических моделей компонентов конструкции опытного образца	6	Комплект документации с характеристиками конструкции опытного образца	+
3.	Доработка конструкторской документации по результатам тестовых испытаний	6	Доработанный по результатам тестовых испытаний комплект КД	+
4.	Разработка технологической документации (ТД) на изготовление опытного образца	8	Комплект технологической документации на опытный образец	+
5.	Проектирование специальной технологической оснастки	6	Комплект КД на специальную технологическую оснастку	+
6.	Разработка технологической документации на изготовление технологической оснастки	6	Комплект ТД на специальную технологическую оснастку	+
7.	Изготовление технологической оснастки	5	Комплект специальной технологической оснастки	+
8.	Изготовление опытного образца	8	Опытный образец моста изготовленный в соответствии с КД и ТД	+
9.	Заводские испытания опытного образца	6	Протокол заводских испытаний. Отчет о заводских испытаниях с рекомендациями по коррекции КД и ТД	+
10.	Доработка конструкторской документации по результатам изготовления опытного образца	7	Доработанный по результатам заводских испытаний комплект КД	+
11.	Доработка технологической документации по результатам изготовления опытного образца	7	Доработанный по результатам заводских испытаний комплект ТД	+

No	Наименование этапа	Уд.вес.	Результат этапа	Факт
12.	Испытание опытных образцов в	6	Получение одобрения типа	+
	составе транспортного средства	U	транспортного средства	T
13.	Разработка конструкторской		Комплект конструкторской	
	документации (КД) на	8	документации на серийную	+
	изготовление серийного	O	продукцию	
	продукта			
14	Разработка технологической		Комплект технологической	
	документации (ТД) на	8	документации на серийную	+
	изготовление серийного	0	продукцию	
	продукта			
15.	Периодические испытания (1	5	Протокол испытаний	+
	раз в 3 года)	3		T

Источник: систематизировано автором на основе нормативно-правовой базы РФ и отчетных значений (Минпромторг: https://minpromtorg.gov.ru/)

Останавливаясь подробнее на реализации предложенной методологии концептуализации продукта, производные концепций осей и мостов не предполагают измененной конструкции, но использует принципы улучшения совместимости вариантов, предполагающих экономию затрат на уровне производства. Первая концепция улучшенную имеет значительно индивидуальную конструкцию, где на девять из двенадцати вариантов компонентов влияет одна отличительная черта, улучшение в отношении критериев дифференциации и сокращения разнообразия А-части (АВС-анализ). С другой стороны, в существующем семействе продуктов есть 15 вариантов, включая четыре части А. Целью второй концепции является обеспечение вариативности продукта на фоне недопущения завышения затрат. На уровне компонентов используется модульная конструкция элементов продукта.

На основе модулей и отдельных элементов в конструктивном комплекте обеспечивается разнообразие продукта. Это значительно снижает затраты на сопутствующие дополнительные компоненты, как и отказ от использования мехатронных принципов работы или альтернативных функциональных структур при разработке. Отсутствие изменения функциональной структуры также позволяет избежать нежелательного завышения размеров первой концепции. По второй концепции улучшение критериев дифференциации и

сокращения сопоставимо с первой концепцией, количество вариантов компонентов сокращено до двенадцати, а количество вариантов А-частей - до одной. Что касается критерия однозначного распределения, вторая концепция дает значительно меньшее улучшение. На десять из двенадцати различных компонентов влияют несколько отличительных черт.

Целью следующих альтернативных концепций двух является использование степеней свободы нового дизайна, чтобы продемонстрировать потенциал совместимого с вариантами дизайна продукта семейства. Третья концепция позволяет избежать нежелательного завышения размеров, четвертая стремится к максимально возможному однозначному распределению Функциональная структура третьей концепции переработана в соответствии с подходом «отсрочить создание вариантов». На уровне компонентов модифицированная форма разделенной системы предполагает установку либо одного элемента посередине, либо двух рядом друг с другом. В результате, в зависимости от количества ТЭО-характеристик требуется один или два блока. Сдвиг в настройке также уменьшает разнообразие используемых элементов. Третья концепция является наибольшим улучшением в отношении критериев дифференциации и сокращения – длясоздания разнообразия требуется одиннадцать вариантов компонентов. Цель четвертой концепции без каких-либо ограничений показать потенциал соответствующей варианту конструкции семейства. На уровне принципов работы принимаются все решения третьей концепции. всегда используется принцип двух деталей, а не блок деталей. Элемент «х» устанавливается централизованно и имеет две отличительных характеристики. В этой концепции также настройка ширины сектора интегрирована как фиксированная геометрия в варианты элементов. Из предварительных расчетов стоимостиопределено, что почти все варианты компонентов имеют низкую пропорциональную стоимость и небольшое количество соединений и напрямую связаны с отличительной особенностью. Концепция показывает наибольшее улучшение с точки зрения дифференциации критериев, сокращения и индивидуального назначения. На этапе цели критериям оценки присваиваются значения свойств.

Определение производных осуществляется с помощью соотнесения четырех концепций. Сравнение показывает, что все концепции приводят к значительному улучшению в отношении дифференциации критериев и сокращению внутреннего разнообразия базового продукта. Четвертая концепция обеспечивает наибольшее улучшение по этим критериям. Что касается критерия однозначной корреляции, четвертая и первая концепции достигают наибольшего улучшения. Вторая и третья концепции достигли небольшого улучшения. Семейство сравнительно продуктов близко приближено к идеалу разделения через каждую концепцию; есть лишь незначительные различия между концепциями. При этом, четвертая концепция обеспечивает наиболее близкое приближение к идеалу соответствующих Кроме вариантов семейств продуктов. τογο, сравнение осуществляется с учетом технических и экономических критериев, а также пригодности вариантов в соответствии с VDI 2225. В случае с семейством осей и мостов эта система оценки состоит из следующих групп критериев, каждое из которых детализируется с использованием индивидуальных критериев:

- Выполнение технических требований (качественные характеристики)
- -Разработка концепции (усилия и риск)
- -Производственные затраты
- Адаптивность вариантов.

Основная цель проекта - добиться экономии на масштабе производства и тем самым снизить производственные затраты на продукты по проекту. Чтобы ЛИ производственные проверить, была достигнута эта цель, продуктом наэталонный вариант сравниваются cсуществующим анализируются, в какой степени существует эффект масштаба. Анализ внутреннего разнообразия концепции, основанной на вариантах, показывает, что при одной и той же декомпозиции необходимо всего 28 различных

компонентов для представления всего семейства продуктов. Существующая концепция требует 46 различных компонентов. В случае эталонного варианта стоимость вариантной доли снижается с 86% до 32%. Таким образом, 58% стоимости переносится с варианта на стандартную деталь. Описанная ситуация предполагает возможность существенного снижения производственных затрат фоне реализации эффекта масштаба производства. Таким образом, достигается главная цель проекта, соответствующего варианту конструкции продукта - снижение затрат на производство серии. Дополнительный потенциал модульной возникает благодаря адаптации концепции. Сложность конфигурации и затраты на окончательную сборку невелики, поэтому создание вариантов можно отложить. Результатом является возможность предлагать весь спектр продуктов с небольшими капитальными затратами из-за недорогих вариантов компонентов. Кроме того, экономия затрат в цепочке создания стоимости создает новый диапазон ценообразования – разрабатываемое поколение семейства продуктов должно занять бо'льшую долю рынка, затратам. Таким образом, чувствительного К окончательная концепция позволяет достичь всех основных целей проекта с минимальными усилиями по разработке. Выбранная концепция семейства значительно сокращает внутреннее разнообразие. При одинаковом составе количество различных компонентов в семействе продуктов сокращается с 46 до 28, т.е. на 39%, не ограничивая внешнее разнообразие. Кроме того, разнообразие может быть даже увеличено модульной системы без дополнительных за счет усилий. Тематическое исследование показывает, ЧТО поддерживается соответствующая варианту конструкция функциональных структур, активных принципов и компонентов.

Процедура стоимостной оценки включает шаги:

Шаг 1. Технические характеристики оформлены в «контрольный список» потребностей заказчиков с градацией: низкая стоимость приобретения (стоимость материалов, производства и сборки) и низкая стоимость

использования (стоимость эксплуатации, обслуживания, демонтажа и утилизации).

Установление технических требований. И стоимостных Определены технические требования к продукту: срок службы, масса, потребляемая мощность, сила, прилагаемая к подъемной системе, продольная длина системы, общая высота системы, стандартизованные детали. Требования к стоимости складываются из затрат на изготовление, материалов, сборки подсистемы, эксплуатации продукта, обслуживание, изъятие и утилизацию, начальноготестирования, оценки и модификация продукта. Определяются требования к дизайну, основанные на их взаимосвязи с потребности клиентов, QFD. Требования матрицу К конструкции продукта ИХ соответствующие относительные веса перечислены в таблице 109.

Таблица 109 – Система требований и относительный вес (фрагмент)

Требования	Относительн	Относительный вес				
	PRrp (%)	PRrc (%)	PRrt (%)			
1. Стоимость изготовления	11,31	25,11				
2. Macca	8,65		15,73			
3. Стоимость материалов	8,54	18,96				
4. Стоимость эксплуатации	7,47	16,59				
5. Потребляемая мощность	6,48		11,79			
6. Стандартизированные части	5,37		9,77			
7. Стоимость сборки подсистем	4,26	9,45				
8. Стоимость модификации продукта	3,19	7,07				
9. Стоимость тестирования и оценки	1,97	4,16				
10. Стоимость первоначальной	0,61	1,36				
логистической поддержки						
Сумма весов	100	100	100			

Источник: систематизировано автором по данным п/п, на основе подхода к разработке эффективных продуктов М.Мартина [215], методов управления затратами, используемых при разработке новых продуктов С.Моралес [226], а также «технической стоимости»и показателей эффективности (ТРМ)

Таблица 110- Технические характеристики номенклатуры осей, планируемых к производству по проекту

			Технические	характеристи	ки					
<b>№</b> π/π	Агрегат		Допустимая нагрузка, Н	Прогиб центральной части балки, мм	Тип и диаметр тормоза, мм	Масса оси, кг	Рессорная колея, мм	Колея колес, мм	Габарит, мм	Диаметр по шпилькам колеса, мм
1	Ось КААЗ 5292 – 3000012	ЛИАЗ CITY 12LE; 12LF; 18LF	75 000	205	Дисковые 430	490	1 180	2 096	2 498	335
2	Ось КААЗ C26 – 3000012	УРАЛ MIXUSAGE C26; T26	75 000	100	Барабанные 420	405	880	2 068	2 478	335
3*	* Ось КААЗ 429260-3000012	ЛИАЗ CITY 9LE; 9LF	50 000	113	Дисковые 375	340	1 015	2 147	2 501	275

<sup>\*</sup> Ось 429260 – 3000012 ( SOP 2016г.) включена в проект по причине необходимости изменения устаревшей технологии производства её компонентов

Источник: данные п/п

Таблица 111 – Технические характеристики номенклатуры ведущих мостов, планируемых к производству по проекту

		Технические характеристики								
<b>№</b> п/п	Агрегат	Потребитель	Допустимая нагрузка, Н	Общее передаточное число	Тип и диаметр тормоза, мм	Масса моста, кг	Рессорная колея, мм	Колея колес, мм	Габарит, мм	Диаметр по шпилькам колеса, мм
1	Мост КААЗ 22.2400012 – 40	ЛИАЗ - 5256	120 000	5,6	Барабанные 410	610	1 020	1 840	2 360	335
2	Мост КААЗ 22.2400012 – 40Д	ЛИАЗ - 5293 CITY 12LE	120 000	5,6	Дисковые 430	576,7	1 020	1 840	2 350	335
3	Мост КААЗ С26-2400010	УРАЛ MIXUSAGE C26; T26	100 000	4,8	Барабанные 420	~ 690	936	1 790	2 258	335
4	Мост КААЗ С26-2500010 проходной	УРАЛ MIXUSAGE C26; T26	100 000	4,8	Барабанные 420	~ 800	936	1 790	2 258	335

Источник: данные п/п

В первом столбце относительных весов показаны рассчитанные значения весов с учетом, вместе взятых, технических и стоимостных требований. Во втором столбце представлены значения весов, рассчитанные с учетом только затрат жизненного цикла, а в третьих значения весов, рассчитанные только с учетом технических требований. Стоимость продукта включает, в основном, затраты на производство, материалы, эксплуатацию и техническое обслуживание.

Шаг 3: Определение технических и стоимостных характеристик продукта Методология предлагает установить технические характеристики и стоимость продукции. Технические характеристики продукта приведены в таблице 108.

Стоимостные характеристики продукта в относительном значении представлены в таблице 112.

Таблица 112 – Характеристики относительной стоимости продукции

Затраты на жизненный цикл	Относительная стоимость -
	ECRn (%)
Стоимость изготовления	40
Затраты на материалы	25
Стоимость обслуживания	10
Стоимость эксплуатации продукта	10
Стоимость сборки подсистем	5
Стоимость модификации изделия	2
Стоимость вывоза и утилизации продукта	2
Стоимость тестирования и оценки	5
Первоначальная стоимость материально-технического	1
обеспечения	

Источник: систематизировано автором по данным п/п, на основе подхода к разработке эффективных продуктов М.Мартина [215]

Предлагаемая последовательность оценки стоимости представляет собой первоначальный подход к оценке затрат в PD-процессе в пункте 1, позволяя принимать решения на оперативном уровне при выборе функциональной структуры и альтернативного дизайна продукта.Следует отметить, что при оценке функциональных структур не учитывается стоимость конструкций, только указание на то, какая из них имеет относительно ниже сравнительную

стоимость. Это связано с высоким уровнем абстракции доступной информации, а также с тем, что существующие методы оценки не позволяют применять ее совместимым образом с доступной информацией.

Суммируя данные по фактической реализации проекта, отмечаем концептуальные проблемыРD-проектирования:

- понимание дефицита ресурсов и важности затрат, рационального распределения ресурсов относитсяк способности перемещать ресурсы из одного проекта в другой;
  - -наличие инженерного потенциала у поставщиков (стейкхолдеров);
- необходимость интеграции и адаптации передовых технологий;
   наличие технической компетентности означаетспособность принимать новые
   знания, учиться и принимать вызовы;
  - минимизация сопротивлению изменениям в разработке продукта
  - потенциал к быстрым изменениям.

Увеличение количества вариантов продуктов (его функциональности) приводит к «взрыву стоимости» производства, где «затраты на сложность» формируются в части:

1) затрат на дополнительные объемы выпуска продукции в рамках заданных процессов. Решающим фактором для уровня сложности затрат является количество дополнительных вариантов, количество дополнительных компонентов, поставщиков, потребителей и т.д. Затраты на сложность не пропорциональны количеству вариантов, накладные затраты увеличиваются; 2) затрат на модификацию или перепроектирование процессов планирования материалов, подготовки работ и обработки заказов; 3) затрат на эксплуатацию новых или модифицированных процессов из-за изменения технологий (систем процессов), либо администрирования бо́льшего ДЛЯ числа вариантов производства. Например: в исходной ситуации производится только продукт «Ось ЛИАЗ, CITY 12LE/12LF/18LF» в количестве 1000 единиц за период. Необходимо определить, какое влияние оказывает расширение производственной программы на вариант продукта «Ось ЛИАЗ, СІТУ 9LЕ/9LF» в количестве 150 единиц на фоне относительного сокращения производства продукта «Ось ЛИАЗ, СІТУ 12LЕ/12LF/18LF» до 950 единиц. Для упрощения примера рассматриваются только затраты на материалы. Информационная основа для расчета доплаты: прямые производственные затраты «Ось ЛИАЗ, СІТУ 12LЕ/12LF/18LF» — 15 000 тыс.руб., прямые производственные затраты «Ось ЛИАЗ, СІТУ 9LЕ/9LF» — 3000 тыс.руб. Расходы на материалы для заказов материалов до расширения производственной программы 2000 тыс.руб.

Ставка надбавки на материальные затраты рассчитывается на уровне 13,3% путем объединения накладных расходов на материалы в 2000 тыс.руб. с прямыми производственными затратами в 15 000 тыс.руб. Это означает, что при заказе второго варианта в производственную программу следует ожидать дополнительных накладных расходов на материалы в 399 тыс.руб. (13,3% от 3000 тыс.руб. на производственные затраты) для заказов на материалы. Информационная база для учета затрат процесса: расходы на материалы для заказов материалов до расширения производственной программы 2000 тыс.руб., всего закупок материалов 20, в зависимости от количества вариантов 10, из которых в зависимости от объема производства 10. Расходы на процесс закупки материалов составляют 100 тыс.руб. (2000 тыс.руб. распределены по 20 закупкам материалов). Для дополнительного варианта необходимо 10 заготовок материала и для увеличения количества от 1000 до 1100 единиц измерения необходима дополнительная заготовка материала (10 заготовок материала на 1000 единиц измерения). В целом, при учете затрат на технологический процесс рассчитывается 11 дополнительных закупок материалов на сумму 100 тыс.руб. каждая и, следовательно, 1100 тыс.руб. дополнительных затрат. Этот расчет основывается главным образом на том факте, что количество необходимых заготовок материала делится на категории «в зависимости от количества вариантов» и «в зависимости от объема производства». При этом возникает вопрос о технологии данного разделения на практике. Далее, интегрированный учет затрат на процесс не определяет требуемые объемы действий процесса путем оценки разделения на количественные и вариантные количественные требования к количеству операций процесса. Вместо этого альтернативное производство и непроизводство варианта «Ось ЛИАЗ, СІТУ 9LЕ/9LF» исследуются на предмет их потребности в процессе. Для определения требуемых количественных требований к выходному процессу для варианта В используются такие критерии, как: количество дополнительных материалов и элементов, необходимых для варианта «Ось ЛИАЗ, СІТУ 9LЕ/9LF». Из-за существенной доли оригинальных элементов конструкции в варианте «Ось ЛИАЗ, СІТУ 9LЕ/9LF», этот анализ приводит к тому, что в дополнение к 20 другим 14 на сегодняшний день необходимо выполнить 34 закупки материала при расширении производственной программы, что определяет рост суммарных затрат на материалы (таблица 113).

