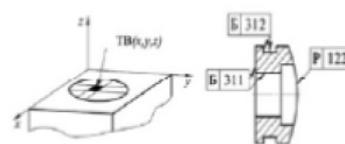


Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин и их соединений



Научноёмкие технологии в машиностроении. 2026. №3 (177). С.39-48.
Science intensive technologies in mechanical engineering. 2026. №3 (177). P.39-48.

Научная статья
УДК 621.01/621.81:658.51
doi: 10.30987/2223-4608-2026-3-39-48

Групповая технология как средство создания «модульных» платформ семейств изделий машиностроения

Владимир Михайлович Третьяков, д.т.н.
Ковровская государственная технологическая академия,
Ковров, Владимирская обл., Россия
tretykov.kovrov@list.ru, <https://0000-0000-0000-0000>

Аннотация. Рассмотрены технологии создания семейства изделий машиностроения и сопровождения его изделий на протяжении жизненного цикла как средство для преодоления отставания отечественного машиностроения и подготовки его к цифровизации. Сравниваются два подхода: по модульному принципу на платформенной основе и групповая технология создания семейств изделий. Оба нацелены на создание требуемого разнообразия изделий семейства на основе платформы минимального объема и сложности. Первым шагом групповой технологии является определение строения семейства и разработка унифицированной конструкторской элементной базы, компоненты которой обеспечивают создание всех требуемых соединений в изделиях семейства. На ее основе формируется унифицированная технологическая элементная база. На их основе создается остальная часть платформы минимального состава. На этапе разработки унифицированной конструкторской элементной базы закладываются требуемые возможности кастомизации и персонализации продукции. В первую очередь, эти возможности определяются узлами сопряжения, служащими для соединения компонентов. Узел сопряжения компонента элементной базы — это совокупность поверхностей или фрагментов его поверхностей, используемых для обмена материальными потоками с другим компонентами при заданном их относительном положении. Координаты узлов сопряжения — переменная составляющая унифицированных конструкций, которая дополнительно расширяет номенклатуру изделий семейства. Проверенные производством компоненты платформы семейства, многократно используемые при разработке и изготовлении его изделий, это объекты, для которых целесообразно создавать цифровые двойники. Групповая технология (в разных формах ее проявления) — основной инструмент преодоления отставания отечественного машиностроения и подготовки его к цифровизации. Она позволяет кратчайшим путем создать диверсифицированный объект производства и платформу минимального состава для обеспечения его жизненного цикла.

Ключевые слова: групповая технология, семейство изделий, платформа семейства, узел сопряжения, модуль, интерфейс

Для цитирования: Третьяков В.М. Групповая технология как средство создания «модульных» платформ семейств изделий машиностроения // Научноёмкие технологии в машиностроении. 2026. № 3 (177). С. 39–48. doi:10.30987/2223-4608-2026-3-39-48

Batch technology as a means of creating «modular» platforms for mechanical engineering products line

Vladimir M. Tretyakov, D.Eng.
Kovrov State Technological Academy of Degtyarev, Kovrov, Vladimir region, Russia
tretykov.kovrov@list.ru

Abstract. *Batch technology for creating and service life tracking of mechanical engineering products are viewed as a means to overcome the backlog of domestic engineering and prepare it for digitalization. Two approaches are compared: a modular, platform-based approach and a group technology for creating product lines. Both are aimed at creating the required variety of products lines based on a platform of minimal volume and complexity. The first step of the group technology is to determine the structure of the family and develop a unified design element base, the components of which ensure the creation of all the required connections in the products lines. A unified technological element base is being formed on its basis, which becomes also the base for the rest of the minimal composition of the platform. At the stage of developing a unified design element base, the required customization and personalization capabilities are laid. First of all, these capabilities are determined by the interface nodes that serve to connect the components. The interface node of an element base component is a set of surfaces or fragments of its surfaces used to exchange material flows with other components at a given relative position. The coordinates of the interface nodes are a variable component of the unified designs, which further expands the product range of the line. The production-proven components of the line's platform, which are repeatedly used in the development and manufacture of its products, are objects for which it is advisable to create digital twins. Group technology (in various forms of its manifestation) is the main tool for overcoming the backlog of domestic engineering and preparing it for digitalization. It allows you to create a diversified production facility and a minimum composition platform in the shortest possible way to ensure its life cycle.*

Keywords: group technology, product line, family platform, interface node, module, interface

For citation: Tretyakov V.M. Batch technology as a means of creating «modular» platforms for mechanical engineering products line / Science intensive technologies in mechanical engineering. 2026. № 3 (177). P. 39–48. doi: 10.30987/2223-4608-2026-3-39-48

Введение

В последнее десятилетие совершенствование промышленного производства на основе цифровой трансформации стало основным трендом промышленной политики многих стран [1]. Для повышения технологического уровня отраслей машиностроения [2] предлагается осуществить «переход от массового производства стандартизированной продукции к гибкому высокопроизводительному производству, выпускающему индивидуализированную продукцию», построенную по модульному принципу на платформенной основе. При этом для всех видов производств предусматривается автоматизация и роботизация, а также интеллектуализация производственных процессов. «В рамках инженерного проектирования платформы рассматриваются, как совокупность подсистем и интерфейсов, созданных для формирования общей структуры» [3]. Платформенный подход [3] позволяет выводить на рынок «поток производных продуктов, расширяя ассортимент, поддерживая при этом эффект масштаба производства и обеспечивая «массовую кастомизацию». В соответствии с [2] долгосрочная перспектива развития модульного производства и модульных конструкций связана с расширением ареала их использования; переходом «...от модульности в производстве к модульности в проектировании»; ростом «...значимости использования модульных конструкций в качестве инструмента кастомизации производства и интенсификации производства инноваций»; эволюцией внутрифирменных модульных платформ в «глобальные» платформы «в направлении от внутрифирменных к платформам цепочек поставок и отраслей, а также от закрытой архитектуры к открытой»; слиянием модульных платформ.

