

Вычислительная процедура динамического программирования начинается с введения функции  $Z_k^*(\xi_{k-1})$ , обозначающей доход, полученный за  $(n - k + 1)$  лет, начиная с  $k$ -го года до конца рассматриваемого периода, при оптимальном распределении средств между региональными проектами, если в  $k$ -м году распределялось  $\xi_{k-1}$  средств. Функция  $Z_k^*(\xi_{k-1})$  для  $k = 1, 2, \dots, n - 1$  удовлетворяют функциональным уравнениям Беллмана, которые запишутся в виде

$$Z_k^*(\xi_{k-1}) = \max_{0 \leq \sum_{i=1}^s u_{ki} \leq \xi_{k-1}} \left\{ \sum_{i=1}^s f_{ki}(\xi_{k-1}, u_{ki}) + Z_{k+1}^*(\xi_k) \right\}. \quad (3)$$

При  $k=n$  получаем

$$Z_n^*(\xi_{n-1}) = \max_{0 \leq \sum_i u_{ni} \leq \xi_{n-1}} \left\{ \sum_{i=1}^s f_{ni}(u_{ni}) \right\}. \quad (4)$$

Далее необходимо последовательно решить уравнения (4) и (3) для всех возможных  $\xi_k$  ( $k = n - 1, n - 2, \dots, 1$ ). Каждое из этих уравнений представляет собой задачу на оптимизацию функции, зависящей от переменных. Таким образом, задача с  $ns$  переменными сведена к последовательности задач, каждая из которых содержит переменных. Практическая реализация модели динамического программирования по распределению совокупных ресурсов региона крайне затруднена. Эффективность применения предложенных моделей зависит от качества статистической информации о социально-экономической ситуации и ответственности власти за разработку стратегии устойчивого развития территории.

**Леонид Леонидович РЕШЕТНИКОВ** —  
зав. кафедрой математических методов и  
информационных технологий в экономике,  
кандидат технических наук, доцент

УДК 330.4

## **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ТОВАРА**

**АННОТАЦИЯ.** Рассматривается жизненный цикл сложных технических изделий, выделяются этапы разработки товара, сбыта, эксплуатации, обслуживания и утилизации, рассмотрена возможность распространения единого информационного пространства на все этапы жизненного цикла сложных технических изделий

*Life cycle of complex technical products is considered; such stages as product development, marketing, application, maintenance and retirement are reviewed, and an opportunity of distributing unified information space to all stages of life cycle of complex technical products is examined.*

Технический уровень современного производства предоставляет возможности рассматривать сложные изделия (машины, механизмы, устройства и пр.) на протяжении всего жизненного цикла изделия (ЖЦИ). Уместно кратко рассмотреть основные этапы в развитии самого процесса проектирования, который является неотъемлемой и наиболее наукоемкой частью ЖЦИ.

Создание сложного изделия немислимо без его графического представления — чертежа, выполненного конструктором. С ростом объемов работ, количеством типовых разработок на основе существующих изделий ужесточаются требования к срокам выпуска изделия. Ручное черчение не соответствует предъявляемым требованиям, предприятия на базе рабочих станций и персональных компьютеров с 80-х гг. прошлого века широко начали использовать конструкторские системы САД (Computer-Aided Design), которые на ранних этапах своего развития представляли собой электронный вариант кульмана — черчение базовых графических элементов было заменено созданием соответствующих элементов командами прикладного программного обеспечения. По мере накопления базы электронных чертежей все легче становилось проектировать новые и модифицировать существующие изделия.

Системы двумерного проектирования активно развивались до середины 80-х годов и стали содержать значительное количество приложений, библиотек, надстроек, позволявших максимально автоматизировать и упростить задачи создания чертежей. В отдельные направления выделились расчетные системы САЕ (Computer-Aided Engineering), системы проектирования обработки изделий на станках с числовым программным управлением САМ (Computer-Aided Manufacturing) и многие другие специализированные приложения, основанные на работе с данными, предоставляемыми САД-системами. Параллельно развивался класс систем технологической подготовки производства САПР ТП (САПР — Computer-Aided Process Planning), предназначенных для формирования технологических данных об изделии, ведения централизованного архива этой информации и автоматизированного выпуска технологической документации.

Появление трехмерного моделирования стало настоящим прорывом. В начале оно было доступно только пользователям высокопроизводительных графических UNIX-станций. По-настоящему массовое распространение 3D-моделирование приобрело к середине 90-х годов, когда 3D-САД системы были переведены на платформу РС. Конструкторам не приходится переводить плоский вид объектов проектирования в пространственный, разработчик сразу видит свою конструкцию в виде пространственной модели.