Таблица 113 – Уровни доступности процесса заготовки материала

№	Количество закупок материалов	Стоимость материальных закупок за
		период, тыс.руб.
1	1 - 10	900
2	11 - 20	2000
3	21 - 30	3300
4	31 - 40	4900

Источник: данные п/п

В зависимости от включения варианта «Ось ЛИАЗ, CITY 9LE/9LF» в программу процесс заготовки производственную материала должен выполняться либо на уровне доступности 2 (вариант «Ось ЛИАЗ, СІТУ 12LE/12LF/18LF» ведет к 20 заготовкам материала), либо 4 (варианты первый и второй приводят к 34 заготовкам материала). Разница в 2900 тыс.руб. связана с увеличением разнообразия вариантов – включением варианта «Ось ЛИАЗ, CITY 9LE/9LF». Кроме того, более высокая пропускная способность приводит к увеличению усилий по координации, что приводит к непропорциональному увеличению затрат. Приведенный расчет показывает, что дополнительный вариант продукта приводит к различным дополнительным затратам в зависимости от загруженности различных процессов.

В этой связи, наиболее существенными выводами в настоящий период можно считать следующее: начальный уровень сложности выше, если гибкая производственная система уже используется, при том, что максимальная гибкость ставится под сомнение — эта технология вызывает резкое увеличение накладных и постоянных затрат. При этом, дополнительные затраты, вызванные новыми процессами, могут быть отнесены только к тем вариантам продукта, для производства которых необходимо настроить эти процессы.

Определения результативности системы строится исходя из позиции, что инструментарий оценки делится на: 1) основных компетенции; 2) карту компонентов.

Основанием выступает теоретическая позиция ряда исследователей, утверждающих, что изменения производительности обуславливается: а) организационной структурой, где структура — это и теория о том, как все должно работать, и о том, как организация взаимодействует с последующим процессом, продуктами, своими клиентами И поставщиками; б) организационной компетентностью и в) организационной культурой. В авторском прочтении, определение функциональности (эффективности) системы предлагаем выстраивать исходя из функциональной компетентности PD-деятельности на различных этапах процесса. Под компетенциями в исследовании подразумеваются факторы успешного развития производителя.

По замыслу, рамках исследования инструментом В результативности реализации проекта выступает оценка эффективности сотрудничества производителя со стейкхолдерами при разработке продукта. Разработка участников продукта совокупностью представляет собой потенциальный фактор успеха, вероятность которого может быть оценена посредством наложения профилей процессов: «собственная разработка», «разработка В сотрудничестве» технических показателей части эффективности (TPM) применительно к каждому этапу PD-процесса.

Инструментом сопоставления результативности реализации альтернативных проектов предлагается считать показатель:

Результативность системы (R) = (Уровень реализации PD-конструкции / Уровень значимости этапа конструкции $) \cdot 100\%$  (16)

#### Методика сопоставления:

- 1 Шаг. Этапы PD-конструкции ранжируются: от 1 до 5, где рост начения отражает рост значимости этапа для процесса разработки в целом.
- 2 Шаг. Рейтинг этапов PD-конструкции соотносится с соответствующим рейтингом результативности реализации этапа процесса, формируя фокус-индекс (FI) (уровень) PD-конструкции.

Фокус-индекс элемента систем (FI) = (Рейтинг степени важности элемента системы/ Рейтинг степени результативности конструкции) · 100% (17)

где FI = 1 – норма; FI < 1 – недостаточность усилий; FI > 1 – избыточность усилий этапа, что снижает его добавленную стоимость. *Пример расчета по методике*:

1. Расчет результативности использования системы создания продукта:

Таблица 114 — Эффективность реализации PD-системы в рамках систематизации функциональных компетенций

		Уровень	Уровень	Результативнос
	Этап PD-проекта *	значимости	реализации	ть $(R = 6/a) x$
		этапа (а), %	этапа (б), %	100,%
1	Разработка концепции	67,12	43,28	64,48
2	Дизайн продукта	82,74	59,82	72,29
3	Техническое воплощение системы	79,18	56,19	70,96
4	Детальное проектирование	83,16	59,17	71,15
5	Коммерциализация	85,25	67,8	79,54

Источник: составлена автором на основе модели планирования стоимости и графика проекта разработки Т Браунинга, С.Эппингера [98], ключевых компетенций моделирования разработки продукта Т Браунинга, Э. Фрике [99], подхода к оценке эффективности разработки продукта К.Кларка [108]

## 2. Расчет результативности использования РD-конструкции системы:

Таблица 115 — Результативности использования PD-конструкции системы (пример)

Ранжир ование	Этап PD-конструкции	Уровень значимости этапа (а), %	Уровень реализации этапа (б), %	Результативнос ть $(R = 6/a) x$ 100%, %
1	Эффективность инвестиций в НИОКР	78,91	62,31	78,96
2	Удовлетворение ожиданий клиентов	86,88	60,12	69,19
3	Перспектива стратегического управления	85,97	58,13	67,61
4	Управление процессами качества	75,12	48,14	64,08
5	Разработка и внедр. технологий	92,11	58,13	36,11
6	Разработка и внедр. инноваций	89,96	51,12	26,83
7	Управление знаниями	79,89	48,18	60,31

Источник: составлена автором на основе практик запуска идеи по разработке продукта и его управления Р.Купера, С.Эджетта [116], моделей Т Браунинга, С.Эппингера [98], Э. Фрике [99], подхода К.Кларка [108]

## 3. Расчет фокус- индекса элемента системы создания продукта:

Таблица 116 – Фокус-уровень РD-системы

№	Конструкции PD-процесса	Уровень значимост и этапа, %	Ранжир ование (a)	Результа тивность , %	R - Рейтин г (б)	Фокус - индек с (а/б)
1	Разработка концепции	73,45	5	64,48	5	1,0
2	Дизайн продукта	76,39	4	72,29	2	2,0
3	Техническое воплощение системы	81,79	3	70,96	4	0,75
4	Детальное проектирование продукта, системы	82,91	2	71,15	3	0,66
5	Коммерциализация	91,04	1	79,54	1	1,0

Источник: составлена автором на основе практик запуска идеи по разработке продукта и его управления Р.Купера, С.Эджетта [116], моделей Т Браунинга, С.Эппингера [98], Э. Фрике [99], подхода К.Кларка [108]

## 4. Расчет фокус-индекса использования РD-конструкции в целом:

Таблица 117 – Фокус-уровень использования РД-конструкции в целом

No	PD-процесса управление	Уровень значимости	Ранжиро вание (a)	Результат ивность,	R - Рейтинг	Фокус- индекс
		этапа, %	вание (а)	%	(б)	(a/б)
1	Эффективность инвестиций в НИОКР	78,91	6	78,96	1	6,00
2	Удовлетворение ожиданий клиентов	86,90	3	69,19	2	1,5
3	Стратегическая перспектива управления	84,90	4	67,61	3	1,33
4	Управление процессами качества	81,21	5	64,08	4	1,25
5	Разработка и внедр. технологий	89,42	1	36,11	6	0,16
6	Разработка и внедр. инноваций	87,89	2	26,83	7	0,28
7	Управление знаниями	78,56	7	60,31	5	1,4

Источник: составлена автором на основе методики количественной оценки влияния разработки продукта на стоимость М.Боера [91], практик запуска идеи по разработке продукта и его управления Р.Купера, С.Эджетта [116], моделей Т Браунинга, С.Эппингера [98], Э. Фрике [99], подхода К.Кларка [108]

Расчет позволяет определить PD-элементы, по которым реализуется избыточная и неэффективная комплексная совместная разработка продукта в системе «производитель-стейкхолдеры», что позволяет в случае неэффективности заменить интегрированную разработку продукта на частичный аутсорсинг системным поставщикам.

# Таким образом:

Организационные меры как предпосылки успешной реализации техникотехнологических мер включают: улучшение коммуникации между разработчиками аналогичных продуктов, оценку затрат на внедрение и изменение исходя из вариативности затрат и получаемых эффектов с позиции стоимости создаваемых вариантов продукта; с позиции цепочки создания стоимости (оценка сложности процесса).

Достижение соизмеримости затрат и получаемых положительных эффектов по проекту «система разработки продукта» возможно за счет синтеза продуктовых и производственных платформ посредством формирования

совместной платформы. Экономическая эффективность решения в зависимости от производительности и стоимости отдельной производственной системы, отдельных производственных технологий, может быть успешно применена к большим объемам выпускаемой продукции, выходящим за пределы производительности единой многоцелевой платформы. Предлагаемый подход к формированию совместной платформы посредством синтеза продуктовых и основанный на СЕ-подходе, предполагает производственных платформ, использование альтернативного решения, основанного на формировании ассоциаций между различными функциями продукта и производственными идентификации возможностями посредством возможностей системы производства, связанных с формированием каждой функции продукта в виде: 1) формирования совокупности унифицированных компонентов и модулей архитектур продукта и производственной системы на первоначальных этапах в рамках СЕ-подхода; 2) выделения элементов систем, отвечающих уникальные функции системы. Методический подход основан на использовании: общности элементов систем с целью сокращения времени отдельной операции повышения производительности, пропускной способности использования производственных «Правила И систем; ассоциаций», в данном исследовании реализуемого в два этапа: 1) генерация типичных элементов системы; 2) генерация дополнительного набора элементов систем, отвечающих за их уникальную функциональную насыщенность. Цель – выстроить производственную систему под функциональные и стоимостные характеристики производимого продукта, тем самым сократив уровень незавершенного производства в потоке и увеличив производительность труда.

Проектирование совместной платформы платформы, оптимальное с точки зрения затрат, может быть выполнено на этапе концептуализации продукта. Подтверждение 1: Параметры производственных процессов и их связь с продуктом и размером партии можно количественно оценить уже на этапе планирования. Подтверждение 2: Определение временного изменения детали с учетом неточностей процесса (разброс и отклонения) возможно на

этапе планирования. Подтверждение 3. Существует измеримая корреляция между производственными затратами и производственными параметрами. Подтверждение 4: Производственные параметры могут быть определены с минимальными затратами после изучения и планирования производственной цепочки. В отличие от существующих методов, предлагаемое решение: 1) позволяет создавать технологические цепочки расширено за счет включения конкретных процесса, учета неточностей процесса параметров проектировании производственных звеньев, количественного использования эмпирических знаний ДЛЯ определения допусков, СВЯЗИ производственных характеристик (например, допусков обработки) с базой данных знаний о производственных затратах; 2) в модулях используются эмпирические знания, позволяя рассчитывать стабильный результат в условиях неопределенности данных.

Формирование унифицированной продуктовой платформы в условиях вариантности стратегий развития производства может осуществляться посредством систематизации результатов «наилучшего» их проектирования. Останавливаясь подробнее на выделенной возможности и рассматривая существующие варианты развития систем создания продукта (открытого доступа) в 2010-хх гг., приходим к выводу, что на их результаты влияют: компонентная насыщенность платформы, конфигурация ее конструкции влияют на стоимостные показатели производства отдельного продукта, в частности, на разброс показателей затрат на производство; выбранная стратегия производства. Пролонгацией решения выступает конфигурация платформы семейства продуктов – в том числе за счет возможности использования стандартизированных элементов, стратегии производства (под заказ), политики сборки и производственной системы (реконфигурируемая) с последующими вариантами перечисленных интеграции элементов систему. Илея конфигурации платформы продуктов применима к семейству продуктов с процессами модульной сборки и разборки, не связанными с постоянными операциями, время настройки вариантов продукта прогнозируемо, часть операции выполняется вручную.

Интерактивный процесс формирования платформы в этом случае включает: 1) построение моделей продуктов и процессов, 2) дизайн платформы на основе выбранной концепции, а также предъявляемых требований к гибкости подсистем, доступности ресурсов, технологичности, существующих ограничений по проекту; 3) разработку переменных систем; 4) оценку платформы, повторные итерации; формирование альтернатив с точки зрения где: критериями характеристик, стоимости, риска, выбора экономической системы выступает: потенциальный доход (TR), стоимость разработки альтернатив (c), продолжительность цикла PLM. Отношение с / TR в модели параметризовано. Для машиностроения нормализованные значения составляют диапазон от 0,001 до 0,01 (бенчмаркинг), соответственно выступая как  $c_n \, / \, TR$ , где  $c_n$  представляет собой общую (нормализованная) стоимость разработки отдельных проектов лидеров отрасли; на уровне технологической системы эффектами являются: эффекты от выстроенных взаимосвязей, отношений между элементами системы  $(v_1i,j)$  на уровне технологической системы (в т.ч. ограничения С), снижение технологической неопределенности каждой подсистемы в проекте разработки (рі и рі) и суммарно; вероятность сочетания (р) альтернатив каждой подсистемы (Niu Nj); успех (эффективность) работы архитектуры системы  $(X_i, X_i)$ , определяемый, в т.ч. функциональностью интегрированных подсистем. Экономическая эффективность определяется соизмерением технических, технологических и экономических показателей в натуральном и стоимостном выражении через реализацию отношений. Максимизация значения экономического результата при комплексной разработке определяется путем соотнесения эталона c результатами выделенных альтернатив параллельной разработки продукта.

Результаты внедрения сформированной системы разработки продукта рядом предприятий среднего машиностроения, а также предпосылки к

практической апробации сформированной системы разработки продукта отражены в таблице 118.

Таблица 118 — Предпосылки практической апробации сформированной системы разработки продуктов

Условия реализации	Предприятие	Предприятие	Предприятие	Предприятие
	1	2	3	4
Количество разработчиков –	+		+	
200-400 человек				
Проекты развития	+		+	
Инструментарий оценки и	+	+	+	+
управления				
Использование	+	+	+	+
сбалансированной системы				
показателей				
Доступ стейкхолдеров к	+	+		+
технологиям вендора				
Увеличение расходов на	+	+	+	+
формирование РД-системы				
Инвестиции в инфраструктуру	+	_	_	+
Сопротивление изменениям в	+	+	+	+
разработке продукта				

Источник: сравнительная оценка данных п/п

Концептуальные проблемы PD-проектирования на момент внедрения:

1) основные факторы влияния –время, уникальные процессы, затраты (в соотношении запланированные – фактические), сложность (таблица 119).

Таблица 119 – Инженерные часы на интегрированную систему Предприятия 1

	опера-	опера-	опера-	опера-	Двойное
	ция 1	ция 2	ция 3	ция 4	рабочее
					пространство
					MTP
Время переналадки, переключения на	5,0	20,0	10,0	10,0	25,0
партию					
Время смены элемента на другой	0,2	0,3	0,3	0,1	0,4
элемент					
Время обработки заготовки	0,5	1,0	0,3	0,3	1,3 (основная
					заготовка)
Время производства партии	75,0	150,0	70,0	50,0	195,0

Источник: сравнительная оценка данных п/п

2) прямая зависимость увеличения вариативности продуктов с ростом стоимости производства из-за роста затрат «на сложность» (таблица 120).

Таблица 120 – Структура затрат на сложность и их относительный вес (фрагмент)

Элементы затрат на сложность	Относительный вес				
	Предприятие 1	Предприятие 2	Предприятие 3		
	(%)	(%)	(%)		
1. Стоимость изготовления	11,31	25,11	_		
2. Macca	8,65	_	15,73		
3. Стоимость материалов	8,54	18,96	_		
4. Стоимость эксплуатации	7,47	16,59	_		
5. Потребляемая мощность	6,48	_	11,79		
6. Стандартизированные части	5,37	_	9,77		
7. Стоимость сборки подсистем	4,26	9,45	_		
8. Стоимость модификации продукта	3,19	7,07	_		
9. Стоимость тестирования и оценки	1,97	4,16	_		
10. Стоимость первоначальной	0,61	1,36	_		
логистической поддержки					
Сумма весов	100	100	100		

Источник: сравнительная оценка данных п/п

Систематизация оценки эффективности (результативности) сформированной системы разработки продукта:

1) позволила выстроить производственной системы под функциональные характеристики производимого продукта, сократив уровень незавершенного производства в потоке, увеличить производительность труда по проекту, способности системы основываясь на К извлечению связей между структурными компонентами производственной системы и особенностями обрабатываемых деталей/элементов продукта, сократить затраты на производство, на сложность, снизить стоимость конечного продукта;

2) открыла возможность дальнейших исследований — операционализации метрик с учетом PLM-цикла, в «макросистеме» всей совокупности участников, где инструментом анализа результативности реализации PD-проекта выступает показатель, обозначаемый «результативность системы».