По мнению авторов [2] «модульность в российской промышленности существует, но это, скорее, своего рода исключение, а не сформировавшийся тренд». Что бы преодолеть отставание отечественной промышленности необходимо выводить на рынок «целые продуктовые платформы» преимущественно с открытой архитектурой. В некоторых случаях российские компании обладают собственными наработками в области модульного подхода, однако «в большинстве случаев освоение модульности будет происходить по зарубежным образцам».

В свете вышеизложенного объектом исследования являются методы создания изделий машиностроения, а предметом исследования – технология создания семейства изделий и сопровождения его изделий на протяжении жизненного цикла (ЖЦ). Цель статьи заключается в определении направления развития технологий создания продукции машиностроения для повышения эффективности производства и его цифровизации.

Материалы и методы

Основы групповой технологии организации машиностроительного производства и группового проектирования заложены в 1970-х гг. П.С. Митрофановым, В.В. Бойцовым, В.Б. Гокуном Н.Г. Домбровским, Е.М. Парфеновым и другими отечественными учеными. Работы в данном направлении были продолжены О.И. Аверьяновым, Б.М. Базровым [4], А.Л. Васильевым, И.С. Голубевым, В.П. Отроховым. Учение о потоке предметов обработки в процессе производства и классификации технологических процессов с целью определения возможностей комплексной автоматизации и обеспечения непрерывности производства разработано академиком Л.Н. Кошкиным.

Метод разработки семейств унифицированных изделий появился как средство решения задачи унификации выпускаемой продукции [5, 6] под названием групповое проектирование изделий [7]. Он используется и под другими наименованиями: метод агрегатирования [6], метод базового изделия [5], модульное конструирование [5], проектирование семейств изделий (product family engineering) [8]. Число форм проявления группового проектирования продолжает увеличиваться, например, в лице «платформенно-модульного подхода» к разработке робототехнических комплексов [9]. Распространение группового подхода не только на проектирование и производство, но и остальные этапы ЖЦ изделий привело к пониманию неизбежности появления групповой технологии создания семейств изделий [10].

Групповая технология создания семейства изделий

Объектом группового проектирования (первого этапа ГТ) является группа изделий. Здесь под группой понимается подмножество группы однородной продукции (ОСТ45.185-2001 «Отраслевая система стандартизации. Термины и определения»). В результате проектирования создается унифицированная конструкторская элементная база (ЭБ) компонентов (рис. 1), которые являются составными частями (СЧ) изделий создаваемого семейства, методика синтеза на ее основе конечной продукции и методика проектирования компонентов, вновь вводимых в ЭБ. Элементная база семейства имеет минимальную номенклатуру компонентов, обеспечивающую требуемое разнообразие изделий. Основным признаком, позволяющим установить, что подмножество группы однородной продукции является семейством, служит построение его изделий из унифицированных СЧ.

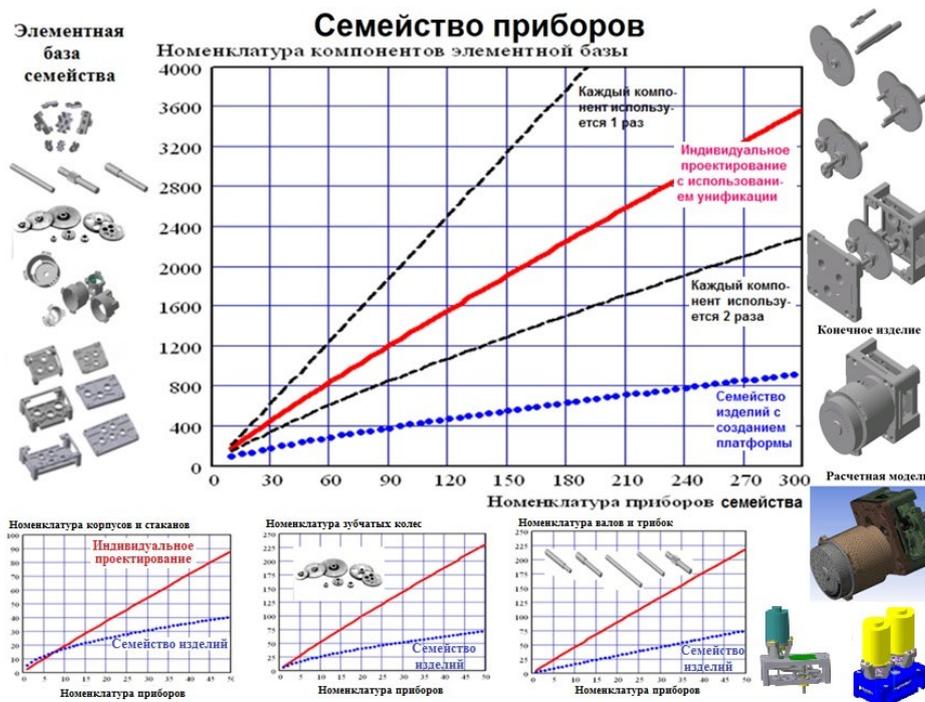


Рис. 1. Пример семейства изделий и его элементной базы

Fig. 1. An example of a product line and its element base

Приспособленность компонента ЭБ к многократному применению в разных изделиях семейства, в том числе и для соединения с разными СЧ, обусловлена особенностями той части его конструкции, которой он обменивается потоками энергии, вещества и сигналов (информации) с присоединенным к нему объектом. Эта часть конструкции компонента в [12] названа «элементом сопряжения», а позднее получила название «узла сопряжения». Узел сопряжения – базовое

конструкторское понятие. Совокупность узлов сопряжения – основа для формирования конструкции изделия. Выделение узла сопряжения, как первичного элемента конструкции, позволило определить основные причины избыточного разнообразия СЧ [12], формировать структурные модели, более детально отражающие строение изделий, решать задачи структурного синтеза [13], создавать конструкции изделий и их фрагментов [11, 14].