Объемная модель позволяет повысить эффективность и в реализации массы сопутствующих функций: для решения расчетных задач (анализ напряжений, перемещений, колебаний, гидродинамики, теплопередачи и т.д.), подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ, подготовки реалистичных изображений для технической документации и рекламных материалов. По 3D-модели чертежи создаются значительно проще, чем вручную, так как вся геометрия на чертеже формируется автоматически, позволяя конструктору экономить ресурсы на построении видов, разрезов, сечений и соблюдении стандартов оформления различного вида документации.

Практически все САМ/САЕ-пакеты вслед за САД-системами стали трехмерными, позволив в некоторых случаях отказаться от твердого носителя выходных форм. Ближайшая перспектива — технологические САПР, работающие напрямую с конструкторской 3D-моделью.

Одно из важнейших преимуществ трехмерного моделирования состоит в том, что ошибки можно найти и исправить на ранней стадии проектирования. Появляется возможность значительного сокращения временных и финансовых ресурсов на этапе создания опытных образцов.

Развитие систем 3D-моделирования позволяет решать все новые задачи: создание модулей гибки и штамповки листового материала; прокладка электрических соединений, трубопроводов; поверхностное моделирование сложных внешних форм; проверка собираемости и работоспособности конструкции и др.

Итак, автоматизировав с помощью комплекса CAD/CAM/CAE/CAPP все направления подготовки производства, предприятие получает в свои руки цифровую модель изделия — это более высокий уровень, чем просто использование 3D-CAD системы. Цифровая модель объединяет в себе не только геометрию изделия, но и все необходимые расчетные данные, карты технологических процессов, ведомости, управляющие программы для станков, электронные описания изделия, технические руководства и пр.

Экономический эффект от «лоскутной» автоматизации (такой термин устоялся для автоматизации отдельных рабочих мест) недостаточен — ведь процесс проектирования остается последовательным. Эту задачу можно решить созданием единого информационного пространства (ЕИП) применимого как к предприятию, так и к изделию. ЕИП цифровых данных о корпоративной продукции и производственно-технологических возможностях позволяет сопровождать высокотехнологичный продукт на всех этапах ЖЦИ.

Показательным является появление нового класса систем, нацеленных на решение задач организации и координации работ инженерного персонала — систем управления данными об изделии, PDM (Product Data Management). Специалисты не только получают информацию об изделии, но и дополняют ее, формируя состав изделия, который будет актуальным для разных служб предприятия. В дальнейшем, после изготовления изделия, информация о нем будет использована сервисными подразделениями для планового обслуживания, заказчиком — для конфигурирования готовой продукции под свои специфические потребности, а инженерным составом — для модернизации и изготовления нового изделия на основе уже спроектированного.

Еще в 80-х годах поставщики САПР начали решать проблему хранения цифровой документации, стали появляться первые системы электронного архива. Архив и сейчас остается одной из функций PDM-систем. Однако современные PDM решают гораздо более широкий круг задач, позволяя полноценно реализовать следующую ступень развития САПР-технологий, аккумулировать цифровую информацию об изделии и непрерывно управлять этой информацией на протяжении всего ЖЦИ, реализовав концепцию PLM (Product Lifecycle Management) — ключевой момент современного этапа автоматизации промышленного производства.

Поддержка производимой продукции на каждом из этапов ЖЦИ (рис. 1) стала безусловным требованием к современному промышленному предприятию. Известно, что изделия, требующие больших издержек в начальный период ЖЦИ, являются менее рентабельными, чем продукция, инвестиции в которую равномерно распределены во времени или даже сдвинуты на более поздние сроки.

