

Принятия рациональных решений при проектировании сборочных схем

10, октябрь 2012

DOI: 10.7463/1012.0475116

Божко А. Н., Ивахненко А. А., Чернянский А. И., Солнцев А. А., Товкач П. А.
УДК 004.942

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

Россия, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет
(МАДИ)

abozhko1@gmail.com

jointlab@mail.ru

stokrat@npfstokrat.ru

kafedra@asu.madi.ru

89265517226@mail.ru

Введение

В машиностроительных отраслях современной промышленности сборка изделия является одним из наиболее важных этапов. Значение сборки объясняется не только ее высокой трудоемкостью (до 70 % от общей трудоемкости изготовления для некоторых классов изделий), но многочисленными связями этого передела с другими стадиями жизненного цикла изделия (ремонт, эксплуатацией и пр).

«...Сборка органически связана с предшествующими процессами, при создании машин высокого качества ей принадлежит решающая роль» – отмечается в [4].

Ключевые технологической подготовки сборочного производства – это декомпозиция изделия на сборочные единицы и генерация последовательности сборки узлов и изделия. «Разбивка изделия на сборочные единицы – это основная работа при проектировании технологического процесса сборки» [2]. В современной технологической практике данные проектные решения рассматриваются как независимые и фиксируются в различных технологических документах: схеме сборочного состава (ССС) и схеме сборки (СС). Первый

задает способ декомпозиции на независимо собираемые части (расчленяемость), второй описывает последовательность сборки изделия или узла из ранее собранных единиц и деталей (собираемость).

Разбиение на сборочные единицы и последовательность сборки технической системы представляют собой генетически связанные проектные решения, поскольку их реализуемость зависит общих геометрических и структурных свойств изделия. В работе предлагается новый подход, в котором расчленяемость и собираемость рассматриваются как производные свойства, выводимые из единой структуры доминирования-безразличия, заданной на множестве деталей изделия.

Сборочные схемы

Сборочной единицей (СЕ) называется изделие, составные части которого подлежат соединению сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клёпкой, сваркой, пайкой, опрессовкой, развальцовкой, склеиванием и др.). Необходимым условием существования любой сборочной единицы служит независимость сборки составляющих элементов. В формулировку достаточных условий входят многочисленные требования, которые накладываются технологической и производственными системами и делают реализацию сборочной единицы не только технически возможной, но и экономически целесообразной.

В общем случае, сборочная единица может состоять из деталей и других сборочных единиц. Такой способ иерархического упорядочения дает основания различать сборочные единицы разных порядков. Сборочная единица первого порядка входит непосредственно в изделие. Сборочные единицы второго порядка являются элементами СЕ первого порядка и т.д. Сборочная единица наивысшего в данной конструкции порядка разбивается только на детали и занимает самую низкую позицию в данной иерархии. Схема сборочного состава описывает способ делений изделия на сборочные единицы разных уровней иерархии.

Схема сборочного состава – это многовариантное проектное решение. Даже самые простые конструкции допускают различные варианты декомпозиции на

независимо собираемые составные части. С одной стороны, это свойство дает пространство для выбора оптимального или рационального решения в данной производственной ситуации, с другой стороны, оно может быть причиной взрывного роста числа допустимых вариантов для изделий с большим количеством составных частей.

На рис. 1 показан простая конструкция блока переливных клапанов гидравлического экскаватора ЕК18, а на рис. 2 представлены несколько вариантов декомпозиции данного изделия на сборочные единицы. Если принять упрощающее предположение о том, что все клапаны входят в блок как элементарные и неделимые компоненты, то количество возможных схем разбиения блока на сборочные единицы будет равно 8. Если учесть поддетальные составы всех трех клапанов, то вариантов декомпозиции будет намного больше.

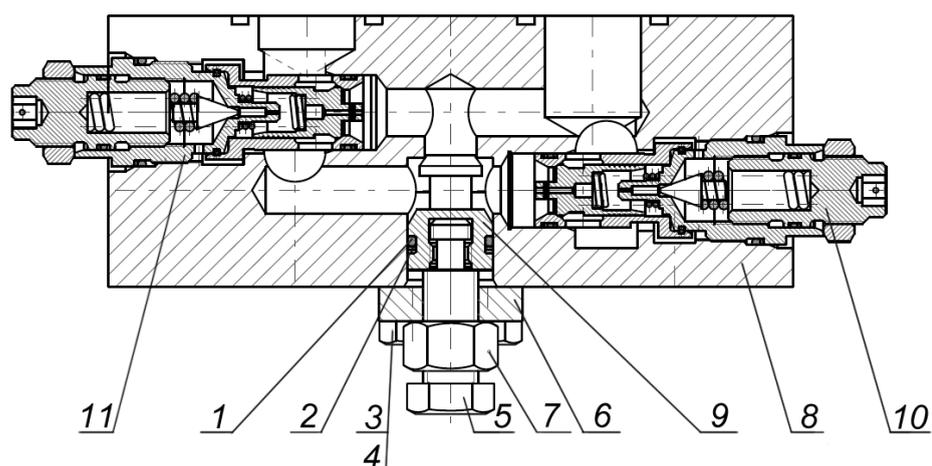


Рис. 1. Блок переливных клапанов гидравлического экскаватора ЕК18:

1 – кольцо; 2 – кольцо защитное; 3 – болт; 4 – шайба; 5 – болт; 6 – планка; 7 – гайка; 8 – корпус; 9 – клапан; 10, 11 – клапан предохранительный

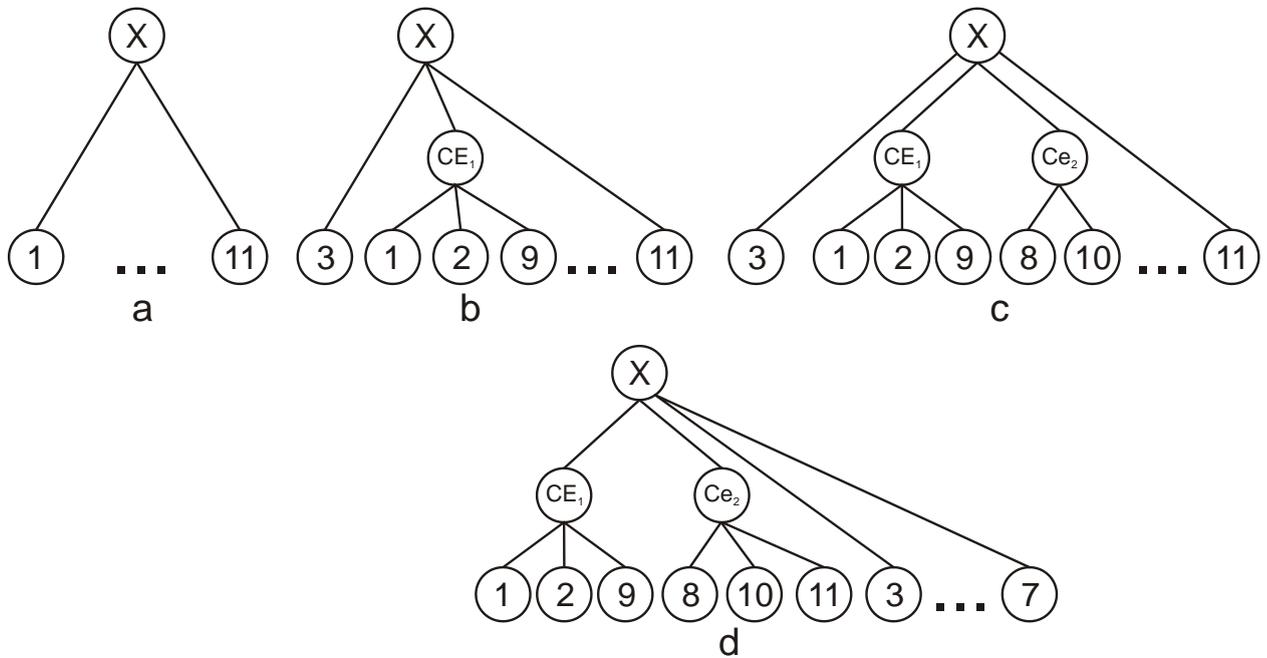


Рис. 2. Варианты разбиения на сборочные единицы:

номера от 1 до 11 – это позиции деталей на чертеже; X обозначает блок; CE – сборочные единицы различного состава; а – схема с минимальным разузлованием; d – схема с максимальным разузлованием; b,c – промежуточные варианты разбиения

Технологическая схема сборки это вспомогательный технологический документ, который описывает последовательность комплектования и сборки машины или отдельной сборочной единицы. На этой схеме комплектующие элементы представляются в виде прямоугольников, в которые заносятся их условное обозначение и количество. Схема сборки начинается с базовой детали или сборочной единицы, завершается прямоугольником, обозначающим собранное изделие. Все остальные элементы схемы ранжируются согласно временному упорядочению соответствующих комплектующих в процессе сборки. Самые важные операции снабжаются пояснительными надписями, раскрывающими их технологическое содержание. Схема, описывающая сборку машины, называется общей, схема, составленная для сборочной единицы или отдельного агрегата, именуется узловой.

