

УДК 65.011.56:004.01

## Использование электронных структур изделий для формирования задания на проектирование производственной системы

Тур Михаил Алексеевич

Лагута Виктор Степанович (научный руководитель)

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

*Рассмотрены основные понятия электронной структуры изделия (ЭСИ), приведены примеры в соответствии с классификацией ЭСИ. Показана взаимосвязь ЭСИ на этапах жизненного цикла изделия. Рассмотрен принцип построения конструктивной и технологической ЭСИ на примере сборочного изделия, приведена сравнительная характеристика конструктивной и технологической ЭСИ. Показана возможность реализации в ЭСИ вариативных технологий изготовления компонент изделия, что позволяет оптимизировать проектирование соответствующей производственной системы.*

**Ключевые слова:** электронная структура изделия, номенклатура деталей, конфигурация, проектирование производственной системы

**Введение.** Развитие и совершенствование технологий компьютерного проектирования многономенклатурных производственных систем существенно расширяет возможности оптимизации проектных решений уже на начальных стадиях их создания. Интеграция программных систем CAE/CAD/CAM/CAPP позволяет в автоматизированном режиме осуществлять разработку концептуальных решений вариантов будущего производства [1]. Возможность итеративной организации начальных стадий проектирования в концепции систем управления жизненным циклом изделия (СУЖЦ) в соответствующих системах PDM/PLM существенно увеличивает вероятность успешной реализации проекта в эксплуатации [2, 3].

**Основные определения.** Основным способом представления информации о деталях базовой номенклатуры для решения частных задач проектирования соответствующей (исполнительной) производственной системы (ПС) является утвержденная электронная структура изделия (ЭСИ) [4].

Структура изделия — совокупность составных частей изделия и связей между ними, определяющих иерархию составных частей. Структура изделия обычно представляется в виде ориентированного ациклического графа, вершины которого соответствуют компонентам, а ребра, соединяющие вершины, — отношениям (связям) между компонентами. Вершина, соответствующая изделию в целом, называется начальной вершиной.

Электронная структура изделия — электронный конструкторский документ, содержащий описание изделия (сборочной единицы, комплекта или комплекса), иерархические отношения между его составными частями и другие данные в зависимости от его назначения. ЭСИ выполняется только как

электронный КД, предназначенный для использования в вычислительной среде (рис. 1).

ЭСИ предназначена для организации информационного взаимодействия между автоматизированными системами. ЭСИ создается и используется при помощи специализированных программных средств, и содержит структуру изделия и различные данные о ее элементах в зависимости от разновидности (назначения) ЭСИ.