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Предпосылкой роста значимости проектных решений по продукту становится резкая трансформация подходов к вопросу, начиная с середины XX века: традиционное выжедение в качестве отдельного бизнес-процесса, переходом производственно системы c последующим элемента К равнозначности производственных систем и систем разработки продукта и достижение этапа, когда комплексная разработка продукта (IPD-подход) превалирует над разработкой производственной, корпоративной и иных систем. Соответственно, инструментом противодействия высокому уровню конкурентного давления и повышения конкурентоспособности компании сообществом машиностроения научным предлагается использование примуществ сотрудничества при разработке продукта, которое позволяет производителю выйти за пределы ограничения ноу-хау и мощностей и, обеспечив дополнительные инвестиции в мощности и технологии, получить альтернативность выбора. Сосредоточение внимания на «интегрированном управлении разработкой и развитием продукта» можно найти в совместных комплексных исследовательских проектах на основе кооперации (RJVподход), объединении с целью совместного использования результатов исследований (RSJV-подход), в теориях формирования «производственных ассоциаций И спонтанных сетей» «корпоративных сетей», «сетей компетенций». В современной экономике системная, комплексная разработка продукта обеспечивает сокращение общего времени выполнения проекта, снижение затрат, повышение производительности труда, где экономия временных затрат достигается за счет совмещения этапов работ, сокращению количества ошибок, допущенных на начальных фазах проекта.

Важнейшим условием реализации IPD-подхода выступает повышение эффективности процессов разработки Однако, продуктов. машиностроения, помимо современного преимуществ, выявляет недостатков: затраты на разработку и риски для качества продукта в часто растут, краткосрочном периоде ЧТО является потенциальным источником циклов доработки; процесс не является «plug-and-play», так как полная интеграция процессов разработки продукта и планирования производственной системы почти не достигается, определяя нестабильность успеха PD-проектов и по н.в.

Поступательный рост сложности производства, а также увеличение сложности продукта, определяют поэтапное развитие IPD-подхода: в 1980-х-1990-х годах идея дополняется CoPS-концепцией (концепцией сложного продукта и систем) с задачами по обеспечению контроля за критериями результативности в системах. В 2010-х гг. интенсивной технологией развития машиностроения выступает интеграция систем создания продукта и производственных систем. В 2010-2020х гг. приобретают значимость вопросы взаимодействия учатников PD-системы, включая: ODM-, OEM-/вендоры, OES/«OEM-поставщик»/ FTSs-поставщики, CEM-производители, R&D-поставщики и управление сложностью систем. Значение приобретают также взаимосвязи между разработкой продукта, её эффективностью и управлением вариантами продукта и производством; определение условий необходимости улучшения разработки продукта (конфигурации продукта, гибкость, оптимизация затрат и перемещение добавленной стоимости), разработка технологий разработки координации систем продукта, производственных Формирование систем И другое. И активное практикоприменение систем разработки продукта производителями, также обусловлено новыми требованиями и граничными условиями, с которыми сталкиваются производители машиностроения в 2010-х годах: большее количество участников и целей, междисциплинарность, распределенная разработка продукта, подвижность границ решений, авторство подходов.

Предпосылкой роста значимости систем разработки продукта также становится отраслевая практика сочетания развития производства и систем управления продукта с целью сокращения времени запуска продукта в производство – в среднем примерно на четверть за счет применения PD-технологий, посредством максимально точной координации деятельности

конструкторов и инженеров-технологов (уменьшения инженерных часов), управления логистикой, количеством элементов и платформенной насыщенностью систем «продукт-производство», моделей продукта, с позиции инжиниринга, дизайна, качества, уровня производительности. И изменение стоимости разработки продукта – каждое удвоение количества вариантов увеличивает затраты на единицу продукции примерно на 20-30%, что предопределяет потенциал темы к развитию вопросов.

Исходя из чего гипотезой исследования выступает утверждение, что развитие современного машиностроения возможно путем адаптивного, ситуативного управления системами разработки продукта на основе положений IPD-концепции (комплексной разработки продукта); путем использования сравнительно новой стратегической альтернативы: формирование трансформационных, гибких, адаптивных, интегрированных эффективных систем разработки продукта. В рассматриваемом контексте решающее значение приобретают вопросы экономического обоснования целесообразности выполнения заявленных задач.

Исходя из вышесказанного, существует необходимость антиципации проблемных ситуаций и выработки предложений по поиску решений к системному подходу комплексной разработки продукта, как интенсивной философии развития производства последующего уровня.

В соответствии с выдвинутой гипотезой исследования развитие систем разработки продукта предприятиями отрасли целесообразно рассматриватьв контексте составляющих:

1. комплексной разработки продукта с акцентом на реализацию преимуществ интеграции ODM-OEM-OESs-производителей и FTSs-CEM-R&D-поставщиков— участников систем и их исходных базовых условий (технико-технолого-экономических показателей эффективности) деятельности, определяющих степень сложности продукта. Новизна — в воде группы экономических показателей оценки;

2. управления возрастающей сложностью продукта через масштабирование стандартизацию, унификацию И части элементов формируемой системы разработки продукта за счет: 1) формирования контексте стратегии управления вариантами продукта множества); 2) реализации потенциала общности архитектуры PD-системы.

Разработку продукта определяют как процесс формирования техникоэкономической системы; как процесс многомерного адаптационного интеграционного взаимодействия участников системы; как совокупность действий по разработке сложного продукта. Применительно к отрасли машиностроения термин «разработка» описывается как «[...] внедрение в практику продуктовых и процессных проектов с целенаправленной оценкой полученных результатов, где целями разработки могут быть: решения на уровне НИОКР, техническая и проектная документация, промежуточные и конечные продукты, и т.д. Для данного исследования под разработкой продукта предлагается понимать процесс формирования экономикотехнической системы В условиях интеграционного, распределенного взаимодействия участников системы-стейкхолдеров процесса, параметрами модели которой выступают: действия / этапы, ресурсы; организационная структура, а также другие взаимоотношения, элементы и формат.

В современной экономике научным сообществом и практиками отмечается большое количество инструментов, систем, методологий, решений, применяемых с разных позиций и целеполагания: одновременное проектирование продуктов и процессов, управление сложностью продукта и т.д. исходя из чего, улучшение процесса разработки продукта также может быть представлено с позиций: интегрированной разработки продукта (процесса); одновременным проектированием всех процессов (синхронный, параллельный инжиниринг); реинжиниринга бизнес-процессов (BPR); управления жизненным циклом продукта (PLM); всеобщего управления мышлением; управления с качеством (TQM);бережливым недостаточности ресурсного обеспечения и другое.

Систему разработки продукта трактуют как: решения по основным процессам концептуализации продукта и его производства; совокупность методологий, методов, моделей, процессв потоков работ во всех областях разработки продукта, исходя из PLC-цикла продукта; совокупность выстроенных: 1) корпоративных систем («инженерия систем предприятия») – непосредственно системой производства, «превращающую проект физический артефакт» и системой создания продукта («PD-системой»); 2) сервисной системы – системы обслуживания процесса создания продукта; 3) системы поддержки продукта, включающую систему обеспечения (например, формирования компонентной базы) инструментарий поддержки операционной деятельности; совокупность вспомогательныхи конечных продуктов в соответствии с заявленным планом выпуска; совокупность функциональных элементов структуры с позиции их сформированных взаимозависимостей архитектур элементами концепции, определяющих организацию процесса разработки продукта по времени. Настоящая работа следует определению, в соответствии с которым система представляет собой набор взаимосвязанных элементов, с присущими им свойствами и функциями и представлена четырьмя подсистемами: 1) системой процессов; 2) системой действий – по ресурсному обеспечению, организационному сопровождению; 3) целевой системой, представленной корпоративной стратегией и стратегией продукта; 4) объектной системой, включающей продукты в виде промежуточных результатов, а также документов или прототипов.

Характеристики систем создания продукта выражаются через архитектуру (архитектура продукта машиностроения часто представлена платформенным подходом), т.е. природу элементов, их количество и связи между ними. Внутренними характеристиками PD-систем выступают: 1) степень сложности; 2) степень стандартизации; 3) степень новизны; 4) степень качества (в отношении отдельных систем). Ключевым показателем

«сложности» продукта является степень технологичности производства, число используемых компонентов и их взаимосвязь и др. Стандартизация, как характеристика систем создания продукта, «относится к ситуации, в которой несколько компонентов заменяются одним компонентом: а) в продукте, когда несколько уникальных компонентов заменяются общим компонентом в продукте. Делая это, можно рассчитывать на снижение сложности создаваемого продукта. б) между продуктами, когда несколько уникальных компонентов заменяются общим/единым компонентом для разных продуктах. в) между поколениями продуктов: общие компоненты используются В разных/модернизированных продуктах течение определенного периода времени. Степень стандартизации так же зависит от используемых групп машин и оборудования. Степень новизны соразмерна степени снижения технологической неопределенности при производстве новых материалов, продуктов, устройств, при формировании новых PDпроцессов, систем или существенное улучшение уже существующих. Степень качества (в отношении отдельных систем), основываясь на практикоприменении методологии PROsys, LLC в условиях отечественного 2000-х гг. на предприятиях определяется производства, начиная следующими ключевыми принципами: а) прозрачность процесса; б) синхронизация отдельных потоков работ; в) управление сроками запуска производства и вывода продукта на рынок; г) управление и контроль бюджета; д) аутсорсинг инжиниринга.

Развитие систем связанное с реализуемой создания продукта, архитектурой возможно за счет инструментов: дизайна не продукта, но семейства продуктов (посредством архитектур синтеза продуктов); конфигурации платформ «продукт-производство» через моделирование зависимостей; через сопоставление компонентов функциональных И возможностей продуктовых и производственных платформ; картирование потока создания стоимости (VSM) для отделения деятельности, не связанной с добавленной стоимостью, в процессе спецификации от деятельности по добавлению стоимости.

Под концепцией понимается: четко изложенная идея и/или стратегия будущего проекта по созданию продукта; описание продукта, технологии, производственных систем И производственных процессов, целью формирования которой является создание основы для последующего физического проектирования продукта, его производства И коммерциализации. В рамках жизненного цикла продукта, это итеративный процесс, т.к. некоторые подобласти становятся актуальными только с увеличением детализации.

По теме исследования интерес представляют: 1) концепция системы разработки продуктов (PDS) и 2) концепция организации разработки продуктов (PDO). Первая из них определяется как совокупность элементов (функциональных элементов, процессов и систем), их архитектуры и взаимосвязи, формируемых при разработке нового продукта, ценностей, принципов, стиля работы. Архитектура продукта в PDS выстроена в виде контекстно-зависимой организационной структуры, итогом которой сформированная PDO-концепция выступает цепочка стоимости. определяется как совокупность элементов и ресурсов внутри компании, отвечающих за разработку новых продуктов и их реализацию. PDO архитектуру определяет «технической основы» системы разработки функциональные рабочие продукта, включая И характеристики технологического обеспечения, процессов; элементов И инженерные требования; технические стандарты.

В области проектирования систем разработки продукта выделяются: 1) концепция интегрированной разработки и 2) концепция разработки распределенного продукта. Примеры интегрированных подходов включают параллельное проектирование, совместное проектирование, управление жизненным циклом продукта (PLM), скоординированную разработку продукта несколькими организациями. Примеры распределенных подходов

включают центры передового опыта, аутсорсинг и офшоринг. Визуализация процесса концептуализации сопровождается показателями (индикаторами) ее реализации.

абстрактное Существующие модели, как описание процесса проектирования систем представлены совокупностью: предписывающих моделей, на уровне теоретического обоснования; практико-ориентированных описательных моделей. Систематизация разнообразия моделей позволила выделить четыре общих подхода к моделированию: последовательное моделирование систем; дизайн-ориентированное моделирование; параллельное моделирование продукта; динамическое моделирование продукта.

Усиление значимости управления сложностью продуктовых систем в условиях роста вариативности ассортиментного ряда определяет: 1) формирования продукта, как набора функциональных компонентов, составляющих конфигурацию семейства продуктов, и предопределяющих состав системы разработки продукта; 2) необходимость массовой настройки (массовой кастомизации) конфигурации продукта посредством формирования совокупности продуктовна базе продуктовых платформ уже на уровне концептуализации продукта; 3) разработки продукта в проектах развития систем, с привлечением ключевых технологий и компетенций, формирования общей технологической цепочки.

Архитектурные композиции систем создания продукта в условиях их постоянной трансформации включают открытую и закрытую архитектуры. Разработка продукта считается открытая, если пользователь продукта имеет возможность влиять на функциональность продукта, а производитель заранее создает условия для этого, открывая процесс разработки продукта. Получает распространение «модульный подход» к производству, при котором продукт рассматривается как система модулей (узлов, состоящих из многих частей), часто унифицированных; платформенный подход—обеспечивают общую техническую основу для семейства продуктов на основе постоянных

параметров, функций и / или компонентов; интегральный. Модульные и интегральные архитектуры выступают полюсами архитектурного проектирования, между которыми достигается континиум возможных сочетаний. Открытые системы представляются сочетанием концепций в виде их определенных конструкторов. Термин «конструктор» используется в литературе с разными акцентами, предполагая возможность отражения многочисленных вариантов применений модульных систем;принцип, закономерность формирования системы, правила конструирования; комбинацию системы компонентов и сборок для продуктов с различными функциями, что является отличием от серии, в которой функция продукта всегда одинакова. То есть элементы (модули) конструктора могут быть отдельными элементами продукта, сборкой, производственной системой, ландшафтом бизнес-процессов стейкхолдеров системы. Целью конструктора является управление вариантами продукта уже на этапе концептуализациии поддержка быстрого и ресурсосберегающего внедрения продуктов.

Под методологией понимаем совокупность связанных моделей, методов и инструментов для решения теоретических и практических задач. Определяем содержание методологии как следующую последовательность: 1. проектирование системы разработки продукта; 2. инжиниринг процессов, технологий производства; 3. определение функциональности (эффективности, результативности) систем; 4. Развитие систем создания продукта.

Проектирование PD-системы осуществляется исходя ИЗ компонентно-ориентированной или функционально-ориентированной разработки. Компонентно-ориентированные подходы подходят ДЛЯ разработки многовариантных PD-систем, НО не предназначены реализации сложных продуктов и сложных процессов. Функциональноориентированная разработка предполагает формирование: а) функций, нейтральных конструктивным технологическим решениям, б) К И

взаимосвязей между требованиями потребителя, ТЭО и технической реализацией возможных альтернативных концепций для всех модельных рядов продукта, оформленных в концептуальные стандарты для объединения максимально возможного числа функций с одними и теми же «держателями» функций. Функциональный подход формирования PD-системы предполагает: 1. Определение функций, с последующим техническим и экономическим обоснованием конструктора общих функциональных ДЛЯ агрегированием модульных элементов продукта, формированием сети вовлеченных партнеров процессу. 2. Создание ПО (конфигурации) PD- системы. Решение включает элементный состав и их градацию на «базовые-вариативные», модули (платформеннуюконструкцию), где: 1) компоненты, которые имеют высокую потребительскую ценность и требуют дифференциации, намеренно исключаются из модульной системы; 2) дифференциация реализуется с помощью модульной системы с выбором базовых И настраиваемых модулей. 3. Оценка стоимости, учетом эффективности, результатов. Современные подходы системно представлены: 1) подходами к оценке, ориентированными на затраты; 2) подходами, ориентированными на качество; 3) кросс-тематическими подходами.

Методология реализации экономической концепции предполагает: 1) определение элементов систем, выделение показателей эффективности, технических показателей; производственных (технологических) показателей; 2) определение стоимостного вклада элементов в характеристики/функции. 3) контроль целевых затрат для каждой комбинации элемент-функция. Методология реализации экономической концепции в функциональноразработке 1. ориентированной предполагает: Расчет затрат на технологическую (функциональную) единицу. 2. Конфигурацию системы (модульной, платформенной, в виде конструктора) с позиции оптимального экономического выборапутем расчета NPV, внутренней нормы доходности, прибыли, рентабельности, 3. Итоговую оценку бизнес-решений через методы оценки стоимости, методы сопоставимости, процедуры контрольного списка, попарного сравнения, технико-экономическую оценку.

Методология комплексного проектирования системы разработки продукта, где альтернативная эффективность конфигурации продукта и выбора поставщика определяется на основе сравнительного преимущества экономической составляющей выстраивается исходя ИЗ вопроса комплексной оценки и контроля при разработке продукта создаваемой стоимости. По замыслу автора, в этом случае комплексная система разработки продукта интегрирует решения по разработке продукта (PDP), стратегическому видению производственных систем (MSP-процесс) и производству, включая: 1) выбор поставщика на основе сравнительного преимущества концептуализации; 2) использование уже на этапе альтернативности выбора между новыми элементами и существующим заделом, включая: а. конструктивные единицы – объекты дизайна: детали, узлы, модули, стандартные конструкции, платформы и т.д.; б. взаимосвязи, соединяющие конструктивные элементы; в. условия формирования и реализации продукта как системы (технологии, модели, инструментарий); 3) использование методологии комплексного проектирования на любом этапе баланс разработки обеспечивая продукта интегрированно, блочно, технических, технологических экономических решений за И счет альтернативности их выбора.

Методология комплексного проектирования системы разработки продукта, где альтернативная эффективность конфигурации продукта и выбора поставщика определяется на основе сравнительного преимущества включает шаги: 1. Анализ и оценка производственного и логистического задела; 2. Разработка конфигурации продукта в виде унифицированной интегративной продуктовой платформы продукта/системы разработки продукта. 3. Разработка модульной межкорпоративной цепочки создания стоимости, учитывающую потребности рынка; поставщик при этом определяет собственную цепочку создания ценности в связке, в виде сети

добавленной стоимости. 4. Процессно-ориентированный расчет и оценка PDв сетях компетенции с позиции производительности: каждый шаг процесса исследуется в отношении затрат, калькуляция составляется по видам PDдеятельности и по функциям продукта, где драйверы затрат назначаются процессам с добавленной стоимостью в качестве так называемой эталонной стоимости и связаны с прямыми затратами по соответствующим модулям процессов. 5. Оценка цепочек создания стоимости, в зависимости от структуры и объема запрашиваемых поставок. Выбираются поставщики и включаются в процессно-ориентированную оценку цепочек создания стоимости. Если прямого сравнения предложений, представленных для каждого этапа добавленной стоимости, недостаточно для определения конкурентоспособной цены, может использоваться метод целевых затрат. Отличие авторского подхода от существующих решений на этом этапе состоит в «переносе» на начальный уровень PD-процесса поставщиков (стейкхолдеров) производителя. 6. Оперативный контроль за созданием стоимости.