На рис. 3 представлен чертеж предохранительного гидроклапана, на рис. 4 показана технологическая схема общей сборки, а на рис. 5 – схемы узловой сборки этой конструкции.

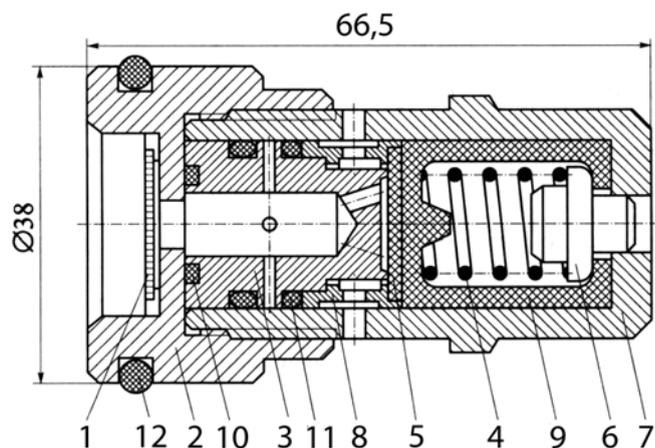


Рис. 3. Гидроклапан предохранительный

1 – фильтр; 2 – корпус; 3 – седло; 4 – пружина; 5 – мембрана; 6 – клапан; 7 – штуцер; 8 – подвижное кольцо; 9 – баллон; 10 – резиновое кольцо; 11 – резиновое кольцо; 12 – резиновое кольцо

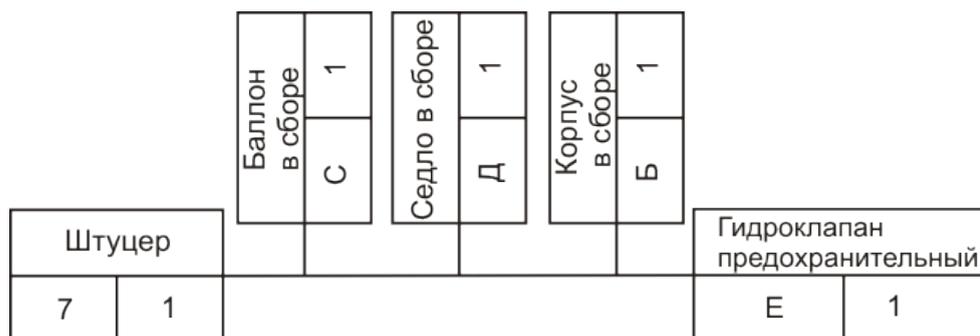


Рис. 4. Технологическая схема общей сборки гидроклапана

Чем сложнее конструкция изделия, тем более важную роль играет технологическая схема сборки в процессе подготовки сборочного производства. Если при монтаже простых механизмов или сборочных единиц, состоящих из небольшого числа комплектующих, можно обойтись без выделения этого проектного решения в отдельный документ, то для изделий среднего и высокого уровня сложности, включающего в себя несколько десятков деталей, его генерация становится обязательной.