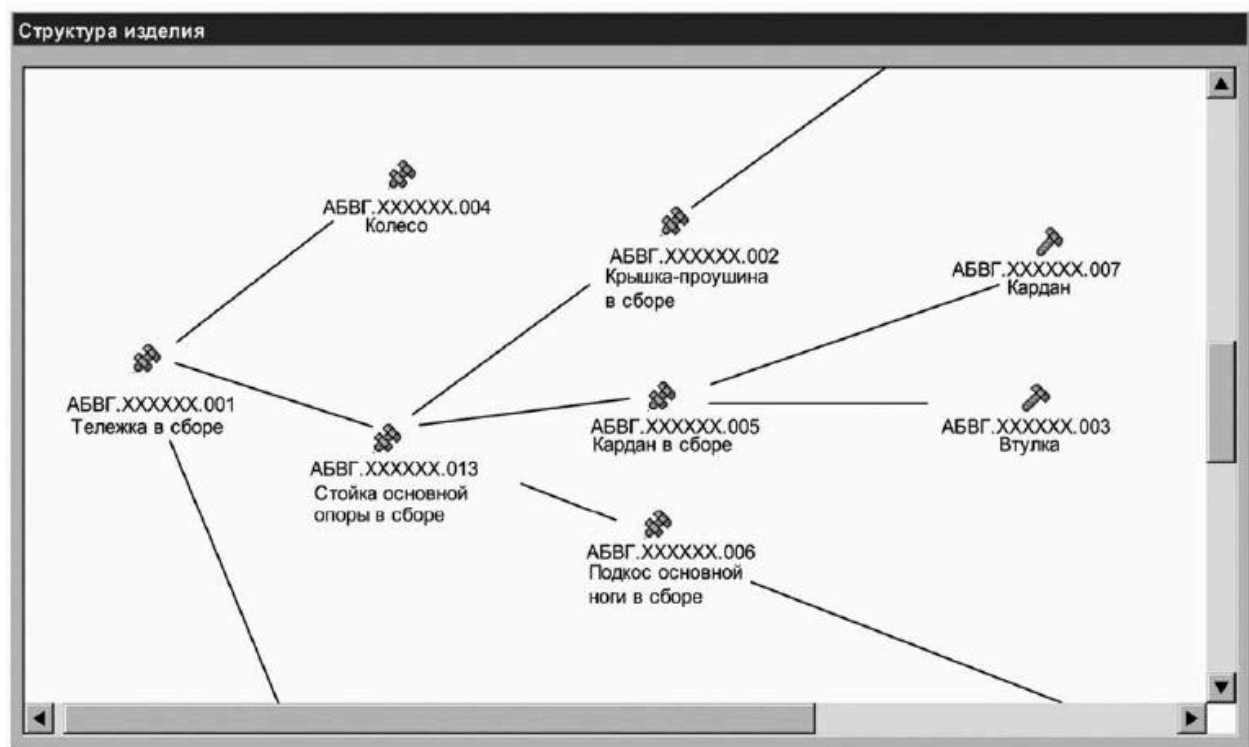


Рис. 1. Пример графического представления ЭСИ

Функциональная ЭСИ определяет назначение изделия и функциональные требования к входящим составным частям. Формируется на стадиях эскизного, технического предложения в СУЖЦ.

Конструктивная ЭСИ определяет конкретные технические решения, применяемые в изделии. Формируется на стадиях эскизного, технологического проектирования и разработки расчетно-конструкторской документации в СУЖЦ.

Производственно-технологическая ЭСИ определяет технологию изготовления и сборочных операций. Формируется на этапах технологической подготовки производства и в процессе производства

Физическая ЭСИ дает информацию о конкретном изготовленном экземпляре. Формируется на стадиях производства и эксплуатации.

Эксплуатационная ЭСИ дает информацию об обслуживаемых и заменяемых элементах изделия. Формируется на стадиях эскизного, технологического

го проектирования и разработки расчетно-конструкторской документации в СУЖЦ.

Рассмотрим состав конструкторской и технологической ЭСИ на примере (рис. 2). Технологическая ЭСИ позволяет не только скомплектовать каждый производственный этап, но и определить необходимую систему СПИД (Станок, Приспособление, Инструмент, Деталь) для изготовления деталей, предполагаемых к выпуску в составе базовой номенклатуры проектируемой ПС.