Авторское решение предлагает дополнить методику выбора конечного элемента системы существующих альтернатив ИЗ экономическим обоснованием: для выбора конечного выбора элемента системы разработки продукта предполагается использование индекса выбора элемента системы разработки продукта  $(I^{i}_{PD})$ , который определяется как частное между индексом важности и относительной стоимостью функции, характеристики, компонента. Предложенный индекс позволяет: а) включать стоимость разных типов носителей ценностей как параметра альтернативного выбора, а не фактора, возникающего в результате процесса разработки продукта, б) формировать баланс эффективности каждого PD-шага, что обеспечивает системе свойство универсальности, позволяя тиражировать практику в последующие проекты интегрированной (a распределенной) также разработки продукта. Выбор элементов многоцелевой системы разработки продукта также обосновывается проектными переменными: себестоимость продукта, функциональность продукта, производительность. Модель формирования многоцелевой системы разработки продукта представлена как соотношение проектных переменных, с градацией ввода переменных и унифицированных компонентов. При невозможности рассчетной сравнительной оценки, выбор элементов системы осуществляется с использованием отношений доминирования Парето

Машиностроение характеризуется высокой долей сложного продукта, соответственно индикаторами оценки эффективности, результативности интегрированного процесса разработки продукта отрасли должны выступать как совокупность технологических и технических показателей, так и экономических показателей, которые могут быть сгруппированы по группам: а) качества И технологичности процессов, б) времени разработки, в) эксплуатационных характеристик производства, г) показателям производительности и эффективности. Применительно к машиностроению имеет также значение реализация эффекта от повторного использования знаний (стратегия замещения), технологий и обеспечение будущего сбалансированной потенциала. Также ДЛЯ оценки технологических достижений принятие решений должно основываться не только финансовых показателях, например, на дисконтированном денежном потоке.

Определение эффективности (результативности) системы в исследовании предлагается реализовать исходя из сочетания затратного подхода, сравнительного анализа (бенчмаркинга) и концепции бережливого производства, где:

- затратный подход реализуется посредством технологии оценки стоимости разрабатываемого продукта исходя из сформированных рамочных решений конструктора PD-системы;
- метод сравнительного анализа в области разработки продукта предполагает: выбор объектов сравнения, формирование системы показателей сравнения. Неоднородность объектов сравнения учитывается по: его свойствам (габаритный размер, соотношению оригинальных и

стандартных компонентов, типу производства, периодичности выпуска, проценту доработок при редизайне), функциям, сложности (продукта, эксплуатации), ассортименту;

эффективности на основе «бережливого» мышления выполняется в контексте создания пространства для формирования ценности, добавленной стоимости, реализуется через минимизацию потерь: ожидание; б) повторное использование конструктивных решений; конструктивные изменения на поздних стадиях; г) решения, не добавляющие ценности, но необходимы как: позиционирование (ориентация на ценность), планирование и оптимизация потока создания ценности, определить потребность в улучшении, а также целевой поток создания ценности.

Технология оценки стоимости разрабатываемого продукта исходя из сформированных рамочных решений конструктора РD-системы – выбор наиболее эффективной структуры продукта реализуется Исследование предпосылок к формированию целевой стоимости: Шаг 1. Изучение целевого рынка калькуляции; Шаг 2: Установление технических параметров (RTi) и набора п-затрат (RCk) определяющих функции продукта, такие как вес, скорость, мощность и др., градация которых выражается относительными весами (PRrt) и (PRrc); Шаг 3: Определение технических и стоимостных характеристик. 2) Выбор функциональной структуры продукта, где проектными переменными выступают технические и стоимостные характеристики продукта: Шаг 4: Разработка матрицы решений в поддержку процесса выбора функциональной структуры продукта; Шаг 5: Выбор функциональной структуры осуществляется В соответствии приоритетными критериями (групп технических, технологических И стоимостных). 3) Выбор приоритетной элементной конструкции альтернатив: Шаг 6: Альтернативные варианты дизайна через расширение информации о продукте и принципах его производства; Шаг 7. Оценка стоимости альтернативных вариантов дизайна; Шаг 8: Разработка матрицы решений, Шаг 9: Выбор альтернативы дизайна продукта – с учетом сметной стоимости продукта. Критерий выбора: лучшие технические характеристики при более низкой стоимости.

Методический подход к формированию системы разработки продукта на уровне производителя (в основе – стратегический ландшафт системы) включает: структурирование продукта (компонентное, функциональное) исходя из целевой стоимости альтернативных решений по продукту; моделирование конструктора РD-системы, структурирование сквозной создания стоимости; определение эффективности цепочки системы, результирующая оценка стоимости (иных эффектов); формирование альтернативных решений по развитию систем создания продукта: Этап 1. Структурирование продукта. Общее структурирование продукта включает в себя представления о составе, функциональном обеспечении, свойствах, вариантной насыщенности продукта. В основе – процесс Браунфилда (ВfРпроцесс), известный как «процесс проектирования продукта», где последовательность структурирования пошагово представляем следующим образом: 1 Шаг. Формирование «карты компонентов» продукта. Вариантное решение ПО совокупности компонентов продукта выстраивается определенной иерархичностью: от подсистем к компонентам, к частям, к материалам /атрибутам/функциям/ параметрам, а затем, к набору их стандартных значений исходя из заданной функциональности продукта. 2 Шаг. Картирование продукта. Возможный набор элементов продуктов(при компонентно-ориентированном подходе) отражается на карте компонентов, где, помимо, характеристик составных элементов продукта, в составные (подмножества) системы, определяющие строение элементы функциональность вводится информация о типах материала, композициях, свойствах материала, степени его обработки (тепловая, химическая и др.); технологическом информация процессе, процедурах И методах, применяемых при изготовлении компонентов продукта; технические условия стандарты. Этап: Моделирование конструктора PD-системы, И

Шаг: 3 структурирование сквозной цепочки создания стоимости: Моделирование элементного состава систем, вариантных решений по системам с привязкой подмножества систем к приращению стоимости. Цель - непрерывный контроль достижения запланированных затрат, денежное сравнение вариантов концепции, определение временных характеристик рабочих процессов. 3 Этап: Определение эффективности системы, результирующая оценка стоимости (иных эффектов) разработки продукта. Реализуется исходя из: затратного подхода, сравнительного анализа (бенчмаркинга), концепции бережливого производства.

Технология определения стоимости разработки продукта В машиностроении включает этапы: 1. Определение компонентной структуры продукта (процесса, системы), определение целевых затрат физических компонентов; 2. Определение функциональной структуры (процесса, системы), ее градация на подфункции; 3. Присвоение отдельным подфункциям функциональных целевых затрат, значение которых рассчитываются на основе связи между функциями и компонентами путем умножения весов на общие целевые затраты. Для этого отдельные подфункции должны быть взвешены в соответствии с их релевантностью для потребителя; Формирование различных вариантов компонентной структуры продукта исходя из функциональной структуры, определенной альтарнативными решениями. 5. Определение концепции продукта с последующей разработкой концепции процесса. где: Шаг 4. Определение «затрат на разработку» разбивается исходя из декомпозиции этапов методологии концептуального проектирования системы продукта на: 1: Изучение технических потребностей клиентов, затрат на приобретение и затрат на использование. 2: Установление технических и стоимостных требований. 3: Определение технических и стоимостных характеристик. Шаг 5. Процедура выбора функциональной структуры реализуется исходя из сочетания технических стоимостных характеристик. Выполняется И структурирование продукта, включая создание функциональных структур и выбор лучших с технической и экономической точки зрения, посредством разработки матрицы решений. Выбор функциональной структуры продукта, основан на соотношении индексов технических стоимостных И характеристик включает: 1: Разработка матрицы решений (компонентных, функциональных); 2. Выбор функциональной структуры. 3. Формирование принципов решения ДЛЯ каждой функции, которые впоследствии формирования альтернативных объединяются ДЛЯ вариантов дизайна продукта. Шаг 6:Выбор альтернативы конструкции; Шаг 7: Разработка матрицы решений.

Организационные меры как предпосылки успешной реализации технико-технологических мер включают: улучшение коммуникации между разработчиками аналогичных продуктов, оценку затрат на внедрение и изменение исходя из вариативности затрат и получаемых эффектов с позиции стоимости создаваемых вариантов продукта; с позиции цепочки создания стоимости (оценка сложности процесса).

Достижение соизмеримости затрат и получаемых положительных эффектов по проекту «система разработки продукта» возможно за счет синтеза продуктовых производственных платформ И посредством совместной платформы. Экономическая эффективность формирования решения в зависимости от производительности и стоимости отдельной производственной системы, отдельных производственных технологий, может быть успешно применена к большим объемам выпускаемой продукции, производительности выходящим пределы единой многоцелевой платформы. Предлагаемый подход к формированию совместной платформы посредством синтеза продуктовых И производственных платформ, основанный на СЕ-подходе, предполагает использование альтернативного решения, основанного на формировании ассоциаций между различными функциями продукта и производственными возможностями посредством идентификации возможностей производства, системы связанных формированием каждой функции продукта в виде: 1) формирования совокупности унифицированных компонентов и модулей архитектур продукта и производственной системы на первоначальных этапах в рамках СЕ-подхода; 2) выделения элементов систем, отвечающих за уникальные функции системы. Методический подход основан на использовании: общности элементов систем с целью сокращения времени отдельной операции и повышения производительности, пропускной способности и использования производственных систем; «Правила ассоциаций», в данном исследовании реализуемого в два этапа: 1) генерация типичных элементов дополнительного набора 2) генерация элементов отвечающих за их уникальную функциональную насыщенность. Цель выстроить производственную систему под функциональные и стоимостные характеристики производимого продукта, тем самым сократив уровень незавершенного производства в потоке и увеличив производительность труда.

Проектирование совместной платформы платформы, оптимальное с точки зрения затрат, может быть выполнено на этапе концептуализации продукта. Подтверждение 1: Параметры производственных процессов и их связь с продуктом и размером партии можно количественно оценить уже на этапе планирования. Подтверждение 2: Определение временного изменения детали с учетом неточностей процесса (разброс и отклонения) возможно на этапе планирования. Подтверждение 3. Существует измеримая корреляция между производственными затратами и производственными параметрами. Подтверждение 4: Производственные параметры могут быть определены с минимальными затратами после изучения и планирования производственной цепочки. В отличие от существующих методов, предлагаемое решение: технологические цепочки 1) позволяет создавать расширено счет включения конкретных параметров процесса, учета неточностей процесса проектировании производственных при звеньев, количественного использования эмпирических знаний для определения допусков, связи конструкции производственных характеристик (например, допусков обработки) с базой данных знаний о производственных затратах; 2) в модулях используются эмпирические знания, позволяя рассчитывать стабильный результат в условиях неопределенности данных.

Формирование унифицированной продуктовой платформы в условиях вариантности стратегий развития производства может осуществляться посредством систематизации результатов «наилучшего» их проектирования. Останавливаясь подробнее на выделенной возможности и рассматривая существующие варианты развития систем создания продукта (открытого доступа) в 2010-хх гг., приходим к выводу, что на их результаты влияют: компонентная насыщенность платформы, конфигурация ее конструкции влияют на стоимостные показатели производства отдельного продукта, в частности, на разброс показателей затрат на производство; выбранная стратегия производства. Пролонгацией решения выступает конфигурация платформы семейства продуктов – в том числе за счет возможности использования стандартизированных элементов, стратегии производства (под заказ), политики сборки и производственной системы (реконфигурируемая) с последующими вариантами интеграции перечисленных элементов в систему. Идея конфигурации платформы продуктов применима семейству К продуктов с процессами модульной сборки и разборки, не связанными с постоянными операциями, время настройки вариантов продукта прогнозируемо, часть операции выполняется вручную.

Интерактивный процесс формирования платформы в этом случае включает: 1) построение моделей продуктов и процессов, 2) дизайн платформы на основе выбранной концепции, а также предъявляемых требований к гибкости подсистем, доступности ресурсов, технологичности, существующих ограничений по проекту; 3) разработку переменных систем; 4) оценку платформы, повторные итерации; формирование альтернатив с точки зрения характеристик, стоимости, риска, где: критериями выбора на уровне экономической системы выступает: потенциальный доход (ТR), стоимость разработки альтернатив (с), продолжительность цикла PLM.

Отношение c / TR в модели параметризовано. Для машиностроения нормализованные значения составляют диапазон от 0,001 ДО (бенчмаркинг), соответственно выступая как c<sub>n</sub> / TR, где c<sub>n</sub> представляет собой общую (нормализованная) стоимость разработки отдельных проектов лидеров отрасли; на уровне технологической системы эффектами являются: эффекты от выстроенных взаимосвязей, отношений между элементами системы  $(v_1i,j)$  на уровне технологической системы (в т.ч. ограничения C), снижение технологической неопределенности каждой подсистемы в проекте разработки (рі ирі) и суммарно; вероятность сочетания (р) альтернатив каждой подсистемы (Niu Nj); успех (эффективность) работы архитектуры системы  $(X_i, X_i)$ , определяемый, в т.ч. функциональностью интегрированных подсистем. Экономическая эффективность решения определяется соизмерением технических, технологических и экономических показателей в натуральном и стоимостном выражении через реализацию отношений. Максимизация значения экономического результата при комплексной разработке определяется путем соотнесения эталона с результатами выделенных альтернатив параллельной разработки продукта.

Обоснование экономического пространства решений по разработке продукта машиностроения позволяет:

- сократить время вывода нового продукта на рынок с 5 лет на  $\sim 25\%$ ;
- снизить стоимость разработки продукта, зависимой от специализации производителя до 4,2-13,8 тыс.руб./час (с 27,6 тыс.руб./час)
  - повысить на ~ 15% долю продуктов, внедренных в производство,
- за счет стандартизации системы разработки продукта и обеспечения возможности пролангации существующего задела в последующие проекты, сократить затраты на единицу разрабатываемого продукта на ~20-30%,
- а соответственно, повысить конкурентоспособность продукта и эффективность хозяйственной деятельности производителя посредством экономии затрат.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Александров А.А., Горлачева Е.Н. Обоснование целесообразности цифрового проектирования при разработке сложных наукоемких изделий // Наука и бизнес: пути развития. 2021. №12(126). С.67-71
- 2. Ассоциация разработки и управления продуктами (PDMA) https://www.pdma.org/
- 3. Балашова Е.С. Владимиров С.С. Производственная система как концепция управления эффективностью промышленных предприятий // Современные проблемы инновационной экономики. 2020. №7. С.1-9
- 4. Батьковский А.М. и соавт. Управление диверсификацией производства на предприятиях оборонно-промышленного комплекса: коллективная монография. Москва. Изд-во ООО «ОнтоПринт». 2021. 344 с.
- 5. Бобрышев А.Д., Пудов А.А. Сравнительный анализ возможностей применения современных концепций организации и управления для использования в целях обеспечения экономической устойчивости предприятий // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. 2022. №2.С.72-80
- 6. Бобрышев А.Д., Краснянская О.В., Пирогов Н.Л. Состояние и тенденции технологического развития промышленности в России // Микроэкономика. 2021. №1. С.11-21
- 7. Васильева С.А., Балашова Е.С. Формирование организационноэкономического механизма управления операционной эффективностью сложных промышленных предприятий // Современные проблемы инновационной экономики. 2021.№8. С.17-23
- 8. Веселовский М.Я., Абрашкина Е.М. Теоретические подходы к обоснованию эффективности управления наукоемкими промышленными предприятиями // Вестник Астраханского государственного иехнического университета. Серия: Экономика. 2021. №1. С.28
- 9. Власов Н.В., Палкина Е.С., Ках Л.В. Сущностная характеристика научного потенциала и научного капитала инновационного промышленного предприятия // Вестник Забайкальского государственного университета. 2022. Т.28. №8. С.90-98
- 10. Глухов В.В., Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Гилева Т.А., Плетнев Д.А. Методология стратегического управления цифровым потенциалом

- сложных экономических систем на основе платформенной концепции //МИР (Модернизация, Инноавации, Развитие). 2022. Т.13. №4. С.592-609
- 11. Голов Р.С., Костыгова Л.А., Прокофьев Д.А., Анисимов К.В., Андрианов А.М. Анализ влияния цепочек поставок на устойчивое развитие компаний машиностроительного комплекса // СТИН. 2021. №10. С.38-42
- 12. Голов Р.С., Костыгова Л.А. Локализация производства в российском машиностроении: состояние и тенденции // СТИН. 2023. №7. С.54-78
- 13. Голов Р.С., Мыльник А.В. Инновационно-синергетическое развитие промышленных организаций (теория и методология): монография. М.: «Дашков и К», 2021. 426 с.
- 14. Голубев С.С., Гасанов Р.М., Желтенков А.В. Оценка научнотехнологических программ и проектов полного инновационного цикла при их отборе и реализации на основе применения результатов научнотехнологического прогнозирования // Вестник Московского государственного областного университета. 2022. №4. С.18
- 15. Голубев С.С., Веселовский М.Я., Хорошавина Н.С. Концептуальная модель системы управления затратами полного жизненного цикла высокотехнологичной промышленной продукции // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2022. Т.13. №3. С.79-87
- 16. Горячева И.А., Мызрова О.А., Лабазнова Е.В. Формирование модели комбинаторного управления логистической системой в условиях параметрических возмущений // Инновационная деятельность. 2019. №1(48). С.36-48
- 17. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. https://rustestm.ru/wp-content/uploads/2021/10/gost-r-iso-9000-2015-sistemy-menedzhmenta-kachestva-osnovnye-polozheniya-i-slovar.pdf
- 18. Грачева О.В., Глебова О.В., Мельникова О.Ю. Отличительные особенности и классификация высокотехнологичных проектов разработки и производства продукции гражданского назначения // Вопросы инновационной экономики. 2019. Т.9. №3. С.1067-1076
- 19. Грибов П.Г., Бобрышев А.Д., Балдин К.В. Исследование инновационных факторов экономической устойчивости больших организационно-экономических систем в промышленности // Проблемы экономики и юридической практики. 2023. Т.19. №1. С.259-267