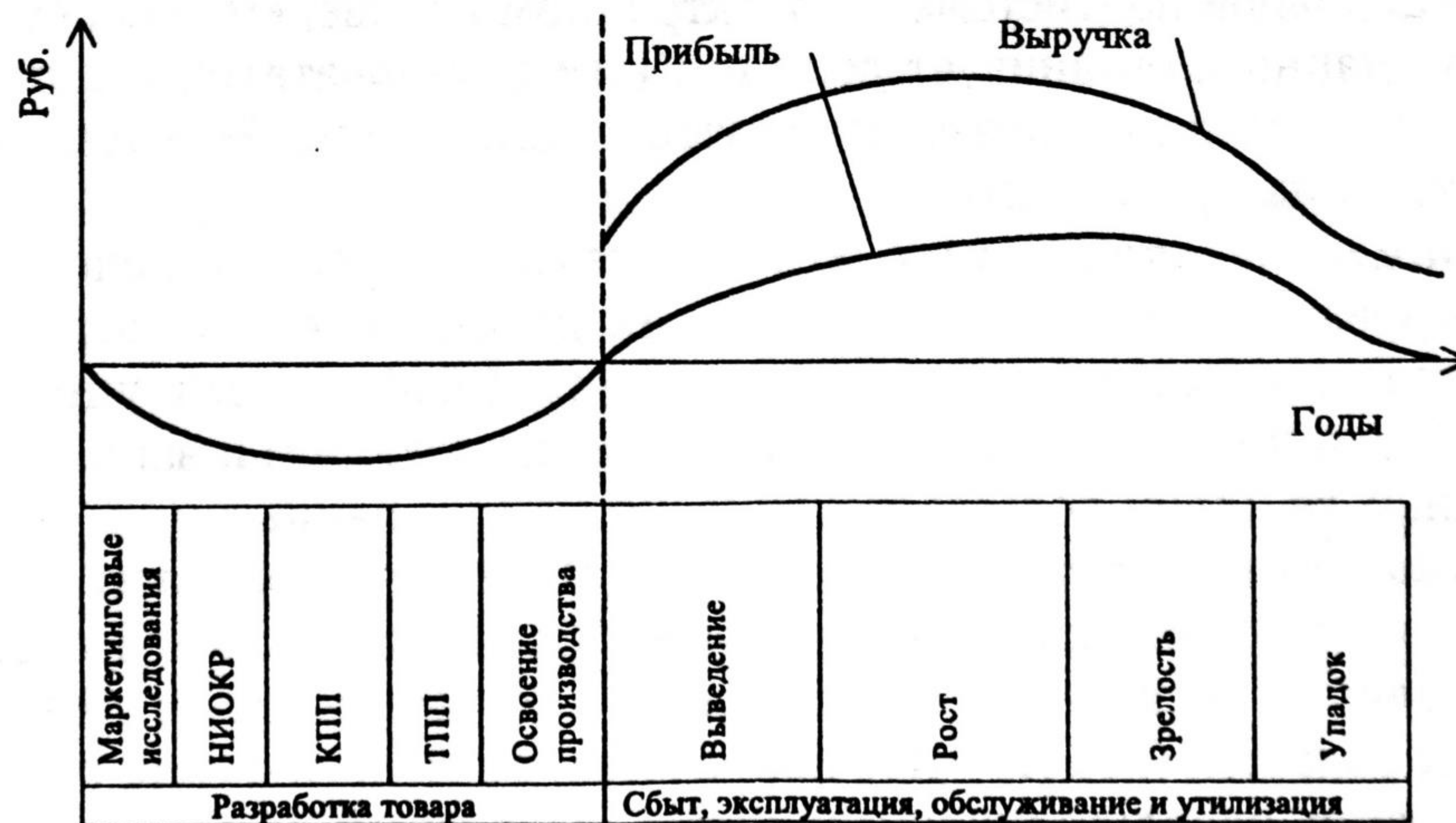


Рис. 1. Финансовый компонент жизненного цикла изделия.

Сокращение сроков научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) и подготовки производства не только позволяет увеличить прибыль компании за счет реализации дополнительной продукции, но и высвободить средства для разработки новых продуктов, повышая общий доход предприятия. Реализация концепции PLM позволяет реально сократить непроизводственные стадии ЖЦИ.

Основной идеей PDM-системы является совершенствование и облегчение доступа к данным об изделии за счет интеграции всех данных об изделии в логически единую модель. Существует много задач, которые можно решить за счет применения PDM-системы, среди них можно выделить наиболее распространенные:

- создание электронного архива чертежей и прочей технической документации;
- создание ЕИП для всех участников ЖЦИ;
- автоматизация управления конфигурацией изделия;
- построение системы качества продукции согласно международным стандартам качества серии ISO 9000/2000.

PDM-система управляет всеми связанными с изделием информационными процессами (в первую очередь проектированием изделия и технологией его производства) и всей информацией об изделии: составом и структурой изделия, геометрическими данными, чертежами, планами проектирования и производства, нормативными документами, программами для станков с ЧПУ, результатами анализа, корреспонденцией, данными о партиях изделия и отдельных экземплярах изделия и многим другим.