Групповая технология охватывает весь ЖЦ изделий семейства [10]. Она включает (табл. 1) разработку семейства и сопровождение его изделий в течение ЖЦ. На основе конструкторской ЭБ создается технологическая ЭБ: материалы и заготовки; технологическое оснащение; технологические процессы изготовления, контроля и испытаний изделий и их СЧ; виды и методы выпуска технологической документации. Для реализации разработанных технологий проектируется бережливое производство и система внешних связей, решающая задачи закупок и логистики [15]. Для продвижения изделий

потребителям создаются дилерские сети. Групповое проектирование (в широком смысле) позволяет создать платформу семейства, которая содержит весь набор средств и бизнес-процессов, позволяющих реализовать ЖЦ его изделий. Следующий шаг – цифровизация платформы. Преобразовав предметную платформу в информационный вид, можно создавать для нее (или встраивать ее в уже имеющуюся) платформу, являющуюся бизнес-моделью корпоративной организации из разработчиков, внешних производителей, поставщиков и потребителей [3].

1. Групповая технология создания семейства изделий

1. Group technology for creating a product line

I групповое проектирование	II сопровождение изделия в течение жизненного цикла
1. Проектирование семейства. 2. Проектирование социотехнической системы сопровождения его изделий в течение жизненного цикла.	1. Разработка и изготовление. 2. Доставка, монтаж, обучение персонала. 3. Техническое обслуживание и ремонт. 4. Демонтаж и утилизация.
ГРУППОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ (в узком смысле: РАЗРАБОТКА СЕМЕЙСТВА ИЗДЕЛИЙ)	
1. Маркетинговые исследования. 2. Определение строения семейства. 3. Р конструкторской ЭБ. 4. Создание методик синтеза изделий семейства на основе ЭБ и разработки компонентов, вновь вводимых в ее состав.	
ГРУППОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ (в широком смысле)	
1. Проектирование семейства изделий. 2. Разработка технологии изготовления изделий и компонентов эб. 3. Разработка проектно-производственного комплекса, включающего: 3.1. систему проектирования; 3.2. систему технической подготовки и планирования производства; 3.3. производственную систему; 3.4. систему управления производством; 3.5. систему внешних связей. 4. Разработка системы продвижения изделий на рынок и продаж. 5. Разработка системы послепродажного сопровождения изделий и утилизации. 6. Цифровизация платформы семейства: 6.1. создание цифровых двойников компонентов платформы; 6.2. создание цифровых двойников бизнес-процессов сопровождения. 7. Создание платформы как бизнес-модели корпоративной организации из разработчиков, внешних производителей, поставщиков и потребителей.	

ГТ позволяет не только сократить номенклатуру СЧ, но и увеличить их конструктивное сходство. На рис. 2 приведены модульные конструкции компонентов класса «Валы» ЭБ, приведенной на рис. 1. Восемнадцать исполнений валов построены на основе пяти модулей. На рис. 1 и рис. 2 размещены диаграммы, отражающие рост номенклатуры СЧ при увеличении номенклатуры выпускаемых приборов. Для случая индивидуального проектирования изделий диаграмма показана сплошной линией. Для данных, полученных при использовании ЭБ, диаграмма образована точками.

В случае использования ГТ рост номенклатуры конечных изделий приводит к незначительному увеличению номенклатуры СЧ (рис. 1 и рис. 2). Это позволяет эффективнее использовать имеющееся оборудование. Данные, относящиеся к использованию ГТ, отмечены на рис. 2 квадратами с диагоналями. Данные, соответствующие использованию индивидуального проектирования с последующей унификацией, отмечены квадратами без диагоналей. Рассмотрим гипотетическую ситуацию: пусть за 5 лет номенклатура выпускаемых приборов выросла с 20 до 50 наименований. При индивидуальном проектировании прирост номенклатуры деталей будет

настолько велик, что повлечет за собой значительное увеличение себестоимости продукции (самый верхний квадрат на рис. 2). Для снижения себестоимости можно заменить гибкий

производственный модуль на станок с ЧПУ с программным обеспечением. При использовании ГТ себестоимость деталей увеличится незначительно. Замена оборудования не потребуется.