- 20. Гусева И.Б., Кошелев Д.В. Анализ факторо повышения результативности НИОКР // Контраллинг. 2019. №71. С.8-11
- 21. Дебердиева Е.М. Управление сложными хозяйственными структурами нефтегазового сектора экономики в условиях трансформации рынка углеводородов: дисс.... докт.экон.наук / Тюменский гос. нефтегазовый ун-т. Тюмень, 2016, 419 с.
- 22. Джамай Е.В., Колосова В.В., Михайлова Л.В. Исследование методических инструментов для оценки уровня развития высокотехнологичного предприятия // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2020. №4. С.46-52
- 23. Дробкова О.С., Дроговоз П.А. Применение экономикоматематической модели оценки уровня интеграции предприятий промышленного комплекса // Креативная экономика. 2023. Т.17. С.165-182
- 24. Дробкова О.С., Дроговоз П.А. Применение метода оценки экономической добавленной стоимости для анализа процессов развития интегрированных структур в промышленности // Креативная экономика. 2020. Т.14. №11. С.2855-2874
- 25. Дутов А.В., Клочков В.В., Рождественская С.М. Прогнозирование эффективности межотраслевой интеграции прикладных исследований и разработки новых технологий // Инновации. 2018. №8(238). С.49-58
- 26. Зеленцова Л.С., Спесивцева М.В. Механизм выявления окон возможностей для реализации технических и технологических решений в целях устойчивого развития промышленных организаций // Вестник университета. 2022. № 8. С. 68-76
- 27. Зеленцова Л.С., Тихонов А.И. Методология и инструментарий комплексной оценки конкурентоспособности наукоемкой организации с использованием цифровых технологий: монография. М.: Изд-во: ФГБОУ ВО ГУУ. 2018. 163 с.
- 28. Карпов А.Е., Клочков В.В. Анализ эффективности диверсификации направлений поиска при создании новых технологий в наукоемкой промышленности // Друкеровский вестник. 2021. №5(43). С.229-246
- 29. Карлик А.Е., Уманский А.М. Детерминирование институциональной структуры высокотехнологичных отраслей промышленности // Экономические науки. 2020. №185. С.126-131

- 30. Карлик А.Е., Платонов В.В., Тихонова М.В., Павлова О.С. Межфирменная кооперация как фактор промышленого развития в информационно-сетевой экономике // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2020. №6(126). С.7-14
- 31. Квинт В.Л., Бабкин А.В., Шкарупета Е.В. Стратегирование формирования платформенной операционной модели для повышения уровня цифровой зрелости промышленных систем // Экономика промышленности. 2022. Т.15.№3.С.249-261
- 32. Киселева О.Н., Пчелинцева И.Н., Васина А.В., Сысоева О.В. Проблемы инновационного развития предприятий машиностроения России при реализации концепции «Индустрия 4.0» // Вестник Нижегородского университета им. Н.И.Лобачевского. 2021. №3(63). С.21-27
- 33. Красовская И.П., Власов Н.В. Бережливое производство как перспективная концепция управления промышленным предприятием // Современные проблемы инновационной экономики. 2023. №9. С.225-228
- 34. Кох Л.В., Кох Ю.В., Аминова Ф.И. Повышение эффективности управления инновационной деятельностью предприятия // Инновации и инвестиции. 2022. №12. С.13-17
- 35. Кудрявцева С.С., Малышева Т.В., Шинкевич М.В., Савон Д.Ю., Иванова Л.Н. Управление трансформацией мезосистем при переходе к экономике замкнутого цикла: монография. Курск: Изд-во «Университетская книга». 2022. 178 с.
- 36. Международный (зарубежный) стандарт DNVGL DNV-RP-A203-2017 Technology Qualification
- 37. Миронова Е.А., Чебыкина М.В., Шаталова Т.Н. Методологические аспекты формирования механизма реализации стратегии инновационного развития на региональном уровне // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2022. Т.13. №2. С.71-79
- 38. Мошелкова В.Ю., Горлачева Е.Н., Колесник Н.А. Межфирменное сетевое взаимодействие в дистрибьюции на промышленных рынках // Экономические отношения. 2020. №2. С.3
- 39. Научно-технологическое развитие промышленности в условиях неопределенности внешней среды: коллективная монография /А.И. Шинкевич и соавт. М.: Изд-во «Мир науки», 2023. 332 с.

- 40. Никируй А.Э., Дроговоз П.А. Методика выбора оборудования при организации опытного производства в машиностроении // Технология машиностроения. 2021. №9. С.46-51
- 41. Омелина Е.А. Палкина Е.С. Понятие конкурентоспособности предприятия и методы ее оценки // Современные проблемы инновационной экономики. 2023. №9. С.335-339
- 42. Официальный сайт Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD) https://www.oecd.org/
- 43. Половян А.В., Трубчанин В.В., Гриневская С.Н. Развитие промышленного сектора экономики: оценочные параметры // Вестник Института экономических исследований. 2023. № 3(31). С. 5–27
- 44. Преображенский Б.Г., Толстых Т.О., Шкарупета Е.В. Разработка инструментария анализа эффективности инновационной деятельности экономических систем // Регион: системы, экономика, управление. 2018. №1(40). С.67-76
- 45. Селезнева И.Е., Клочков В.В. Формирование стратегий инновационного развития в новой реальности российской экономики // Друкеровский вестник. 2022. №4(48). С.4-14
- 46. Селезнева И.Е., Клочков В.В. Диверсификация производственных программ как путь снижения рисков высокотехнологичных предприятий при реализации распределенных инновационных проектов // Экономическая безопасность. 2022. Т.5. №4. С.1413-1432
- 47. Силифонова Е.В. Оценка развития экономических систем в условиях трансформации социума: монография/ под ред.Г.А. Барышевой. Томск: STT, 2016. 128 с.
- 48. Системы создания продукта в промышленности и их развитие [Текст]: монография / [В.П. Кузнецов и др.] Н.Новгород: НГПУ им.К.Минина, 2014.-176 с.
- 49. Стратегия развития автомобильной промышленности Российской Федерации до 2020 г.» утвержденная Минпромторгом России в 2012г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: http://www.docme.ru/doc/13300/strategiya-razvitiya-avtomobil.\_noj-promyshlennosti-rossijsko... (дата обращения: 15.12.2014)
- 50. Толстых Т.О., Краснобаева В.С. Формирование промышленных симбиозов на основе принципов наилучших доступных технологий //

- Промышленность: экономика, управление, технологии. 2022. Т.1. №3-4(3). С.116-125
- 51. Тронина И.А., Татенко Г.И., Злобина И.В. «Промышленный апгрейд» на примере машиностроительной отрасли: опыт и перспективы // Современная экономика: проблемы и решения. 2022. №7(151). С.48-65
- 52. Тронина И.А., Семенихина А.В. Методические подходы к оценке эффективности высокотехнологичных проектов // Управленчески учет. 2018. №9. С.37-46
- 53. Фалько С.Г., Яценко В.В. Формирование, развитие и трасформация компетенций организации: состав и оценка затрат // Социально-трудовые исследования. 2021. №4(45). С.130-141
- 54. Чейз Р.Б., Эквилайн Н.Д., Якобс Р.Ф. Производственный и операционный менеджмент, 8-е издание.: Пер. с англ.: М.:Издательский дом «Вильяме», 2004. 704 с.
- 55. Чурсин А.А., Юдин А.В., Грошева П.Ю. Основы системы управления процессами создания уникальной продукции // Горизонты экономики. 2020. № 2 (55). С. 21-30
- 56. Шаталова Т.Н., Чебыкина М.В., Гоман И.В. Методологические аспекты инновационного управления экономическими процессами промышленных предприятий: монография. Варна: ЦНИИ «Парадигма», 2021. 210 с.
- 57. Шинкевич А.И., Малышева Т.В., Харитонов Д.В. Проектирование продукции на платформе PLM: метод структурирования функции качества QFD // Компетентность. 2023.№3.С.50-54
- 58. Шинкевич А.И., Галимулина Ф.Ф. Управление промышленными системами в условиях новых вызовов импорт замещения, обеспечения технологического суверенитета и когнитивных технологий: монография. Курск: Изд-во «Университетская книга», 2022. 97 с.
- 59. Шкарупета Е.В. Практические аспекты применения методов бережливого производства в рамках концепции теории ограничений //. Организатор производства. 2012. № 4 (55). С. 30-33
- 60. Шипшова О.А., Мухаметшина Ф.А., Кириллова Л.Г., Хвалева Н.В., Нуртдинов И.И., и др. Инновационная составляющая формирования конкурентных преимуществ в производственных системах в условиях смены технологических укладов: коллективная монография. Москва, 2017

- 61. Юдин А.В., Палунин Д.Н. Экономические риски наукоемкой промышленности: анализ и имитационное моделирование: коллективная монография. М.: Изд-во «Креативная экономика», 2019. 264 с.
- 62. Юдин А.В., Чурсин А.А. Влияние технического уровня производства на возможность выпуска новой продукции // Вестник машиностроения. 2021. № 10. С. 85-88
- 63. Юдин А.Е., Чурсин А.А., Тюлин. Оценка производственных возможностей предприятия по выпуску радикально новой продукции // Вестник машиностроения. 2021.№7. С.86-88
- 64. Abdalla, H.S. 1999. Concurrent engineering for global manufacturing. International Journal of Production Economics 60-61 (0):251-260
- 65. Afonso, P., Nunes, M., Paisana, A., & Braga, A. (2008). The influence of time to market and target costing in the new product development success. International Journal of Production Economics,115(2),559–568. doi:10.1016/j.ijpe.2008.07.003
- 66. Agard, B., Bassetto, S. (2013). Modular design of product families for quality and cost. International Journal of Production Research, 51(6), 1648–1667.doi:10.1080/00207543.2012.693963
- 67. Ahmad, Sohel R.; Mallick, Debasish N.; and Schroeder, Roger G., "New Product Development: Impact of Project Characteristics and Development Practices on Performance" (2013). Operations and Supply Chain Management Faculty Publications.20
- 68. Ahmad,S.,Schroeder,R.G., Mallick, D.N.(2010). The relationship among modularity, functional coordination, and mass customization: Implications for competitiveness. European Journal of Innovation Management,13(1), 46–61.doi:10.1108/14601061011013221
- 69. Aiello L., Esposito G. (2012) Strategic Management and «Complex Products»: some notes about an interpretative model for business policies. BusinessSystemsReview, Vol. 1 Issue 1, pp.178-201
- 70. Akao Y. 1990. Quality function deployment: integrating customer requirements into product design. New York, NY: Productivity Press.
- 71. Akao Y., G. H. Mazur. 2003. The leading edge in QFD: past, present and future. International Journal of Quality & Reliability Management 20 (1):20-35
- 72. Aljorephani, S.K., Product Variants Platform Customization Strategies and Performance of Reconfigurable Manufacturing Systems (RMS). (2017). Electronic Theses and Dissertations. 5963.https://scholar.uwindsor.ca/etd/5963

- 73. Alizon, F., Khadke, K., Thevenot, H.J., Gershenson, J.K., Marion, T.J., Shooter, S.B., Simpson, T.W., 2007, Frameworks for product family design and development, Concurrent Engineering: Research and Applications, 15/2:189-99
- 74. Andreasen, M., Hein, L. (1987) Integrated product development. SpringerVerlag, Berlin.
  - 75. Andreasen M. Flexible Assembly System, IFS publication, UK, 1988
- 76. Anderson, D.M. (1997), Agile product development for mass customization, Chicago: Irwin, 1997
- 77. Anderson, D., Pine, J., "Agile Product Development for Mass Customization", Irwin, Chicago, ILL, 1997
- 78. Ansari S., Bell J., Okano H.(2007). Target costing: Uncharted research territory. In C. S. Chapman, A. G. Hopwood, & M. D. Shields (Eds.), Handbook of Management Accounting Research (pp.(507–530, Vol.2). United Kingdom: Oxford.
- 79. ANSI/EIA. 2003. Processes for Engineering a System. Philadelphia, PA, USA: American National Standards Institute (ANSI)/Electronic Industries Association (EIA). ANSI/EIA 632–2003
- 80. Azab A., Samy S.N., ElMaraghy H., 2008, Modeling and Optimization in Assembly Planning. In: Proceedings of 2nd CIRP Conference on Assembly Technologies & Systems, 21-23 September 2008 Toronto, ON, Canada, 254-269
- 81. Barczak, G., A. Griffin, and K. Kahn. 2009. Perspective: Trends and driversof success in NPD practices: Results of the 2003 PDMA Best PracticesStudy. Journal of Product Innovation Management 26 (1): 3–23
- 82. Barnett, W. P. and J. Freeman (2001). "Too much of a good thing? Product proliferation and organizational failure." Organization Science 12(5): 539-558
- 83. Barroso A., Giarratana M. Product Proliferation Strategies and Firm Performance: The Moderating Role of Product Space Complexity. Strategic Management Journal . 2013. 34(12). DOI:10.1002/smj.2079
- 84. Baumgarten, H.; Walter, S.: Trends und Strategien in der Logistik 2000, Berlin 2000
- 85. Bayus B, Putsis W. Product proliferation: An empirical analysis of product line determinants and market outcomes. Marketing Science. 1999. 18 (2), 137-153

- 86. Berger R. Best practices in new product development. Using effective methods to boost success. Brandenburgische Techniche universital cottbus. 2013. 22 pp.
- 87. Bernus, P., Noran, O., Riedlinger, J. (2002). Using the Globemen Reference Model for Virtual Enterprise Design in After Sales Service. In Karvoinen, I. at al. (Eds). Global Engng and Mfg in Enterprise Networks (Globemen), Symposium Series 224. Helsinki: VTT.:71-90
- 88. Ben–Arieh, D., Easton, T., & Choubey, a. M. (2009). Solving the multiple platforms configuration problem. International Journal of Production Research, 47(7), 1969–1988. doi:10.1080/00207540701561520
- 89. Bichlmaier, C. (2000). Methoden zur flexiblen Gestaltung von integrierten Entwicklungsprozessen. Herbert Utz Verlag.
- 90. Bisbe, J.,Otley,D. (2004). The effects of theinteractive use of management control systems on product innovation. Accounting, Organizations and Society, 29(8), 709–737
- 91. Boer, M., Logendran, R. (1999). A methodology for quantifying the effects of product development on cost and time. IIE Transactions, 31(4), 365–378. doi:10.1080/07408179908969840
- 92. Bögemann I. Mehr Effizienz in der Produktentwicklung dank Modularisierung. Modular Management. https://www.modularmanagement.com/de/blog/effizienz-produktentwicklung-modularisierung
- 93. BMBF (Hrsg.): Delphi '98 Umfrage: Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik Zusammenfassung der Ergebnisse. Karlsruhe 1998
- 94. Boag, D.A. and Rinholm, B.L. (1989) 'New product management practices of small high technology firms', Journal of Product Innovation Management, Vol. 6, No. 2, pp.109–122.
- 95. Bocken N.M.P.,de Pauw I., Bakker C.,van der Grinten B. Product design and business model strategies for a circular economy J. Ind. Prod. Eng., 33 (2016), pp. 308-320, 10.1080/21681015.2016.1172124
- 96. Booz, Allen and Hamilton. New Products Management for the 1980s. New York 1982, Booz, Allen and Hamilton, Inc.
- 97. Boulding W., Christen M. Disentangling Pioneering Cost Advantages and Disadvantages. Business Mark. Sci. 2008. DOI:10.1287/mksc.1070.0324

- 98. Browning T.R., Eppinger S.D. "A model for development project cost and schedule planning," in MIT Sloan School of Management working paper 4050, Cambridge, MA, Nov. 1998.
- 99. Browning, T.R., E. Fricke, and H. Negele. 2006. Key concepts in modeling product development processes. Systems Engineering 9 (2):104-128
- 100. Bullinger, A.C.; Neyer, A.-K. & Koelling, M. (2009) Is open innovation really open: A cross-cultural perspective. In XXth ISPIM Conference, Vienna
- 101. Bullinger, H.-J.; Gerlach, S.; Rally, P.J.: Dezentrale Verantwortungsbereiche in Produktionsnetzwerken. In: Kaluza, B.; Becker, T. (Hrsg.): Produktions- und Logistikmanagement in Virtuellen Unternehmen und Unternehmensnetzwerken. Berlin: Springer 2000, S. 347 366
- 102. Building Strategy on the Experience Curve. Официальный сайт Boston Consulting Group
- 103. Cao, Y., Luo, X., Kwong, C.K., & Tang, J. (2014). Supplier pre-selection for platform–basedproducts: a multi–objective approach. International Journal of Production Research, 52(1), 1–19. doi:10.1080/00207543.2013.807376
- 104. Carter D. E. and Stilwell Baker B. (1992), Concurrent Engineering: The Product Development Environment for the 1990's, Reading, MA, USA: Addison-Wesley
- 105. Checkland, P. and Scholes, P. (1990), Soft Systems in Action, Wiley & Sons, Chichester.
- 106. Christensen C.M., Bower J.L. Customer Power, Strategic Investment, and the Failure of Leading Firms. Strategic Management Journal. Vol. 17, No. 3 (Mar., 1996), pp. 197-218
- 107. Clark K.B. and Fujimoto T. (1989), Overlapping Problem Solving in Product Development, In: Managing International Manufacturing, Elsevier Science Publishers B.V., The Netherlands
- 108. Clark, K. B., Fujimoto T. 1991. Product development performance: Strategy, organization and management in the world auto industry. Boston: Harvard Business School Press
- 109. Clark, K. B., Wheelwright S. C.. 1993. Managing new product and process development: text and cases. New York: Free Press