PDM-система выступает в качестве средства интеграции множества используемых на предприятии прикладных автоматизированных систем (CAD/CAM/CAE/CAPP/ERP/MRP) за счет сбора поступающей из них информации в логически единую модель на основе стандартных интерфейсов взаимодействия.

Пользователями PDM-системы могут выступать сотрудники всех предприятий-участников ЖЦИ: конструкторы, технологи, работники технического архива, а также сотрудники, работающие в других предметных областях (сбыт, маркетинг, снабжение, финансы, сервис, эксплуатация и т.п.). Важнейшей задачей PDM-системы является предоставление соответствующему сотруднику нужной ему информации в нужное время в удобной форме (в соответствии с правами доступа).

Функционал PDM-системы можно достаточно четко разделить на несколько групп:

**1. Управление архивом информации.** Все документы в PDM-системе хранятся в специальной подсистеме — электронном архиве, который обеспечивает целостность данных, организует доступ к ним пользователей в соответствии с назначенными правами и позволяет осуществлять поиск. Речь идет, естественно, об электронных документах.

**2. Управление процессами.** PDM-система выступает в качестве рабочей среды пользователей и отслеживает все их действия, в том числе следит за версиями создаваемых ими данных. Кроме того, PDM-система управляет потоком работ (например, в процессе проектирования изделия) и занимается протоколированием действий пользователей и изменений данных.

**3. Управление составом изделия.** PDM-система содержит информацию о составе изделия, его исполнениях и конфигурациях. Важной особенностью является наличие нескольких представлений состава изделия для различных предметных областей (конструкторский состав, технологический состав, маркетинговый состав, эксплуатационный состав, сервисный состав и т.д.), а также управление применяемостью компонентов изделия.

**4. Классификация.** PDM-система позволяет производить распределение изделий и документов в соответствии с различными классификаторами. Это может быть использовано при автоматизации поиска изделий с нужными характеристиками с целью их повторного использования или для автоматизации присваивания обозначений компонентов изделия.

**5. Вспомогательные функции, обеспечивающие взаимодействие PDM-системы с другими программными средствами, с пользователями, а также взаимодействие пользователей друг с другом.**

В основной массе, все относящееся к PDM-системам традиционно завершается этапом перехода к серийному или массовому выпуску изделий, но ЖЦИ имеет весьма длительную малоформализованную фазу эксплуатации вплоть до утилизации и последующей переработки (с этапом выделения вторичных компонентов для использования в последующих этапах производства каких-либо изделий).

Проблемы эффективной эксплуатации как важный и длительный этап ЖЦИ, также нуждаются в использовании достаточно универсального программного и аппаратно-программного обеспечения (в качестве примера можно привести современные CASE-средства — обособленную группу программных средств, обладающих значительными возможностями в описании бизнес-процессов).

Система оптимального использования изделий неразрывно связана со всеми информационными потоками и процессами, обеспечивающими взаимодействие информационных, технических, организационных и прочих видов ресурсов, обеспечивающих достижение поставленных целей в рассматриваемом аспекте — на этапах ЖЦИ, связанных с эффективной эксплуатацией изделий.

Важнейшим инструментом внедрения новых методов управления и реструктуризации предприятия сегодня являются корпоративные информационные системы (КИС), современное понимание которых позволяет по-новому рассматривать процессы управления организацией (функционирующей в контексте эксплуатации сложных изделий), независимо от ее масштабов. На текущий момент времени в составе КИС бизнес-объекта включается масса подсистем: от управления ресурсами предприятия (часто используемое, но также не вполне корректное определение: ERP — система), до специализированных продуктов по реализации частных задач.

Очевидно, что реализация концепции PLM становится необходимой составляющей бизнеса для современного предприятия (возможно, ряда предприятий, замкнутых на определенную технологическую или организационно-экономическую взаимозависимость), выстраивающего долгосрочную стратегию развития, поскольку только через концепцию PLM можно собрать вместе и управлять данными о сложных изделиях, сделав их важнейшим бизнес-ресурсом.

Только распространив идею единого информационного пространства на сбыт, эксплуатацию, обслуживание и утилизацию технически сложных и дорогостоящих изделий (какими являются, например, строительные и дорожные машины, средства автомобильного транспорта), можно интегрировать эту идею в обобщенное PLM-решение, позволяющее более успешно осуществлять стратегическое и оперативное управление конкретными предприятиями и отраслями.