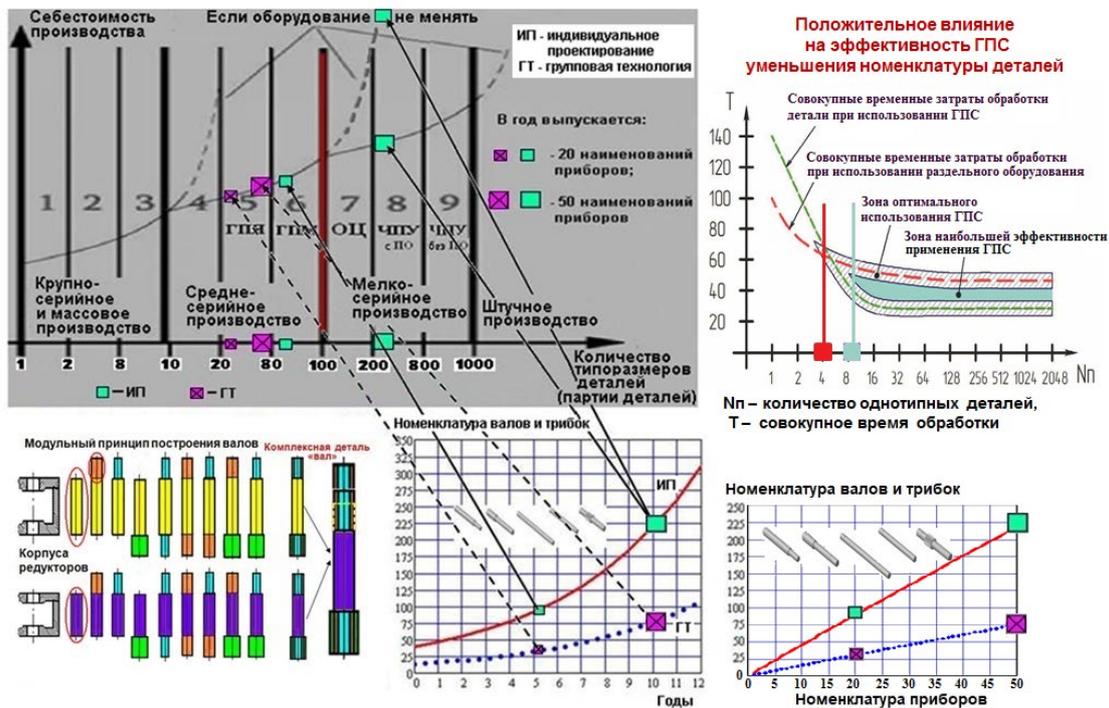


Рис. 2. Влияние изменения номенклатуры выпускаемой продукции и выбора оборудования на ее себестоимость

Fig. 2. The impact of changes in the product range and equipment selection on its cost

Наличие ЭБ позволяет использовать типовые методики при проектировании и изготовлении изделий. Это благоприятствует стандартизации процессов и соблюдению стандартов, а также накоплению и сохранению знаний о создаваемом семействе продукции, его изделиях и компонентах его платформы. В качестве примера на рис. 3 показаны процедуры синтеза изделия (приборного редуктора) на основе компонентов ЭБ, приведенной на рис. 1. Они четко алгоритмизированы и легко поддаются цифровизации.

Цифровое проектирование и моделирование продукции с использованием мульти дисциплинарных математических моделей, отличающихся высоким уровнем адекватности реальным материалам, конструкциям и физико-механическим процессам, связанным с их функционированием и изготовлением, приводит к появлению моделей, которые в [16] называются «умными» цифровыми двойниками изделий.

Создание цифрового двойника дорогостоящий трудоемкий процесс. Затраты на его формирование будут оправданы при выпуске сложных наукоемких изделий. Поэтому наиболее полное

применение такие технологии находят в авиационной промышленности, судостроении, автомобилестроении и т.д. Производители, выпускающие менее сложную, но наукоемкую, мелкосерийную, многономенклатурную, продукцию, не могут создавать цифровые двойники для каждой номенклатурной позиции и каждого используемого бизнес-процесса. Это приведет к значительному удорожанию продукции. Проще создать цифровые двойники для компонентов ЭБ и из этих моделей формировать «умные» цифровые модели конечных изделий семейства. Построение таких моделей должно выполняться автоматически, по мере формирования 3D модели изделия из моделей компонентов ЭБ. В настоящее время полученная 3D модель изделия нуждается в существенной переработке для превращения ее в расчетную модель. Потребности работы с цифровыми моделями при ГТ совпадают с тенденциями развития перспективных производственных технологий цифрового проектирования и моделирования. Согласно [17] в условиях цифровизации дальнейшее развитие технологии организации и управления производством будет направлено, в том числе, и на обеспечение

специальных возможностей эффективного включения в цифровую модель изделия, моделей

«стандартных» серийно выпускаемых компонентов.