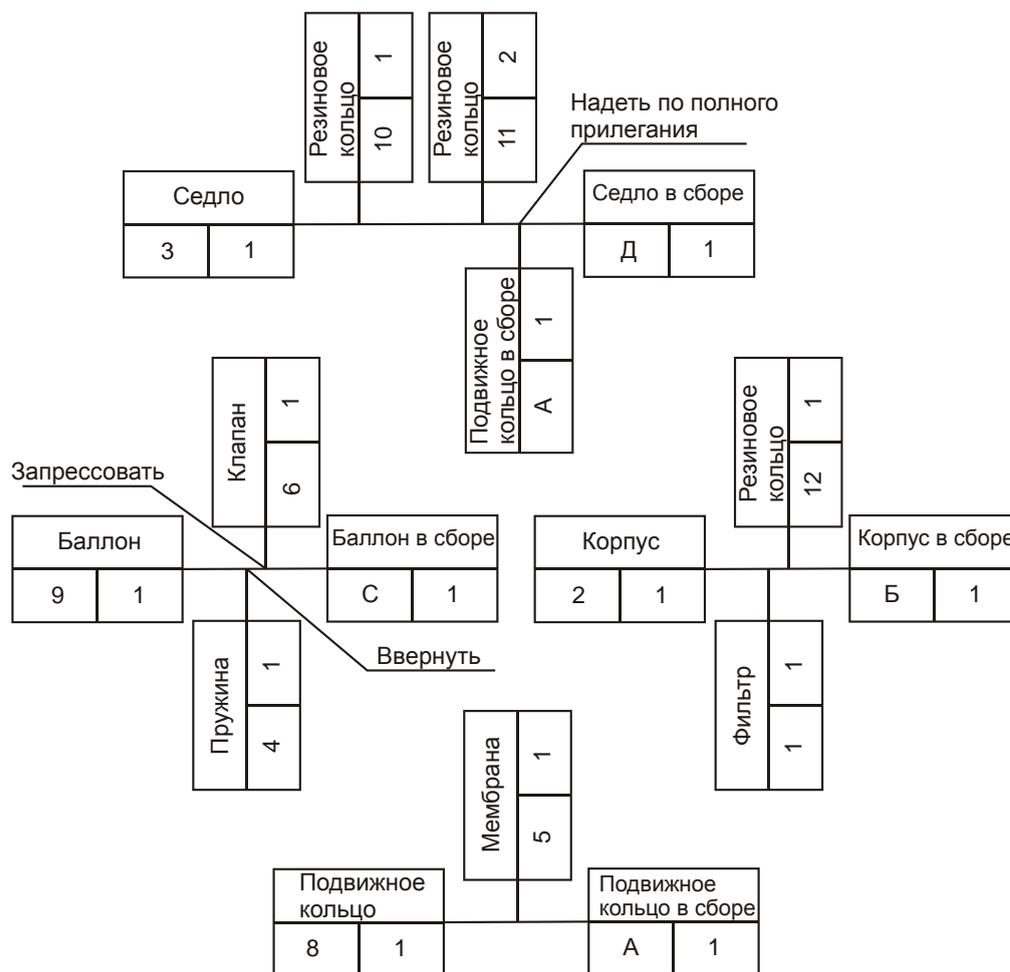


Рис. 5. Технологические схемы узловой сборки гидроклапана

Рассмотрим взаимные связи схемы сборочного состава и схемы сборки. Совокупность технологических схем общей и узловой сборки позволяет с точностью до изоморфизма воссоздать способ декомпозиции на сборочные единицы, поскольку эти документы хранят всю необходимую информацию о разбиении изделия на составные части и их иерархической соподчиненности в составе конструкции. На рис. 6 показана схема сборочного состава гидроклапана, восстановленная по схемам сборки этого изделия, приведенным на рис. 4 и рис. 5.

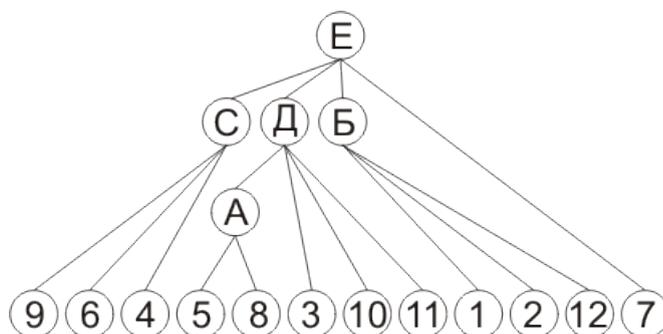


Рис. 6. Схема сборочного состава предохранительного гидроклапана
 обозначения этого рисунка заимствованы из рис. 4 и рис. 5

Обратный переход от схемы сборочного состава к схеме сборки не имеет единственного решения. Декомпозиция изделия на сборочные единицы не содержит исчерпывающей порядковой информации, позволяющей восстановить единственную схему сборки, главным содержанием которой является временная упорядоченность составных частей.

Математическое описание сборочных схем

Для генерации сборочных схем в системах автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства необходимо получить математические описания этих важнейших проектных решений. Схема сборочного состава представляет собой многоуровневое разбиение на множестве деталей изделия. Удобной и наглядной формой представления таких разбиений является корневое ориентированное дерево, корнем которого служит собранное изделие, листьями являются детали, а внутренние вершины представляют сборочные единицы разных уровней иерархии. Технологический документ, документирующий схему сборочного состава, отличается от своей математической модели только (для формализации) оформительскими непринципиальными деталями (наименованиями элементов, формулировкой технических требований, обозначением операций и кратностей составных частей).

Рассмотрим иное математическое описание схемы сборки, которое более точно отражает сущностные характеристики этого проектного решения. Поскольку основным содержанием этого документа является упорядочение

деталей и сборочных единиц во времени, то естественным языком для описания СС будет аппарат теории упорядоченных множеств [1].