- 110. Clausing, D., and S.Pugh. 1991. Enhanced quality function deployment. Proceedings of the International Conference on Design Productivity, February 6–8, Honolulu, pp. 15–25
- 111. Clausing D. (1993), Total Quality Development: A Step by Step Guide to World Class Concurrent Engineering, New York, ASME Press
- 112. Cleetus J. (1992), Definition of concurrent engineering, CERC Technical Report CERC-TR-RN-92-003, Concurrent Engineering Research Center, West Virginia University, USA
- 113. Collins, R., Bechler, K., & Pires, S. (1997). Outsourcing in the automotive industry: from JIT to modular consortia. European Management Journal, 15(5), 498-508
- 114. Cooper, R. G., S. J. Edgett, and E. J. Kleinschmidt. 2002. Improving new product development performance and practices. In Consortium Learning Forum BestPractice Report. Houston, TX: American Productivity and Quality Center
- 115. Cooper, R. G., and S. J. Edgett. 2005. Lean, Rapid, and Profitable New ProductDevelopment. Ancaster, Ont.: Product development Institute
- 116. Cooper, R. G., & Edgett, S. J. (2012). Best practices in the idea–to–launch process and its governance. Research-Technology Management, 55(2), 43–54. doi:10.5437/08956308X5502022.
- 117. Cristiano, J. J., Liker, J. K., & White, C. C. (2000). Customer–driven product development through quality function deployment in the US and Japan. Journal of Product Innovation Management, 17(4), 286–308. doi:10.1016/S0737–6782(00)00047–3
- 118. Cusumano, M.A. and Nobeoka, K. (1998) Thinking Beyond Lean, How Multi-Project Management is Transforming Product Development at Toyota and Other Companies, New York: The Free Press
- 119. Danilovic, M., Browning T. R.. 2007. Managing complex product development projects with design structure matrices and domain mapping matrices. International Journal of Project Management 25 (3):300-314
- 120. Darh R. Context and Task Effects on Choice Deferral. Marketing Letters. Vol. 8, No. 1 (Jan., 1997), pp. 119-130
- 121. Daenzer W., Huber F. Systems Engineering Turtleback. Industrielle Organisation. 2002. 618 p.

- 122. Degraeve, Z., Labro, E., & Roodhooft, F. (2005). Constructing a total cost of ownership supplier selection methodology based on activity-based costing and mathematical programming. Accounting and Business Research, 35(1), 3–27.
- 123. Degraeve, Z., Roodhooft, F. (2000). A mathematical programming approach for procurement using activity based costing. Journal of Business Finance & Accounting, 27(1), 69–98.
- 124. Dellmann, K.; Franz, K.-P.: Von der Kostenrechnung zum Kostenmanagement. In: Dellmann, K.; Franz, K.-P. (Hrsg.): Neuere Entwicklungen im Kostenmanagement. Stuttgart 1994, S. 15 30
- 125. Dieter G, Schmidt L. McGraw-Hill Education. Technology & Engineering 2009- 864 p.
- 126. DIN 2330:1993-12 (нем. Begriffe und Benennungen; Allgemeine Grundsätze). Понятия и термины; общие принципы
- 127. Doppler, K. Lauterburg, C. (2002), Change Management den Unternehmenswandel gestalten, 10. Aufl., Campus, Frankfurt a. M.
- 128. Du T.J., Tanaka, J.S. (1990). "The influence of sample size, estimation methods, and model specification on goodness-of-fit assessments in structural equation models": Correction to la Du and Tanaka (1989). Journal of Applied Psychology, 75(1), 20. https://doi.org/10.1037/h0090371
- 129. Duden Die deutsche Rechtschreibung. Mannheim: Dudenverlag 2000
- 130. Echeveste MES (2003). An approach to structure and control the Product Development Process (Uma abordagem para e estruturação e controle do processo de desenvolvimento de produtos). Doctorate Thesis PPGEP/UFRGS.
- 131. Ehrlenspiel, K., Kiewert, A. & Lindemann, U. (2007). Cost-efficient design, in: Cost-Efficient Design, 544 p.
- 132. Ehrlenspiel K, Kiewert A, Lindemann U, 1998. Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren: Kostenmanagement bei der integrierten Produktentwicklung (VDI-Buch Zweite, völlig neu bearbeitete Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer
- 133. Evans JH (1959) Basic design concepts. J Am Soc Nav Eng 71:671–678
- 134. ElMaraghy, H., AlGeddawy, T., Azab, A., 2008, Modelling evolution in manufacturing: Abiological analogy, CIRPAnnals Manufacturing Technology, 57/1:467-472

- 135. ElMaraghy, H., Schuh, G., ElMaraghy, W., Piller, F., Schönsleben, P., Tseng, M. and Bernard, A. (2013), "Product variety management", CIRP Annals Manufacturing Technology, Vol. 62 No. 2, pp. 629–652
- 136. Erixon G. Modular Funktion Deployment A method for product modularization: doctoral thesis / G. Erixon; Royal Institute of Technology (KTH); Dept. of Manufacturing Systems. Sweden, 1998
- 137. Everaert, P., & Bruggeman, W. (2002). Cost targets and time pressure during new product development. International Journal of Operations & Production Management, 22(12), 1339–1353. doi:10.1108/01443570210452039
- 138. Eversheim W, Schuh G. Integrierte Produkt- und Prozessgestaltung. Berlin, Heidelberg: Springer; 2005
- 139. Felice, F., Petrillo Ayu, & Monfreda, S. (2013). Improving Operations Productivity with World-Class Manufacturing Technology: A Case Study in the Automotive Industry, Operations Management, Massimiliano M. Schiraldi, IntechOpen, DOI: 10.5772/54450)
- 140. Filomena, T. P., Neto, F. J. K., & Duffey, M. R. (2009). Target costing operationalization during product development: Model and application. International Journal of Production Economics, 118(2), 398–409. doi:10.1016/j.ijpe.2008.12.007
- 141. Fine, C.: Clockspeed. Winning Control in the Age of Contemporary Advantage. Perseus Books, 1998
- 142. Fowler, J. E. (1996) Variant design for mechanical artifacts: A state-of-the-art survey. Engineering with Computers, Vol. 12, pp. 1-15
- 143. Franke, H.J., Hesselbach, J., Variantenmanagement in der Einzel- und Kleinserienfertigung, Carl Hanser Verlag, München Wien 2002
- 144. Franz, K. P.; Kajüter, P. Proaktives Kostenmanagement als Daueraufgabe. In Franz, K.-P.; Kajüter, P. (Hrsg.): Kostenmanagement: Wettbewerbsvorteile durch systematische Kostenrechnung. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag 1997, S. 5 27
- 145. Freidank, C.-C.: Unterstützung des Target Costing durch die Prozesskostenrechnung. In: Dellmann, K.; Franz, K.-P.: Neuere Entwicklungen im Kostenmanagement. Stuttgart 1994
- 146. Frigant V. (2011). Are carmakers on the wrong track? Too much outsourcing in an imperfect-modular industry can be harmful, International Journal of Manufacturing Technology Management, 22, 4, 324-343

- 147. Gaitanides, M.; Scholz, R.; Vrohlings, A.; Raster, M.: Prozessmanagement. München: Carl Hanser 1994
- 148. Gärtner, T., Rohleder, N. & Schlick, C. M. 2009 DeSiM: a simulation tool for project and change management on the basis of design structure matrices. In Proceedings of the 11th International DSM Conference, Greenville, South Carolina, USA. Carl-Hanse
- 149. Gardent C., Kohlhase M. 1996. Higher–order coloured unification and natural language semantics. In Proceedings
- 150. Gatenby, D.A, Foo, G.(1990). Design for X (DFX): Key to competitive, profitable products. AT&T Technical Journal, 69(3), 2–13. doi:10.1002/j.1538-7305.1990.tb00332.x
- 151. Gausemeier, J.; Anacker, H.; Czaja, A.; Waßmann, H.; Dumitrescu, R. Auf dem Weg zu intelligenten technischen Systemen. In: Gausemeier, J. Dumitrescu, R.; Rammig, F.; Schäfer, W.; Tächtler, A (Eds.). 9. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme. HNIVerlagsschriftenreihe, no. 310, Paderborn, 2013, pp. 1-37 of the 34th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. ACL, Santa Cruz
- 152. Geissdoerfer, M., P. Savaget, N.M.P. Bocken, and E.J. Hultink. 2017. The Circular Economy A new sustainability paradigm? Journal of Cleaner Production 143: 757–768
- 153. Giménez, Z.; Mourgues, C.; Alarcón, L.F.; Mesa, H. Exploring Value Generation in Target Value Design Applying a Value Analysis Model. Buildings 2022, *12*, 922. https://doi.org/10.3390/buildings12070922
- 154. Golm F. Gestaitung von Entscheidungsstrukturen zur Optimierung von Produktentwicklungsprozessen: dissertation TU Berlin. 1996.
- 155. González M., F., Palacios B.T. (2002). The effect of new product development techniques on new product success in Spanish firms. Industrial Marketing Management, 31(3), 261–271
- 156. Göpfert, I. and T. Hillbrand (2005), "Innovationsmanagement für Logistikunternehmen (Innovation Management for Logistics Service Providers)," in Wolf-Kluthausen, H., Ed. "Jahrbuch Logistik 2005 (Logistics Almanac 2005)," Korschenbroich, Germany: Free Beratung, pp. 48-53.
- 157. Greenlee P. Endogenous formation of competitive research sharing joint ventures. Journal of Industrial Economics. 2005, 53(3), 355–391

- 158. Griffin, A. J.R. Hauser. 1996. Integrating R&D and marketing: A review and analysis of the literature. J. Product Innovation Management 13 (3) 191-215
- 159. Griffin, A. 1997. The effect of project and process characteristics on product development cycle time. J. Marketing Res. 34(Feb.) 24-35
- 160. Grotkamp, S. Bewertung von Produktstrukturkonzepten im Variantenmanagement. Ph.D. Thesis, Technische Universität Braunschweig, München, Germany, 2010
- 161. Grunwald S. Methode zur Anwendung der flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung. München: Utz 2001
- 162. Gudehus, T.: Logistik 1 Grundlagen, Verfahren und Strategien. Berlin: Springer 2000
- 163. Cunha G.D.; Buss, C.O.; Danilevicz A.M.F.; Echeveste, M.E.S.; Kuyven, P.S. (2003) A Reference Model to Support Introducing Product Lifecycle Management. In: GONÇALVES, R.J.; JIANZHONG, C.; STEIGER-GARÇÃO, A. Concurrent Engineering: The Vision for the Future Generation Enhanced Interoperable Systems. Amsterdam: Balkema Publishers
- 164. Gupta A., Govindarajan V. Knowledge Flows and the Structure of Control Within Multinational Corporations. Academy of Management Review. 1991. 16(4):768-792
- 165. Gupta, A.K., Wilemon, D. and Kwaku, A-G. (2000) 'Excelling in R&D', Research Technology Management, Vol. 43, No. 3, pp.52–58
- 166. Hamel, G.: Prahalad, C. K.: Competing for the future. Boston Mass. 1994
- 167. Hammer, M., and J. Champy. 1993. Reengineering the corporation: a manifesto for business revolution. New York, NY: Harper Business
- 168. Hammer, M.: Champy, J.: Business Reengineering. Die Radikalkur für das Unternehmen. Frankfurt: Campus 1994
- 169. Hanafy, M., ElMaraghy, H., 2015, Developing assembly line layout for delayed product differentiation using phylogenetic networks, International Journal of Production Research, 53/9:2633-51
- 170. Harvey L. Creating Success: A Guide to Product Manager KPIs. KPIS AND ANALYTICS. Product Managers. https://www.toptal.com/product-managers/product-management/creating-success-a-guide-to-product-manager-kpis

- 171. He, D. W., Kusiak, A. (1996). Performance analysis of modular products. International Journal of Production Research, 34(1), 253–272. doi:10.1080/00207549608904900
- 172. Heese, H. S., Swaminathan, J.M. (2006). Product line design with component commonality and cost-reduction effort. Manufacturing & Service Operations Management, 8(2), 206–219. doi:10.1287/msom.1060.0103
- 173. Hirschmann, P.: Kooperative Gestaltung unternehmensübergreifender Geschäftprozesse. Wiesbaden: Gabler, 1998
- 174. Hobday M. Product Complexity, Innovation and Industrial Organisation. UniversityBusinessSchool. CopsPublicationNo52, 1998, pp 689-710
- 175. Höfler, K., Fritschi, I. (1999). PIA bewertet die Erfolgsfaktoren der Produktinno vation. In: IO-Management 5, 71-75.
- 176. Horváth, P.: Target costing marktorientierte Zielkosten in der Praxis. Stuttgart: Schäfer-Poeschel, 1993
- 177. Huang, H. Z., and Y. K. Gu. 2006a. Modeling the Product Development Process as a Dynamic System with Feedback. Concurrent Engineering 14 (4):283-291
- 178. Hubka, V., W.E. Eder. 1988. Theory of Technical Systems. Springer-Verlag, New York
- 179. Hultink, E.J. and Griffin, A. (1997) 'Industrial new product launch strategies and product development performance', Journal of Product Innovation Management, Vol. 14, No. 4, pp.243–258
- 180. Iansiti, M. and Kosnik, T.J. (1999) 'Product development: a customer-driven approach', in: New Product Development, Business Fundamentals, Boston, MA: Harvard Business School Publishing
- 181. Ishii, K., Juengel, C. and Eubanks, C.F. (1995), "Design for product variety: key to product line structuring," in Ward, A.C. (Ed.), Proceedings of the 1995 ASME Design Engineering Technical Conferences, Vol. 2, DE-Vol. 83, 9th International Conference on Design Theory and Methodology, ASME, New York, NY, pp. 499-506.
- 182. Jenkins, S., Forbes, S. (1997). Managing the product development process. Part I: an assessment. International Journal of Technology Management, 13(4), 359–378
- 183. Juuti T., Lehtonen T. .Facilitating Change towards Platforms with Simulation Game., Proceedingsof NordDesign 2002, NTNU, Trondheim, 2002

- 184. Kang, C. M., Hong, Y. S., & Huh, W. T. (2012). Platform replacement planning for management of Product family obsolescence. IIE Transactions, 44(12), 1115–1131.doi:10.1080/0740817X.2012.672791
- 185. Kaplan, R., Norton D. 2001. Transforming the balanced scorecard from performance measurement to strategic management: Part I. Accounting Horizons 15: 87–104
- 186. Kazumi E., Cauchick P. Project portfolio management: a landscape of the literature. International Journal of Business Excellence. 2019. 18(4):450. DOI:10.1504/IJBEX.2019.101529
- 187. Kekre S., Srinivasan K. 1990. "Broader Product Line: A Necessity to Achieve Success?" Management Science, 36(October), 1216–31
- 188. Kerssens-Van Drongelen, I.C., de Weerd-Nederhof, P.C. and Fisscher, O.A.M. (1996) 'Describing the issues of knowledge management in R&D: towards a communication an analysis tool', R&D Management, Vol. 26, No. 3, pp.213–229
- 189. Kersten W., Diehl J., van Engelen Jo M. Intentional Design for Diversity as Pathway to Scalable Sustainability Impact: Select Proceedings of IC3E 2018. Innovation for Sustainability 2019.pp.291-309. DOI:10.1007/978-3-319-97385-2\_16
- 190. Kessler, E. H. (2000). Tightening the belt: methods for reducing development costs associated with New product innovation. Journal of Engineering and Technology Management, 17(1), 59–92. doi:10.1016/S0923-4748(99)00020-X
- 191. Kilger, W.: Flexible Plankosten- und Deckungsbeiträge. 10. Auflage, Wiesbaden: Gabler 1993
- 192. Kinkel, S. Kostenkontrolle oder Controlling? Verbreitung und Effekte betriebswirtschaftlicher Planungs- und Steuerungsinstrumente in der Industrie. Fraunhofer Institut Systemtechnik und Innovationsforschung (Hrsg.): Mitteilung aus der Produkionsinnovationserhebung, Nr. 15, Dezember 1999
- 193. Kirschner R.J. MethodischeOffeneProduktentwicklung: Dissertation. Technischen Universität München. 2012, 208 p.
- 194. Knittig P.R., Shimizu S., Ballon R.J. Modularisation and Its Limitations in the Automobile Industry. from http://www.pomsmeetings.org/ConfProceedings/002/POMS\_CD/Browse%20This %20CD/PAPERS/002-0201.pdf