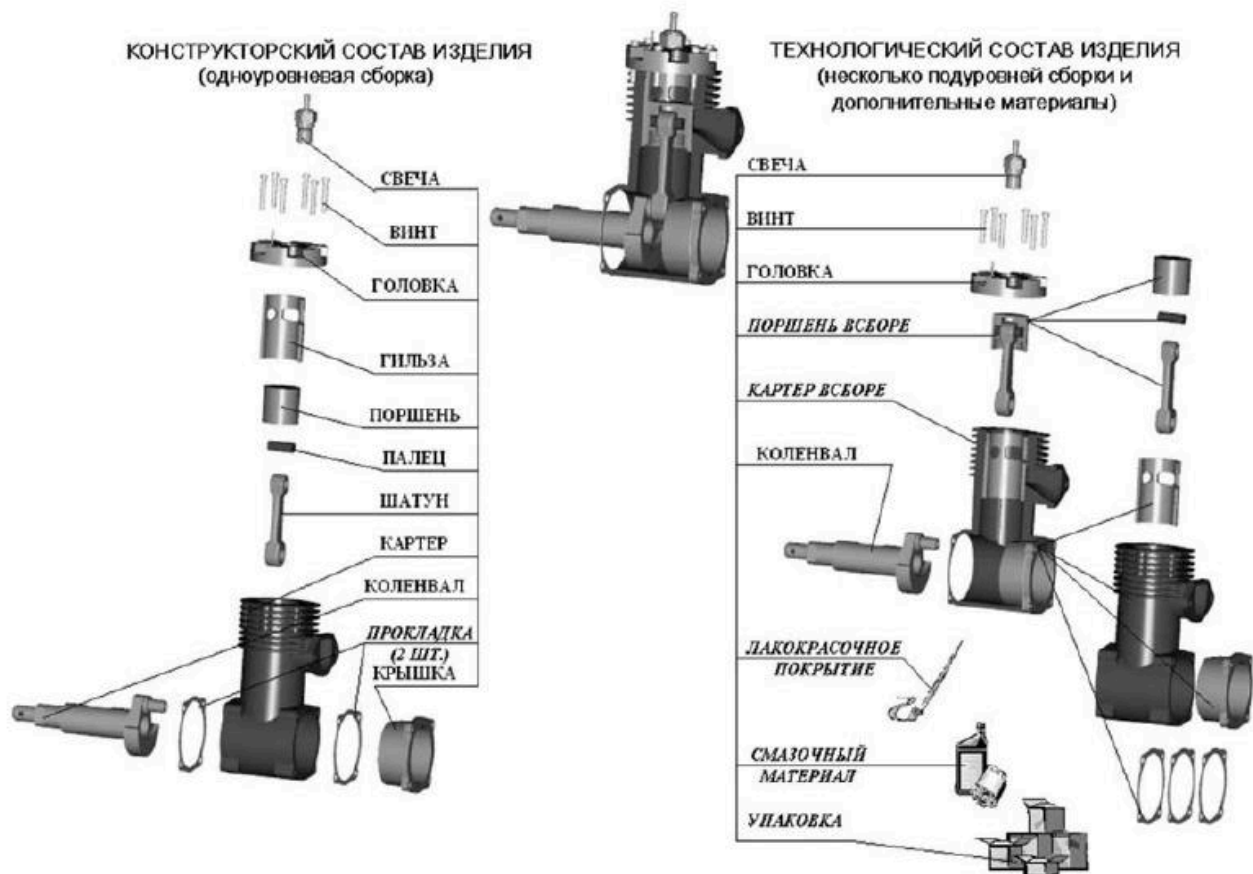


Рис. 2. Пример соответствия конструкторской и технологической ЭСИ

**Формирование конфигурации ПС на основе ЭСИ.** Наиболее ответственным этапом в создании ПС является выбор концепции реализации и формирование конфигурации ПС. Под конфигурацией будем понимать состав основного технологического оборудования и технологического оснащения для обеспечения выпуска базовой номенклатуры. Как показано на рис. 3, технологическая ЭСИ предполагает различные варианты изготовления детали — по заготовкам и по альтернативным технологиям производства.

Специфика многономенклатурного производства требует учета и сравнения возможностей одновременного производства базовой номенклатуры по различным вариантам технологических ЭСИ. Именно такой подход позволяет оптимизировать не единичный процесс изготовления отдельной детали, а производственную систему в целом [5].