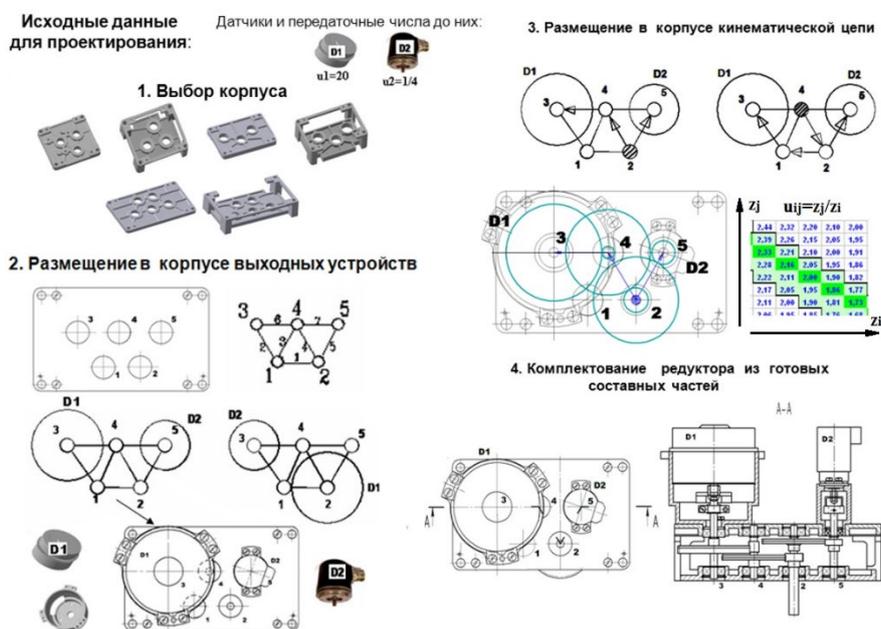


Рис. 3. Методика формирования изделия на основе ЭБ

Fig. 3. The method of forming a product based on EB

Результаты

Приведенная на рис. 1 ЭБ используется с 1985 г. За 40 лет на ее основе разработана КД около 50 приборов. Имеющиеся данные позволили построить диаграммы, отражающие зависимость номенклатуры СЧ от числа разработанных приборов, для случаев индивидуального проектирования и при использовании ЭБ. При индивидуальном проектировании диаграмма, показывающая зависимость номенклатуры составных частей от номенклатуры приборов (например, сплошная линия основной толщины на рис. 1), располагается между двумя диаграммами. Ниже первой (верхней пунктирной), соответствующей случаю, когда каждая СЧ используется только в одном приборе. Но выше второй (нижней пунктирной), соответствующей варианту, когда каждая СЧ в среднем используется в двух приборах. Это доказывает, что при индивидуальном проектировании невозможно достичь значительного сокращения номенклатуры СЧ за счет унификации.

Анализ результатов использования ЭБ показал [11]:

Благодаря примененным конструктивным решениям ЭБ позволяет создать множество различных вариантов приборов, в том числе, в мехатронном варианте. Для любого ранее созданного прибора на основе ЭБ может быть разработан его аналог.

Достигнуто существенное (в три раза) уменьшение номенклатуры СЧ. Эффективность использования ЭБ растет с увеличением числа разработанных приборов. Существенно уменьшилось конструктивное различие компонентов, входящих в один и тот же класс.

Через 18 лет с момента начала использования ЭБ была доработана для соответствия новым требованиям нормативных документов. Компоненты ЭБ и методика ее использования включены в состав стандарта предприятия.

Обязательна цифровизация ЭБ и методики ее использования. В противном случае начинает действовать человеческий фактор, приводящий к нарастанию энтропии в виде неоправданного расширения номенклатуры СЧ и увеличения конструктивного разнообразия компонентов. Влияние человеческого фактора сказывается особенно сильно при смене поколения разработчиков. На рис. 4 показан корпус редуктора из ЭБ (верхний вариант) с базовым значением межцентровых расстояний 34 мм и вновь разработанный вариант корпуса. Межцентровые расстояния между отверстиями 34,5 мм. Кроме того, цифровизация важна и в плане сохранения и институционализации накопленного опыта и знаний об объектах проектирования и бизнес-процессах их создания.



Рис. 4. Влияние человеческого фактора на номенклатуру ЭБ

Fig. 4. The influence of the human factor on the EB nomenclature

Разработанное семейство приборов представляет собой диверсифицированный объект производства, который позволяет организовать цифровое проектирование и цифровое производство кастомизированных изделий. Для реализации этих преобразований необходимо повышение уровня специализации предприятий, выпускающих многономенклатурную продукцию.

Групповая технология создания семейств изделий – идеология создания продукции, используемая в современной технике. Она является закономерным этапом развития методов проектирования и производства, качественно новым результатом применения принципов унификации и идей группового производства на всех стадиях ЖЦ изделий [10]. Групповая технология в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к современным методам проектирования и производства [10]: создает условия для комплексной автоматизации всех инженерных и управленческих процессов; связана с сопровождением изделия в течение всего жизненного цикла; использует при создании изделий структурно-параметрический синтез на основе информационных моделей и баз знаний; соответствует основным принципам, на которых базируется современное производство (индивидуализация, информатизация, интеллектуализация).

ГТ позволяет создать бережливое производство кастомизированных и персонифицированных изделий, гибко настраиваемое на необходимый объем выпуска и позволяющее изготавливать единичную и мелкосерийную продукцию по цене серийной за счет многократного применения в разных исполнениях изделий унифицированных компонентов ЭБ.

Обсуждение

По мнению автора сложившееся видение дальнейшего развития отечественного машиностроения по пути применения модульного принципа и платформенного подхода [2] связано с использованием заимствованных из зарубежной литературы модных терминов типа «архитектура», «интерфейс», «модульная платформа» и т.д. Эти термины, привнесенные в машиностроение из информационных технологий, не адекватно отражают объективно существующее разнообразие конструкций изделий машиностроения. Начнем с терминов: «интерфейс» и «архитектура».

В машиностроении (речь идет о «железе») нет никаких интерфейсов как отдельных компонентов изделий. Есть составные части и их соединения. На всех СЧ имеются только «фейсы», которые автор данной работы включает в объем понятия, обозначаемого термином узлы сопряжения. «Фейсы» создают попарные (и только попарные) соединения. Именно от узлов сопряжения зависит возможность соединения двух СЧ.

Унификация соединений и составных частей разные вещи. Все соединения СЧ двух изделий, показанных на рис. 5, одинаковы, а номенклатура их СЧ разная. Унификация соединений («интерфейсов») в левой конструкции не привела к унификации СЧ. При 100 % унификации соединений унификация СЧ равна 0 %. Унификация СЧ определяется, прежде всего, идентичностью их узлов сопряжения. В правой конструкции при 100 %-ой унификации СЧ получена и 100 %-я унификация соединений («интерфейсов»).