- 195. Koppenhagen, F., Held, T. The implications of product modularisation on the development process, supplier integration and supply chain design in collaborative product development. Advances in Production Engineering & Management. V.16. N. 1. March 2021. pp 82–98
- 196. Krishnan, V., S.D. Eppinger, D.E. Whitney. 1997. A model-based frame-work to overlap product development activities. Management Sci. 43(Apr.) 437-451
- 197. Krishnan, V., R. Singh, D. Tirupati. 1999. A model-based approach for planning and developing a family of technology-based prod-ucts. Manufacturing & Ser. Oper. Management 1(2) 132-156
- 198. Krishnan, V., S. Gupta. 2001. Appropriateness and impact of platform-based product development. Management Sci. 47(1) 52-68.
- 199. Krishnan, V., S. Bhattacharya. 1998. The role of design flexibility in designing products under technology uncertainty. Working paper, The University of Texas at Austin, Department of Man-agement, Austin TX
- 200. Krishnan, V., & Ulrich, K. (2001). Product development decisions: A review of the literature. Management Science, 47(1), 1–21
- 201. Kuo T-C., Huang S.H., Zhang H-C. "Design for Manufacture and Design for 'X': Concepts, Applications, and Perspectives," Computers &Industrial Engineering, Vol. 41, No. 3, pp. 241-260, 2001
- 202. Larsson L., Romero D. Expanding the Industrial Design Space through Production Innovation(s). June 2017, DOI: 10.1109/ICE.2017.8279946
- 203. Levardy, V., Browning, T.R. (2009) An Adaptive Process Model to Support Product Development Project Management, IEEE Transactions on Engineering Management, 56(4), pp 600–620
- 204. Levenspiel O. Modeling in chemical engineering. Chem. Eng. Sci., 2002. 57 (2002), pp. 4691-4696
- 205. Lee B, Ahmed-Kristensen S (2023). Four patterns of data-drivan design activities in new product development. Proceedings of the Design Society, 3, 1925-1934
- 206. Lehtonen, R., Särndal, C.-E. and Veijanen, A. (2003) The effect of model choice in estimation for domains, including small domains. Survey Methodology, 29, 33–44
- 207. Lin, J. Z., & Yu, Z. (2002). Responsibility cost control system in China: a case of management accounting application. Management Accounting Research, 13(4), 447–467. doi:10.1006/mare.2002.0200

- 208. Lin, T., Lee, J.-W., & Bohez, E. L. J. (2012). New integrated model to estimate the manufacturing cost and production system performance at the conceptual design stage of helicopter blade assembly. International Journal of Production Research, 50(24), 7210–7228. doi:10.1080/00207543.2011.644818
- 209. Lindemann C. Thomas Reiher, Ulrich Jahnke, and Rainer Koch. 2015. "Towards a Sustainable and Economic Selection of Part Candidates for Additive Manufacturing." Rapid Prototyping Journal 21 (January): 216–227
- 210. Lingnau, V. (1994), Variantenmanagement: Produktionsplanung im Rahmen einer Produktsdifferenzierungsstrategie, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- 211. Lynn, G. (1998) 'New product team learning', California Management Review, Vol. 40, No. 4, pp.74–93
- 212. Lipparini, A. Caroli M. (2002), Imprese, reti, distretti. Competenze e relazioni per l'internazionalizzazione. Piccole imprese oltre confine, pp. 20-70
- 213. Magnusson, M., & Pasche, M. (2014). A contingency-based approach to the use of product platforms and modules in new product development. Journal of Product Innovation Management, 31(3), 434–450. doi:10.1111/jpim.12106
- 214. Männel, W.: Aufgaben, Schwerpunkte und Instrumente des Kostenmanagement. In: Küpper, H.-U.; Troßmann, E. (Hrsg.): Das Rechnungswesen im Spannungsfeld zwischen strategischem und operativem Management. Berlin 1997, S. 161 184
- 215. Martin, M.V., Ishii, K. (2002). Design for variety: developing standardized and modularized product platform architectures. Research in Engineering Design, 13, 213 235
- 216. Mayer, S.: Erfolgsfaktoren für Supply Chain Management nach derJahrtausendwende. In: Pfohl, H.-C. (Hrsg.): Logistik 2000 plus. Visionen Märkte Ressourcen. Berlin: Schmidt 1999. S. 1 22
- 217. Mayer, J.D. and Salovey, P. (1993) The Intelligence of Emotional Intelligence. Intelligence, 17, 433-442.
- 218. Meyer, M.H. and Roberts, E. (1988) 'Focusing product technology for corporate growth', Sloan Management Review, Vol. 29, No. 4, pp.7–16
- 219. Meyer, M.H., Tertzakian, P. and Utterback, J.M. (1997) 'Metrics for managing research and development in the context of the product family'. Management Science, Vol. 43, No. 1,pp.88–111
- 220. Meyer, M. H., and Lehnerd, A. P. (2011) The Power of Product Platforms. New York, Free Press

- 221. Meyersdorf, D. and Dori, D. (1997) 'System modelling of the R&D domain through the object process methodology: a practical tool to help R&D satisfy its customers' needs', R&D Management, Vol. 27, No. 4, pp.333–344
- 222. McGrath, M.E. and Romery, M.N. (1994) 'The R&D effectiveness index', Journal of Product Innovation Management, Vol. 11, No. 4, pp.213–220.
- 223. Meffert, H. (2000): Marketing. Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung, 9. Aufl., Wiesbaden
- 224. Milberg, J.: Unternehmenspolitik im Wandel. In: Reinhart, G.; Hoffmann, H.: Münchner Kolloquium: ... nur der Wandel bleibt Wege jenseits der Flexibilität. München: Utz 2000, S. 311 331
- 225. Miller, P., & O'Leary, T. (2007). Mediating instruments and making markets: Capital budgeting, science and the economy. Accounting, Organizations and Society, 32(7-8), 701–734. doi:10.1016/j.aos.2007.02.003
- 226. Morales S. Research on cost management methods used in new product development and their relationship to strategic priorities and collaborative competences: A systematic literature review and survey of the German manufacturing industry. Dr. rer. pol. bei der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). 2016. 335 pp.
- 227. Moser, M.R. (1985) 'Measuring performance in R&D settings', Research Management, Vol. 28, No. 5, pp.31–33
- 228. Moorthy K., Png P. Market Segmentation, Cannibalization, and the Timing of Product Introductions. Management Science. Vol. 38, No. 3 (Mar., 1992), pp. 345-359
- 229. Moreno, A. and C. Terwiesch (2016). "The effects of product line breadth: Evidence from the automotive industry." Marketing Science 36(2): 254-271.
- 230. Morgan L. Swink, V. A. Mabert and J. C. Sandvig, "Customizing Concurrent Engineering Processes: Five Case Studies", Journal of Production Innovation Management, December 1996, p. 229-244
- 231. Morgan, J. M., and J. K. Liker. 2006. The Toyota Product Development System: Integrating People, Process and Technology. New York: Productivity Press
- 232. Muffatto M, Roveda M. Developing product platforms: analysis of the development process. Technovation. Vol. 20, Issue 11, 2000, P. 617-630

- 233. Negele, H., Fricke, E., and Igenbergs, E. (1997). "ZOPH-a systemic approach to the modeling of product development systems." Proceedings of the 7th Annual Symposium of INCOSE, Los Angeles, 773–780
- 234. Nevins, J. L., Whitney, D. E., & Fazio, T. L. De. (1989). Concurrent design of products and processes: a strategy for the next generation in manufacturing. McGraw-Hill
- 235. Nohe P. Methode zur ergebnisorientierten Gestaitung von Entwickiungsprozessen. Dissertation Universitat Stuttgart. 1999. Springer Vertag.
- 236. O'Connor, P. (1994). Implementing a tage-Gate process: A multi-company perspective. Journal of Product Innovation Management, 11(3), 183–200. doi:10.1111/1540-5885.1130183
- 237. Orton, J.D., Weick, K. E. Loosely coupled Systems: A Reconceptualization. Academy of Management Review 15 (1990) 2, S. 203 223
- 238. Omagbemi R. Die Messung und Beurteilung der Effizienz von Projekten der angewandten Forschung und Entwicklung. Akademische Abhandlungen zu den Wirtschaftswissenschaften. 1994. 231 p.
- 239. Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote K.H. 2007. Engineering design: a systematic approach. Third ed. London: Springer
- 240. Pahl, G., W. Beitz. 1988. Engineering Design: A Systematic Approach. Springer, New York
- 241. Pappas, R.A. and Remer, D.S. (1985) 'Measuring R&D productivity', Research Management, Vol. 28, No. 3, pp.15–22.
- 242. Parasuraman, A., Colby, C. L. (2001). Techno-ready marketing: how and why your customers adopt technology. New York: The Free Press.
- 243. Patel, P. C., & Jayaram, J. (2014). The antecedents and consequences of product variety in new ventures: An empirical study. Journal of Operations Management, 32(1), 34–50. doi:10.1016/j.jom.2013.07.002
- 244. Patzak G. Systemtechnik Planung komplexer innovativer Systeme. Grundlagen, Methoden, Techniken. 2013. 445 p. https://doi.org/10.1007/978-3-642-81893-6
- 245. Pearson A.W., Nixon W.A., Kerssens-van Drongelen I.C. R&D as a business What are the implications for performance measurement? R& D Management. 2002. 30(4):355 366. DOI:10.1111/1467-9310.00190
- 246. Peng, D., Verghese A., Shah R, The Relationships between External Integration and Plant Improvement and Innovation Capabilities: The Moderation

- Effect of Product Clockspeed. Journal of Supply Chain Management. 2013. https://doi.org/10.1111/j.1745-493x.2012.03286.x
- 247. Picot, A.; Dietl, H.; Franck, E.: Organisation. Eine ökonomische Perspektive. Stuttgart: Schäffler-Poeschel 1999
- 248. Picot, A.; Reichwald, R.; Wigand, R. T.: Die grenzenlose Unternehmung. Wiesbaden: Gabler 1996
- 249. Piller F. T. Mass Customization: Reflections on the State of the Concept. International Journal of Flexible Manufacturing Systems. 2004. Vol. 16, pp.313–334
- 250. Poolton, J., & Barclay, I. (1998). New Product Development from Past Research to Future Applications. Industrial Marketing Management27, no. 3, 197-212.
- 251. Porter, M. E.: Competitive Advantage. Creating and Sustaining Superior Performance, 2nd Ed., New York, 1998
- 252. Prahalad, C. K.; Hamel, G.: The Core Competence of the Corporation. Harvard Business Review, 68 (1990) 3, S. 79 91
- 253. Prasad, B. (1998), "Designing products for variety and how to manage complexity", Journal of Product & Brand Management, Vol. 7 No. 3, pp. 208–222
- 254. Pugh S. (1996), Creating Innovative Products using Total Design, AddisonWesley Publishing Company Inc
- 255. Randall, T. and Ulrich, K. (2001) Product Variety, Supply Chain Structure, and Firm Performance: Analysis of the US Bicycle Industry. Management Science, 47, 1588-1604. http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.47.12.1588.10237
- 256. Rathnow P.J. Vandenhoeck & Ruprecht, 1993 Conjoint analysis (Marketing) 253 p.
- 257. Reid R.D., Sanders N.R.; Operations Management, John Wiley & Sons, Inc., 2002
- 258. Reinhart, G.; Grunwald, S.: Mit der Kernkompetenzanalyse zur richtigen Strategie für Produktionsunternehmen. Industrie Management 15 (1999) 2, S. 57 61
- 259. Reinhart, G.; Selke, C.; Weber, V.: Supply Chain Management Neuer Wein in alten Schläuchen? In: Tagungsband Züricher PPS-Tage 2000, ETH Zürich 2000
- 260. Reinhart, G.; Murr, O.; Weber, V.: Auftragsabwicklung kundenindividueller Produkte über marktresponsive Wertschöpfungsketten. In:

- VDI Berichte 1645 Variantenvielfalt in Produkten und Prozessen –Erfahrungen, Methoden und Instrumente. Düsseldorf: VDI-Verlag 2001, S. 197 211
- 261. Reinhart, G.; Broser, W.; Weber, V.: Kompetenz und Kooperation Kompetenznetzwerke als Organisationsmodell für die Produktion der Zukunft. In: Milberg, J.; Schuh, G. (Hrsg.): Erfolg in Netzwerken. Berlin: Springer, 2002, S. 288 300.
- 262. Reichwald, R.; Piller, F.: Der Kunde als Wertschöpfungspartner Formen und Prinzipien. In: Albach, H.; Kaluza, B.; Kersten, W. (Hrsg.): Wertschöpfungsmanagement als Kernkompetenz. Wiesbaden: Gabler 2002
- 263. Riebel, P.: Deckungsbeitragsrechnung. In: Chmielewicz, K.; Schweitzer, M. (Hrsg.): Handwörterbuch des Rechnungswesen. Stuttgart 1993, Sp. 364 379
- 264. Robertson D., K.T. Ulrich. 1998. Planning for product platforms. Sloan Management Rev. 39(Summer) 19-31
- 265. Roozenburg N.F.M., Eckels J.: Product Design: Fundamentals and Methods, John Wiley & Sons, 1995. 15 491-509
- 266. Rotering, C.: Forschungs- und Entwicklungskooperationen zwischen Unternehmen eine empirische Analyse, Stuttgart 1990
- 267. Roy, R., Souchoroukov, P., & Griggs, T. (2008). Function-based cost estimating. International Journal of Production Research, 46(10), 2621–2650. doi:10.1080/00207540601094440
- 268. Rozenfeld, H., F. A. Forcellini, D. C. Amaral, J. C. Toledo, S. L. Silva, D. H. Alliprandini, and R. K. Scalice. 2006. Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva
- 269. Sánchez, A. M., Pérez, M. P. P., Martínez Sánchez, A., & Pérez, M. P. P. (2003). Cooperation and the ability to minimize the time and cost of new product development within the Spanish automotive supplier industry. Journal of Product Innovation Management, 20(1), 57–69. doi:10.1111/1540-5885.201005
- 270. Schätz C. A Methodology for Production Development: doctoral thesis. Norwegian University of Science and Technology, 2016, 126 p.
- 271. Scheibehenne B., Greifeneder R., Todd P. (2009), "What Moderates the Too-Much-Choice Effect?" Psychology and Marketing, 26 (3), 229–53
- 272. Schliffenbacher, K.: Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in dynamischen, heterarchischen Kompetenznetzwerken. München: Utz 2000

- 273. Shigley, J.E., and Mischke, C.R. Mechanical Engineering Design, 6<sup>th</sup> Ed., McGraw-Hill, New York 2001, pp 178, 179, 1182, 1186
- 274. Schilling, M.A. and Hill, C.W. (1998) 'Managing the new product development process: strategic imperatives', Academy of Management Executive, Vol. 12, No. 3, pp.67–81
- 275. Schmeisser, W., Mohnkopf, H., Hartmann, M., & Metze, G. (2008). Innovation serfolgsrechnung. (H. Mohnkopf, M. Hartmann, G. Metze, & W. Schmeisser, Eds.). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-540-78249-0
- 276. Seidenschwarz, W.: Target Costing. Marktorientiertes Zielkostenmanagement. München: Vahlen 1993
- 277. Simpson, T.W. Advances in product family and product platform design: methods & applications. 2013;
- 278. Simpson, T.W., 2004, Product platform design and customization: status and promise, (AI EDAM) Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, 18/1:3-20
- 279. Schuh, G., Arnoscht, J., Bohl, a. and Nussbaum, C. (2011), "Integrative assessment and configuration of production systems", CIRP Annals Manufacturing Technology, Vol. 60 No. 1, pp. 457–460
- 280. Schuh, G., & Schwenk, U. (2001). Produktkomplexität managen: Strategien, Methoden, Tools. München: Hanser
- 281. Schulz-Wolfgramm, C.: Neues Denken und Handeln für Innovation und Restrukturierung. In: Reinhart, G.; Hoffmann, H. (Hrsg.): Nur der Wandel bleibt. Wege jenseits der Flexibilität. Münchner Management Kolloquium 2000. München: Utz, 2000. S. 41 58
- 282. Schweitzer, M.; Küpper, H.-U.: Systeme der Kosten- und Erlösrechnung. 7. Auflage, München 1998
- 283. Shafiee, S., Felfernig, A., Hvam, L., Piroozfar, P., & Forza, C. (2018). Cost Benefit Analysis in Product Configuration Systems. In A. Felfernig, J. Tiihonen, L. Hotz, & M. Stettinger (Eds.), Proceedings of the 20<sup>th</sup> Configuration Workshop (Vol. 2220, pp. 37-40). CEUR-WS. CEURWorkshopProceedings, Vol.. 2220
- 284. Seicht, G.: Kostenträger und Kostenträgerrechnung. In: Wittmann, W. (Hrsg.): Handwörterbuch der Betriebswirtschaft. 5. Auflage. Stuttgart: 1993, Sp. 2401 2418