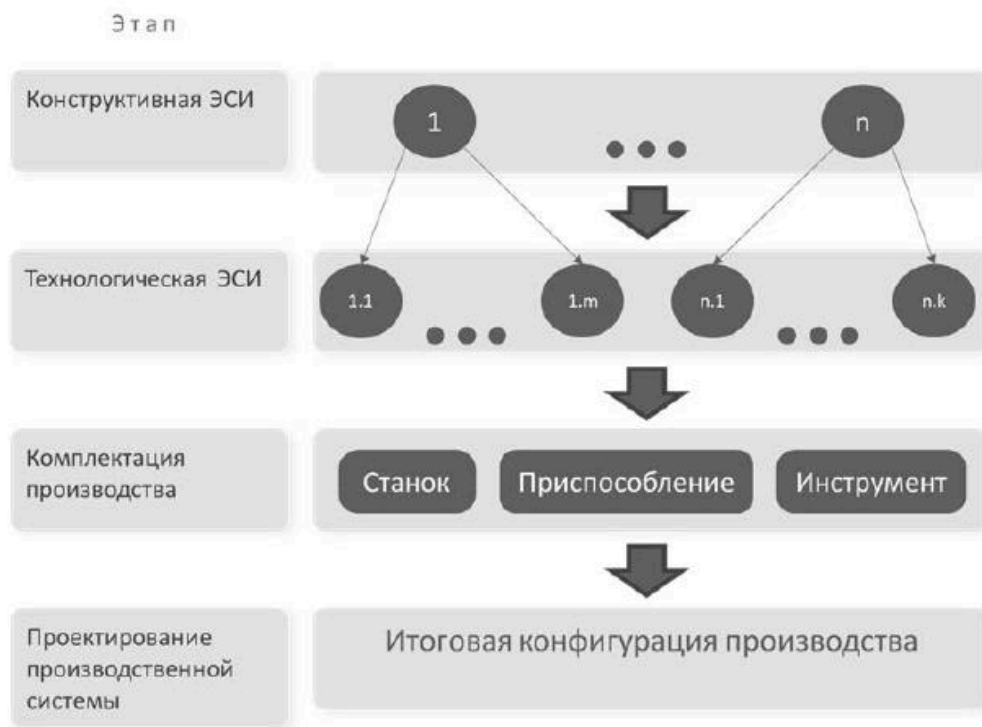


Рис. 3. Использование ЭСИ при проектировании производственной системы

**Заключение.** Иерархическая многовариантная структура ЭСИ позволяет анализировать различные варианты конфигураций исполнительных ПС и уже в оценке качества производственной реализации принимать решения по итоговому (результатирующему) составу конструкторских и технологических решений. Перевод вариантных технологических процессов в ЭСИ — важный шаг на пути к цифровизации производства и оптимизации производственных процессов [6]. Разработанные структуры и подход позволяют более точно и эффективно реализовать проектные работы, что способствует повышению качества принимаемых решений.

## Литература

- [1] Лагута В.С. Проектирование недоопределенных станочных систем ориентированных на выпуск изделий в режиме «динамического заказа». *ИММВ-2024. XII Междунар. науч.-практ. конф.: сб. науч. тр.* Смоленск, Универсум, 2024, т. 2, с. 248–255.
- [2] Лагута В.С., Ясиновский С.И. Проектирование компьютерно-интегрированных производств в составе систем управления жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении. *Вопросы инновационной экономики*, 2020, т. 10, № 3, с. 1245–1258.
- [3] Вичугова А.А., Вичугов В.Н., Дмитриева Е.А., Цапко Г.П., Цапко С.Г. *Методологические основы проектирования сложных наукоемких изделий и принципы построения интегрированной информационной среды на базе CALS-технологий*. Томск, ТПУ, 2013, 180 с.
- [4] ГОСТ 2.053–2013. *ЕСКД. Электронная структура изделия. Общие положения*. Москва, Стандартинформ, 2014, 10 с.
- [5] Буханов С.А., Лагута В.С., Овсянников М.В. Проектирование конфигурации производственной системы на этапах жизненного цикла. *Высокие технологии в машиностроении*.

XXII Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участ.: матер. Самара, СамГТУ, 2025. В печати.

- [6] Абросимов Д., Скопинцев А., Чернобыль Г. Технологическая структура — основа технологической подготовки производства и управления производством. Опыт компании «Солвер». CAD/CAM/CAE Observer, 2014, № 6 (90), с. 31–35.

## The use of electronic product structures to form a design assignment for a production system

**Tur Michael Alexeevich**

**Laguta Viktor Stepanovich** (*scientific advisor*)

*BMSTU, Moscow, Russia*

The paper considers the basic concepts of the electronic structure of a product (PES), provides examples in accordance with the PES classification. The relationship of PES at the stages of the product life cycle is shown. The principle of constructing constructive and technological PES is considered using the example of an assembly product, and a comparative characteristic of constructive and technological PES is given. The possibility of implementing variable technologies for manufacturing product components in the PES is shown, which makes it possible to optimize the design of the corresponding production system.

**Keywords:** electronic structure of the product, nomenclature of parts, configuration, design of the production system