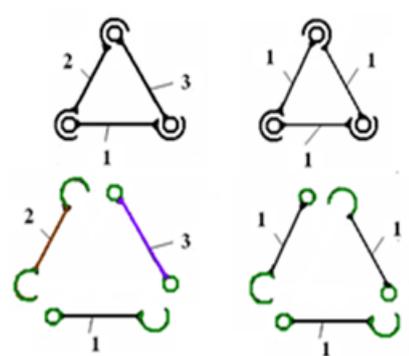


Рис. 5. Различие в унификации СЧ и соединений (интерфейсов)

The difference in the unification of MF and connections (interfaces)

Понятие архитектура трактуется не однозначно. В [18] представлены три основных варианта: 1. Схема, с помощью которой функции

продукта распределяются по физическим компонентам; 2. Абстрактное описание сущностей системы и взаимосвязей между этими сущностями; 3. Системная архитектура – это абстрактное описание сущностей системы и взаимосвязей между этими сущностями, а также схема, с помощью которой эти сущности сопоставляются с более крупными физическими или нефизическими подсистемами системы.

Если вести речь о «железе», то второе определение может служить определением *строения изделия* как совокупности его состава (множества СЧ) и структуры (множества соединений между СЧ). Строение изделия задается его принципом действия, который определяет минимальный набор СЧ, их функции в изделии и образуемые ими соединения. Введение дополнительных СЧ и деление составных частей на компоненты зависит от условий эксплуатации (в том числе и от разнообразия исполнений изделий семейства), а также от технологий изготовления. В итоге получаем множество структурных схем, отражающих строение каждого исполнения изделий семейства. Используя эти схемы можно определить рациональные варианты деления изделий на более крупные многократно используемые СЧ [11, 13]. При написании перечисленных работ необходимость применения терминов «архитектура» и «интерфейс» не возникала.

Далее о «модулях и модульности». «Общее (рамочное) понимание модульности как системы, состоящей из модулей, связанных через стандартные интерфейсы» [2] для машиностроения не приемлемо так как в изделии есть только детали, соединенные между собой. Унифицированными должны быть детали (рис. 5). «Модульная составная часть» представляет собой частный случай возможных исполнений СЧ. Любая составная часть, входящая в изделие, является конструктивно, функционально и технологически законченной, может рассматриваться без дальнейшего деления ее на компоненты и безусловно отвечает требованиям конструктивной и функциональной совместимости с другими СЧ изделия. Все перечисленные признаки входят в определение модульной составной части, приведенное в [5]. Единственный отличительный признак, выделяющий модульную СЧ среди прочих – габариты и присоединительные размеры (*узлы сопряжения* курсив автора), соответствующие установленному проектному модулю. Классический пример СЧ в модульном исполнении – кирпич. Валы, приведенные на рис. 1 и рис. 2, могут быть отнесены к СЧ модульной конструкции. Это единственный класс компонентов, построенных по модульному принципу, входящих в ЭБ семейства, приведенного на рис. 1.

На наш взгляд ориентиром для развития машиностроения должно быть не создание модульных платформ, а создание унифицированных элементных баз семейств изделий. На основе последних могут быть построены предметные платформы

семейств, с дальнейшим переходом к их цифровизации. Под платформой семейства понимается совокупность компонентов разной природы (составных частей, технологических процессов, компонентов технологического оснащения, и т.п.) многократно используемых в изделиях семейства, а также в течение их жизненного цикла [11].

В автомобильной промышленности начали использовать групповой подход к созданию продукции с 1908 г., когда в семействе автомобилей Г. Форда была применена платформа Model T. На сегодняшний день определение платформы расширилось, в нее кроме шасси стали включать и принципы построения конструкции, и система стандартных интерфейсов для сборки модулей [2]. С точки зрения ГТ вновь введенные составляющие платформы – система унифицированных компонентов ЭБ и их узлов сопряжения, обеспечивающая требуемые варианты соединения СЧ. Это позволяет уменьшить номенклатуру компонентов и сборочного оборудования с расширением разнообразия исполнений автомобилей.

Применительно к автомобилестроению формой проявления ГТ является принцип «базового изделия». Часть «базового изделия», применяемую в каждом исполнении автомобиля, называют платформой, а унифицированные компоненты ЭБ семейства в зарубежной технической литературе с 1960-х гг. [2] стали называть модулями. Но, например, с точки зрения на модули, изложенной в [5], приведенная на рис. 6 конструкция двигателя, разработанного фирмой «Фольксваген», не может считаться модульной. Габариты и узлы сопряжения СЧ, перечисленных на рис. 6 и рассматриваемых без дальнейшего деления их на компоненты, не могут соответствовать единому проектному модулю. На некоторую долю модульности своих элементов могут претендовать конструкции СЧ 1,6 и возможно 2,5.

С точки зрения ГТ большинство, приведенных в [2], перспективных направлений развития «модульных конструкций», сводится к увеличению разнообразия исполнений изделий семейств при уменьшении номенклатуры компонентов их ЭБ (в том числе, за счет слияния разных семейств группы однородной продукции) и расширению области применения ГТ. В случае слияния в одно большое семейство нескольких семейств, входящих в одну группу однородной продукции, сформированная на основе общей ЭБ платформа начнет играть роль инфраструктуры для участников бизнес-процесса. Количество переходит в качество. Изменение показателей семейств при их слиянии в одно семейство рассмотрено в [11]. При использовании ГТ открытость архитектуры ЭБ и платформ зависит только от политических решений руководства компаний. Требуемое разнообразие исполнений узлов сопряжения для обеспечения соединений СЧ изделий закладывается при разработке конструкторской ЭБ семейства.