- 285. Shenhar, A.J., "From the orytopractice: Towardatypology of project management styles," IEEETransactionsonEngineering Management, 45(1), 33-48 (1998)
- 286. Simon, H.A. 1969. The Sciences of the Artificial. M.I.T. Press, Cambridge, MA
- 287. Stirn L., Grošelj P. Estimating priorities in group ahp using interval comparison matrices. Multiplecriteria decisionmaking. 2013. Vol. 8. 143-159
- 288. Smith, P. G. 2007. Flexible product development: building agility for changing markets. San Francisco: Jossey-Bass
- 289. Söderquist K.E., Godener A. Performance Measurement in R&D and New Product Development: Setting the Scene. International Journal of Business Performance Management. 2004. 6(2):107 132
- 290. Spath, D.: Quo Vadis Supply Chain Management? In: Fraunhofer IAO Tagungsbeiträge Supply Chain Management Network Jahrestagung. Stuttgart: Fraunhofer IAO, 3. Dezember 2002, S. 3 5
- 291. Stalk G. Jr. and Hout T.M. (1990), Competing against Time, The Free Press
- 292. Steimera C, Cadetb M., Auricha J., Stephan N. Approach for an integrated planning of manufacturing systems based on early phases of product development. 49thCIRPConferenceonManufacturingSystems (CIRP-CMS 2016), pp. 467 472
- 293. Sterman, J.D., Repenning, N.P. and Kofman, F. (1997), "Unanticipated side effects of successful quality programs", Management Science, Vol. 43 No. 4, pp. 503-520
- 294. Steward, D.V. 1981. The design structure system: A method for managing the design of complex systems. IEEE Trans on Engrg. Management EM-28(August) 71-74
- 295. Suh, S. and Huppes, G. (2005) Methods for Life Cycle Inventory of a Product. Journal of Cleaner Production, 13, 687-697. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2003.04.001
- 296. Takeuchi, H., and I. Nonaka. 1986. The new new product development game. Harvard business review 64 (1):137-146
- 297. Terwiesch, C., R. Bohn. 2001. Learning and process improvement during production ramp up. J. Production Econom. 70(1)
  - 298. THE EFQM MODEL. https://efqm.org/

- 299. Thyssen, J., Israelsen, P., & Jørgensen, B. (2006). Activity-based costing as a method for assessing the economics of modularization-A case study and beyond. International Journal of Production Economics, 103(1), 252–270. doi:10.1016/j.ijpe.2005.07.00
- 300. Tipping, J.W. (1993) 'Doing a lot more with a lot less', Research Technology Management, Vol. 36,No. 5, pp.13–14
- 301. Ullman, D. G., The Mechanical Design Process. New York, McGraw-Hill, 2003
- 302. Ulrich, K., D. Sartorius, S. Pearson, M. Jakiela. 1993. Including the value of time in design-for-manufacturing decision making. Management Sci. 39 (4) 429–44
- 303. Ulrich, K.T. 1995. The Role Of Product Architecture In the Manufacturing Firm. Res. Policy 24(May) 419-440
- 304. Ulrich, K.T., D.J. Ellison. 1999. Holistic customer requirements and the design-select decision. Management Sci. 45 (May) 641-658
- 305. Ulrich, K.T., S.D. Eppinger. 2000. Product Design and Development, Second Edition. McGraw-Hill, New York
- 306. Ulrich, K. T., and S. D. Eppinger. 2008. Product Design and Development. Fourth ed. New York: McGraw-Hill International Edition
- 307. UrbaniA, Molinari-Tosatti L,Pedrazzoli P, Fassi I and Boer C R 2001 Flexibility and reconfigurability: An analytical approach and some examples In CIRP 1st International Conference on Reconfigurable Manufacturing Systems pp 21-22
- 308. Utterback, J.A. (1994) Mastering the Dynamics of Innovation, Boston, MA: Harvard Business School Press
- 309. Van der Stede, W. A. (2000). The relationship between two consequences of budgetary controls: budgetary slack creation and managerial short-term orientation. Accounting, Organizations and Society, 25, 609–622.
- 310. VDI-Richtlinie 2221, Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte", VDIVerlag, Düsseldorf, 1993
- 311. Voegele, A. (Hrsg.): Das große Handbuch Konstruktions- und Entwicklungsmanagement. 2. Auflage, Verlag Moderne Industrie, Landsberg/Lech 1999
- 312. Wang, H. (2008). Innovation in product architecture: a study of the Chinese automobile industry. Asia Pacific Journal of Management, 25(3), 509-535

- 313. Weber, J.: Logistikkostenrechnung: Kosten-, Leistungs- und Erlösinformationen zur erfolgsorientierten Steuerung der Logistik. Berlin: Springer 2001
- 314. Weber J. Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen derTechnischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines: Dissertation. Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen. 2004. 248 pp.
- 315. Werner, B.M. and Souder, W.E. (1997) 'Measuring R&D performance: US and German practices', Research Technology Management, Vol. 40, No. 3, pp.28–32.
- 316. Wernerfelt, B. (1984). A resource-based view of the firm. Strategic Management Journal, 5(2), 171–180
- 317. Wescott, D. J., & Cunningham, D. L. (2005). Recognizing Student Misconceptions about Science and Evolution. Mountain Rise, 2, 1-8.
- 318. Westkämper, E.: Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen für variantenreiche Serienprodukte. In: Reinhart, G.; Zäh, M.F. (Hrsg.): Marktchance Individualisierung. Berlin: Springer 2003, S. 95 108
- 319. Weule H. A look at manufacturing in the next century. Nihon kikai gakkaishi = J. Jap. Soc. Mech. Eng. 1995. Vol. 98, N 924. C. 896-899
- 320. Wheelwright, S. C., Clark K. B. 1992. Revolutionizing product development: quantum leaps in speed, efficiency, and quality. New York: Free Press
- 321. Whitney D. (1995), CAD and Product Development in the US Automobile Industry, Working Paper, Centre for Technology, Policy, and Industrial Development, Massachusetts Institute of Technology
- 322. Wiendahl, H.-P.; Hernandez, R.: Wandlungsfähigkeit neues Zielfeld der Fabrikplanung. In: Industrie Management 16 (2000) 5, S. 37 41
- 323. Wildemann, H.: Koordination in Unternehmensnetzwerken. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 1999. Nr. 4, S. 417 439
- 324. Wildemann, H.: Vernetzte Produktionsunternehmen. ZWF 95 (2000) 4, S. 141 - 145
- 325. Wildemann, H.: Wandlungsfähige Netzwerkstrukturen als modern Organisationsform. In: Industrie Management 17 (2001) 5, S. 53 57
- 326. Winner R. J., Pennell J. P., Bertrand H. E., and Slusarczuk M. M. (1988), The Role of Concurrent Engineering ;n Weapons System Acquisition, IDA Report R-338, Institute for Defense Analyses, Alexandria VA

- 327. Womack J.P., Jones D.T., and Roos D. (1990), The Machine that Changed the World, Harper Collins
- 328. Womack, J. P., and D. T. Jones. 1996. Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation. New York, NY: Simon & Schuster
- 329. Wouters, M., & Anderson, J. C. (2009). Improving sourcing decisions in NPD projects: Monetary quantification of points of difference. Journal of Operations Management, 27(1), 64–77. doi:10.1016/j.jom.2008.07.001
- 330. Wouters, M., & Morales, S. (2014). The contemporary art of cost management methods during product development. In M. J. Epstein & J. Y. Lee (Eds.), Advances in Management Accounting (Vol. 24, pp. 259–346). Bingley, UK: Emerald Group Publishing Limited. doi:10.1108/S1474-
- 331. Wu B., KAY J.M., Looks V., Bennett M.: The design of business processes within manufacturing systems management, International Journal of production research, Vol.38, No.17, pp 4097-4111, 2000
- 332. Yazdifar, H., & Askarany, D. (2012). A comparative study of the adoption and implementation of target costing in the UK, Australia and New Zealand. International Journal of Production Economics, 135(1), 382–392. doi:10.1016/j.ijpe.2011.08.012
- 333. Yoshikawa, T., Innes, J., & Mitchell, F. (1995). A Japanese case study of functional cost analysis. Management Accounting Research, 6, 415–432.
- 334. Zhang, W., Hill V., Gilbreath G. H.. 2011. A Research Agenda for Six SigmaResearch. Quality Management Journal 18 (1):39-53
- 335. Zhang, L.L., Xu Q., Helo P., 2013, A knowledge-based system for process family planning, Journal of Manufacturing Technology Management, 24/2:174-196
- 336. Zhang X., Huang, G.Q. (2010). Game-theoretic approach to simultaneous configuration of platform products and supply chains with one manufacturing firm and multiple cooperative suppliers. International Journal of Production Economics, 124(1), 121–136. doi:10.1016/j.ijpe.2009.10.016

Таоли Характеристика			астников авто	омооилестрое	ния в РФ					
оЕМ- производител и	<u>ОД</u> VI-производи <b>ОАО</b> « <b>АвтоВаз</b> »	3AO ««GM – AVTOVAZ»	OAO «Kamas»	OAO «PO EIAZ»	OAO Gruppa «GAZ» - OAO «GorkovskiA utomobilmuiza vod»	OOO «Obedinenna yaavtomobiln ayagruppa» - OAO «IzhevskiAuto mobilnuizavo d»	UlyanovskyAv tomobilnyiZav od (UAZ)	MercedesTru cksVostok	BAWRUS	FordSollersAlabu ga
Стратегия развипия	разработка новых моделей, недорогих автомобилей. Общий объем производства более 1 000 000 единиц в год по состоянию на 2018 год.	разработка и производство обновленной версии «ChevroletNiva »; увеличение производствен ных мощностей	ведущие позиции в сегменте на рынках СНГ, увеличение доли рынка в среднем ценовом сегменте в Евразии, Африке, Юж. Америке, интеграцияя с Daimler	производство конкурентост особных штамповочны х машин, сборка строительных машин СикигоуаМакі паІтаlatve Гіса гет увеличение годовой мощности с 300 автомобилей до 500-600	лидирующие позиции на рынке российских LCV	увеличение объема производства до 350 000 автомобилей в год	развитие продуктов под потребности потребителей ; отпимизация продуктов через использовани е зарубежных компонентов	ежегодное увеличение производстве нных мощностей. В 2018 году планируемая мощность 10 000 грузовиков; модернизаци я производства увеличение закупки компонентов местного производства	увеличение закупки компонентов местного производства	повышение производственной мощности по состоянию на 2018 год до 200 000 авто в год -значительное увеличение локализации
Характеристика		елей в РФ			L		L		L	L
OES- производител и	ACOM	Avtokompensat or	Avtocomponent	Avtodetal - Service	Avtotechnik	Avtotekhnika	BBS	CARDAN	DAAZ	ELAZ
Компоненты	батареи	металлические детали/ компоненты модулей	климатические системы детали/ компоненты модулей; строительные материалы	Двигатели; коробки передач; тормозные системы; системы рулевого управления	компоненты модулей	элементы внугренней огделки	пластиковые компоненты	карданные валы	компоненты топливной системы; кузовные элементы; тормозные пшанги	металлические детали/компонен ты
Стратегия развития	поставщик ОЕМ-	не определена	увеличение НИОКР;	не определена	реструктуриз ация	увеличение портфеля	не определена	не определена	не определена	развитие портфеля

OES- производител и	производител ей — лидеров отрасли  Elektropribor	EXEDY VIS RUS	проектировани е новых продуктов  FordSollersEng ineFactory	IkarI td	Kamatek	продуктов; повышение качества продукта; поиск иностранных партнеров КатѕкіуZavo dTormoznoy Apperatury I Agregatov	Krista	Lada – Polymer	Leninogorskyi Mekhaniches kiyZavod	продуктов; поиск сильных партнеров для повышения качества продукции  Motor – SUPER
Компоненты	детали/ компоненты модулей	диски сцепления	двигатели	рулевые колеса; детали интерьера; приборные панели	внешние компоненты SMC	тормозные системы	пластиковые дегали/компо ненты	водяные насосы; омыватели; расширитель ные баки; фильтры	металлически е детали/ компоненты модулей; в т.ч. для двигателей EURO-3	воздупные фильтры; усилители; рулевые валы, стабилизаторы; нагреватели
Стратетия развития	развитие портфеля продуктов; поиск сильных партнеров для повышения качества продукции	не определена	увеличение производствен ной мощности; локализация производства	развитие портфеля продуктов	поиск сильных партнеров для повышения качества продукции; расширение производстве нных мощностей	не определена	постоянная модернизаци я производстве нных мощностей	не определена	развитие портфеля продуктов; поиск сильных партнеров для повышения качества продукции	постоянная модернизация производственных мощностей; разработка новых продуктов; поиск сильных партнеров для повышения качества продукции
OES- производител и	Nachalo	Nizhnekamsks hina	NPP Sotecks	Polad	Proftermo	Rict	RulevyeSyste my	Samaraavtozh gut	Samarskipodc hibnikoviyzav od	SollersShtamp
Компоненты	элементы корпуса, элементы подвески	шины	полиуретановы е сиденья и спинки	штамтовка; пластиковые дегали	термическая обработка	компоненты из полимерных и композицион ных материалов	гидравлическ ие усилители рулевого управления	электрообору дование для двигателей и транспортны х средств	ПОДШИПНИКИ	детали прессформ и труб для автомобилей
Стратегия развития	развитие портфеля продуктов; разработка	лидер среди поставщиков российских вендоров;	увеличение производствен ных мощностей;	развитие продукта; развитие производстве	не определена	развитие ассортиментн ого перечня и качества	не определена	не определена	не определена	не определена

	новых продуктовдля	поиск сильных партнеров для	расширение клиентской	нных процессов;		автомобильн ых				
	иностранных вендоров	оптимизации производства	базы	усиление НИОКР		компонентов				
OES- производители	SZPI	Tekhnotron	Tissan	TogliattiKom plektAvto	TPVRUS	TZTO	Ulyanovskiy MotorniyZav od	Upravleniem aloimechaniz aci	Utes	VAZINTERSE RVICE
Компоненты	пластмассов ые дегали/ компоненты модулей	воздухо- очистители, заборники и воздуховоды, магнитные сцепления	электрические кабели, фитинги: гайка, рукав, втулка	нагреватели, воздушные фильтры, радиаторы, термостаты	сиденья	штамповка, детали/ компоненты модулей	двигатели	разьемы, панели, рычаги, усилители, панели	Насосы; детали/ компоненты модулей для топливной системы	тормозные колодки, , диски сцепления и дизельное топливо
Стратегия развития	поиск сильных партнеров	развитие портфетя продуктов; поиск сильных партнеров для повышения качества продукции	лидер среди поставщиков российских вендоров; повышение качества продукции; создание высокотехноло гичного продукта; поиск сильных партнеров	не определена	выпуск качественны х компонентов для российских вендоров;	производство конкурентості особных деталей, как по качеству, так и в организации поставок; выход на новые рынки	не определена	не определена	разработка нового продукта для российского вендора	реконструкция производственн ых мощностей, лидер среди поставщиков российских вендоров;
OES- производител и	Volzhskimach inostroitelnuiz avod	ZavodMashdet al	ZavolzhskiiMot orPlant							
Компоненты	штамповка, детали/ компоненты модулей	тормозные блоки, кольца, шарниры	кронштейны, двигатели выпуск прототипов для двигателей «Евро-4»							
Спрапегия развипия	не определена	не определена	расширение ассорпимента/м одельного ряда компонентов; повышение качества продукции							

Таблица 2 – Список OES-поставщиков кластера Волга (дополнительный, к рассмотренному выше)

OES-поставщик (страна)	Место нахождения	Основные продукты	Покупатели	Этапы реализации
				проекта
Behr	Набережные Челны	Модули охлаждения	KAMAZ	Открыт в 2012 году
Kiekert	Набережные Челны	Боковые дверные замки	Российские и	Открыт в 2013 году
		Задние отсеки	международные	
		Задвижки	автопроизводители	
		Мини-приводы		
AutomotiveGlassAllianceR	Алабуга	Автомобильные стекла	-	В процессе
us				строительства
LearLtd	Нижний Новгород	Сиденья	PSMA	Открыт в 2009 году
MagnaTechnoplast	Нижний Новгород	Бамперы, зеркальные	Nissan	завод купил Magna в
		линии, подоконники,		2008 году
		оконные ручки, задние		
		дверные накладки		
LeoniWiringSystemsRus	Городец	Жгуты	PSMA	Открыт в 2012 году
Valeo	Нижегородская область	Задние фонари, замки	PSMA	Открыт в 2011 году
Bor Glass Plant (AGC	Нижний Новгород	Автомобильноестекло	Ford, Avtovaz, Nissan,	-
Glass)			GAZ, PAZ, VAZ, KAMAZ	
D PlastEftec	Нижний Новгород	воск	Renault, Avtovas	Открыт в 2002 году
SaarGummiRussland	Нижний Новгород	резина	Ford	Открыт в 2007 году
KMZ TradingHouse	Алабуга	компоненты для сварки	-	Состояние
				проектирования
NTC MSP	Алабуга	Системы очистки	-	Состояние
		выхлопных газов		проектирования
CoskunozAlabuga	Алабуга	Кузовные детали	Ford	в процессе строительства
Takata	Ульяновск	Ремни	-	Открыт в 2013 году

## Приложение 2

Взаимосвязь между сложностью продукта и сложностью системы сборки, а также последовательность сопоставления систем

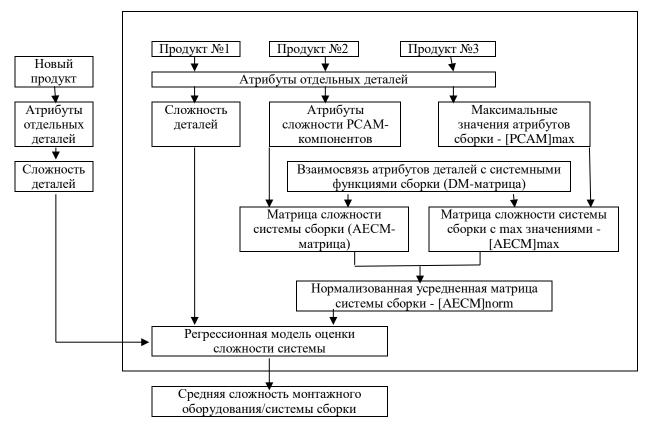


Рисунок 1 — Методика определения взаимосвязи между сложностью продукта и сложностью системы сборки — сопоставления систем