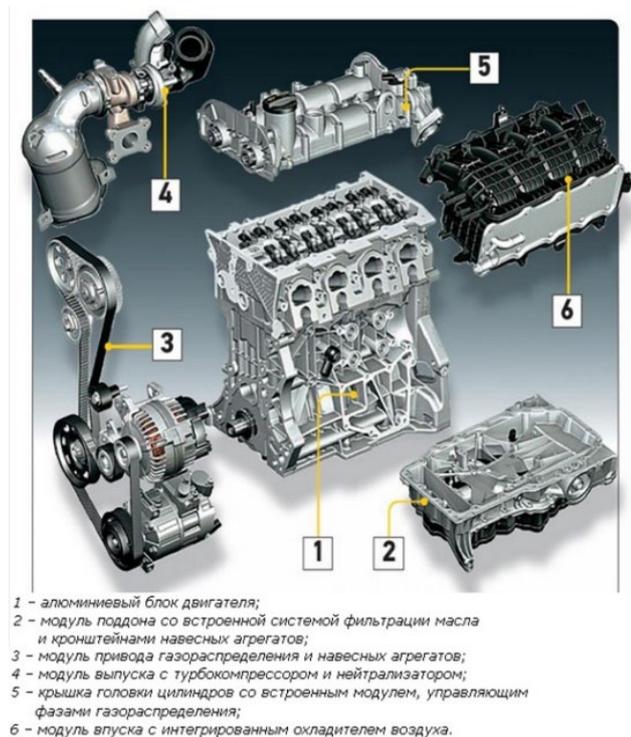


Рис. 6. Модульная конструкция двигателя

Fig. 6. Modular design of the engine

Выводы

1. Заимствованные из зарубежной технической литературы термины «архитектура», «интерфейс», «модульная платформа» и т.д. не адекватно отражают существующее разнообразие конструкций изделий машиностроения. Их применение ничего не дает для более точного описания множества изделий машиностроения и процессов их создания. Отечественной терминологии: «строение изделий», «соединения», «составные части» и т.д. достаточно для решения задач развития машиностроения.

2. Перевод отечественного машиностроения исключительно на модульную элементную базу не имеет под собой оснований. На наш взгляд ориентиром для его развития должно быть создание, например, путем перепроектирования, унифицированных конструкторских элементных баз семейств изделий. На основе последних будут сформированы предметные платформы семейств, с дальнейшим переходом к их цифровизации. Основной инструмент реализации данного процесса – групповая технология создания семейств изделий. Ее применение позволяет кратчайшим путем создавать платформы для производства семейств изделий, минимизировать компонентный состав платформ и значительно расширить область, в которой применение цифровизации будет экономически оправдано.

3. Для создания унифицированных конструкторских элементных баз и на их основе платформ семейств изделий необходимо рационально увеличить специализацию предприятий, выпускающих многономенклатурную, мелкосерийную продукцию.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Афанасьев А.А. Цифровая трансформация промышленного производства: теоретические аспекты и политика ее реализации: Научный доклад. М.: ИЭ РАН, 2024. 76 с.

2. Княгинин В.Н. Модульная революция: распространение модульного дизайна и эпоха модульных платформ: серия докладов (зеленых книг) в рамках проекта «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации» // Фонд Центр стратегических разработок «Северо-Запад». Санкт-Петербург, 2013. Вып. 1. 80 с.

3. Маркова В.Д., Трапезников И.С. Отраслевые платформы как инновационный тип компаний // Инновации. 2020, № 12 (266). С. 33–42.

4. Базров Б.М. Системный подход применения видов технологии // Научные технологии в машиностроении. 2022. № 7 (133). С. 27–32. DOI 10.30987/2223-4608-2022-1-7-27-32. EDN MOFPYT.

5. P50-54-103-88 «Рекомендации. Модульные и базовые конструкции изделий. Основные положения». М.: ВНИИИМАШ. 1989. 29 с.

6. Шебанов В.И. Теоретические предпосылки метода агрегатирования и модульного проектирования // Стандарты и качество. 1983. № 2. С. 8–10.

7. Третьяков В.М. Основные понятия и методология группового проектирования семейства изделий машиностроения // Сб. Механика и процессы управления. Серия Проблемы машиностроения. Труды XXXIII Уральского семинара. Екатеринбург, 2003. С. 133–148.

8. Markus Christian Berschik, Marc Zuefle, Fabian Niklas Laukotka, Dieter Krause Product family engineering along the life cycle – research aspects to cope with variability in advanced systems; The Author(s), 2024. Published by Cambridge University Press. DOI 10.1017/dsj.2024.21.

9. Граськин С.С., Ермолов И.Л., Хрипунов С.П. Концептуальные основы платформенно-модульного подхода к разработке перспективных робототехнических комплексов. Мехатроника, автоматизация, управление. 2023. 24 (12): 619–626. DOI 10.17587/mau.24.619-626

10. Третьяков В.М. Групповая технология создания семейства изделий // Вестник машиностроения. 2000. № 4. С.45–48.

11. Третьяков В.М. Конструирование семейств изделий машиностроения. Монография. Ковров: Ковровская гос. технологическая акад. им. В. А. Дегтярева. 2009.

12. Третьяков В.М. Групповое проектирование технических устройств. Разработка элементной базы // Автоматизация и современные технологии, 1997. № 9. С. 10–21.

13. Третьяков В.М. Математические модели для определения номенклатуры компонентов элементной базы семейства машин // Проблемы машиностроения и надежности машин. 1999. № 2. С. 8–13.

14. Третьяков В.М. Формирование простых кинематических пар на основе узла сопряжения «точка» // Теория механизмов и машин. 2015, № 2. Том 13. С. 46–61.

15. Лайкер Дж. Система разработки продукции в Toyota: Люди, процессы, технология / Джеффри Лайкер, Джеймс Морган: Альпина Бизнес Букс; Москва; 2007. С. 436. http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=8268246/.

16. Боровков А.И., Рябов Ю.А., Марусева В.М., Кулемин В.Ю. Цифровые двойники и цифровая трансформация предприятий ОПК // Оборонная техника, 2018. № 1. С. 6–34.

17. Дежина И.Г. Публичный аналитический доклад по направлению «Новые производственные технологии» // Сколковский институт науки и технологии. Январь. 2015. 210 с.

18. Katja Hölttä-Otto. Modular Product Platform Design. TKK Dissertations 10. Espoo: Helsinki University of Technology, 2005. С. 68.

REFERENCES

1. Afanasyev A.A. Digital transformation of industrial production: theoretical aspects and policy of its implementation: Scientific report. Moscow: IE RAS, 2024, 76 p.

2. Knyagin V.N. The modular revolution: the spread of modular design and the era of modular platforms: a series of reports (green books) within the framework of the project «Industrial and Technological Foresight of the Russian Federation» // Center for Strategic Research «North-West». Saint Petersburg, 2013. Issue 1, 80 p.

3. Markova V.D., Trapeznikov I.S. Industry platforms as an innovative type of companies // Innovations. 2020, No. 12 (266), pp. 33–42.

4. Bazrov B.M. A comprehensive approach to the application of types of technology // Science-intensive technologies in mechanical engineering. 2022. No. 7 (133), pp. 27–32. DOI 10.30987/2223-4608-2022-1-7-27-32. EDN MOFPYT.

5. R50-54-103-88 «Recommendations. Modular and basic product designs. Basic provisions». Moscow: VNIINMASH, 1989, 29 p.

6. Shebanov V.I. Theoretical background of building-block and modular design methods // Standards and quality. 1983. No. 2. pp. 8–10.

7. Tretyakov V.M. Basic concepts and methodology of a group design for a mechanical engineering products line // proc. Mechanics and control processes. A series of Problems of

mechanical engineering. Proc. of the XXXIII-th Ural Seminar. Yekaterinburg, 2003, pp. 133–148.

8. Markus Christian Berschik, Marc Zuefle, Fabian Niklas Laukotka, Dieter Krause Product family engineering along the life cycle – research aspects to cope with variability in advanced systems; The Author(s), 2024. Published by Cambridge University Press. DOI 10.1017/dsj.2024.21

9. Graskin S.S., Ermolov I.L., Khripunov S.P. Conceptual Propositions for Creation of Perspective Robotic Systems based on Platform-Modular Approach. Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie. 2023. DOI 10.17587/mau.24.619-626

10. Tretyakov V.M. Group technology for making (designing and manufacturing) the families of technical devices // Bulletin of Mechanical Engineering. 2000. No. 4. pp. 45–48.

11. Tretyakov V.M. Designing families of mechanical engineering products. Monograph. Kovrov: Kovrov State Technological Academy named after V. A. Degtyarev. 2009.

12. Tretyakov V.M. Group technology for making (designing and manufacturing) the families of technical devices. Development of the element base // Automation and modern technologies, 1997. No. 9. pp. 10–21.

13. Tretyakov V.M. Mathematical models for determining the nomenclature of components of the element base of a family of machines // Problems of mechanical engineering and reliability of machines. 1999. no 2. pp. 8–13.

14. Tretyakov V.M. Formation of simple kinematic pairs based on the «dot» interface node // Theory of mechanisms and machines. 2015, No. 2, vol. 13, pp. 46–61.

15. Liker J. Toyota Product Development System: People, Processes, technology: Alpina Business Books. Moscow. 2007, p. 436. http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=8268246/.

16. Borovkov A.I., Ryabov Yu.A., Maruseva V.M., Kulemin V.Yu. Digital twins and digital transformation of defense industry enterprises // Defense Technology, 2018. No. 1, pp. 6–34.

17. Dezhina I.G. Public analytical report on «New production technologies» // Skolkovo Institute of Science and Technology. January. 2015, 210 p.

18. Katja Hölttä-Otto. Modular Product Platform Design. TKK Dissertations 10. Espoo: Helsinki University of Technology, 2005. С. 68.

Статья поступила в редакцию 04.06.2025; одобрена после рецензирования 22.08.2025; принята к публикации 16.09.2025.

The article was submitted 04.06.2025; approved after reviewing 22.08.2025; assepted for publication 16.09.2025.

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный технический университет»

Адрес редакции и издателя: 241035, Брянская область, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Телефон редакции журнала: 8-903-592-87-39, 8-903-868-85-68.

E-mail: naukatm@yandex.ru, editntm@yandex.ru

Вёрстка Н.А. Лукашов. Редактор А.Ю. Кленичева. Технический редактор Н.А. Лукашов.

Сдано в набор 17.03.2026. Выход в свет 30.03.2026.

Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,58.

Тираж 500 экз. Свободная цена.

Отпечатано в лаборатории оперативной полиграфии

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный технический университет» 241035,

Брянская область, г. Брянск, ул. Институтская, 16

12+