Бинарное отношение $\rho \subseteq X \times X$ на множестве X называется отношением нестрого порядка, если выполняются условия:

1. Рефлексивности $\forall a \in X a \rho a$;
2. Антисимметричности $a \rho b \text{ и } b \rho a \Rightarrow a = b \forall a, b \in X$;
3. Транзитивности $a \rho b \text{ и } b \rho c \Rightarrow a \rho c \forall a, b, c \in X$.

Для обозначения этого важного отношения часто используют содержательный значок нестрого неравенства \leq . Множество X вместе с заданным на нем отношением \leq называется упорядоченным (у-множеством) и обозначается (X, \leq) . Упорядоченное множество называется линейным порядком или цепью, если $\forall a, b \in X$ либо $a \leq b$, либо $b \leq a$. Элементы a и b называются несравнимыми и обозначаются $a \parallel b$, если $a \rho b$ и $b \rho a \notin X \times X$. Упорядоченное множество, содержащее хотя бы одну несравнимую пару элементов, принято называть частично-упорядоченным или частичным порядком. Антицепь – это множество попарно несравнимых элементов частичного порядка.

Если отвлечься от особенностей представления схем сборки в технологических документах, то основное содержание этих проектных решений – это разбиение на сборочные единицы и упорядочение деталей и СЕ во временных координатах технологического процесса. Это ясно демонстрируют примеры схем общей и узловой сборки гидроцилиндра, приведенные на рис. 4 и рис. 5.

Отметим два важных свойства этих проектных решений. Во-первых, упорядочения, которые они документируют всегда являются полными, то есть не содержат несравнимых элементов. При беглом рассмотрении, это не кажется недостатком, а представляется естественной характеристикой любых сборочных процессов. На самом деле, полнота не является следствием каких-либо конструкторских или технологических закономерностей. Такая форма представления диктуется организацией сборочного производства и стандартами ЕСТПП.

Во-вторых, схемы общей и узловой сборки не описывают вложение порядков при разбиении изделия на сборочные единицы в одном документе. Расчленяемость и собираемость – это, по сути дела, разные аспекты единого комплекса конструктивно-технологических свойств изделия. Актуальные технологические документы рассматривают расчленяемость и собираемость как существенно раз личные качества, что не может считаться вполне обоснованным с методологической точки зрения.

При разработке процесса сборки технолог должен учитывать множество технических и экономических ограничений, главными из которых являются свойства конструкции, особенности технологической среды и характеристики производственной системы. Естественным языком описания таких ограничений будет совокупность парных сравнений на множестве деталей изделия. Это значит, что в результате проектирования будет получена система предпочтений, которая структурирует множество деталей изделия в терминах «раньше», «позже», «одновременно», «отказ от сравнения», «нерассмотренная пара». Процедуры такого типа хорошо изучены в теории принятия решений [5], где процесс выявления предпочтений называется экспертизой, а источник достоверной информации – лицом принимающим решение (ЛПР). В парадигме теории принятия решений ЛПР – это некий «демиург», компетенция которого в данной предметной области не подлежит сомнению, а экспертиза представляет собой за закрытым от внешнего наблюдателя процесс, протекающий в «черном ящике». По результатам этого процесса формируется система предпочтений ЛПР и фиксируется как некоторое бинарное отношение на множестве альтернатив.

Следует отметить, что термин «система предпочтений ЛПР» не всегда понимается как субъективное мнение эксперта, выраженное на языке шкал или сравнений. Часто он отражает объективные связи между объектами, опосредованные ЛПР или просто описанные в терминах теории принятия решений. Собираемость и расчленяемость – это не мнение технолога, а реальные свойства конструкции машины или прибора.

Опыт применения теории принятия решений сравнения показал, что многие проблемные ситуации в проектировании, технической и экономической подготовке производства могут быть корректно поставлены в терминах парных сравнений [3]. В нашем случае ЛПР – это технолог или группа технологов (система автоматизированного проектирования, технологическое бюро), экспертиза – процесс разработки последовательности сборки, а система предпочтений представляет собой решающее правило, заданное в виде двухместного отношения и выражающее консолидированное мнение ЛПР об упорядочении деталей.

Введем несколько определений из теории принятия решений [1]. Бинарное отношение $\tau \subseteq A \times A$ называется отношением предпочтения, если оно рефлексивно, то есть $\forall a \in A \ a \tau a$. Это отношение индуцирует на множестве A два порожденных отношения: отношение доминирования α и отношение безразличия β . Эти отношения задаются следующим образом: $\beta = \tau \cap \tau^{-1}$, $\alpha = \tau \setminus \beta$, то есть β представляет собой симметричную часть, а α – антисимметричную часть родительского отношения предпочтения. Кроме того, справедливы соотношения $\alpha \cap \beta = \emptyset$, $\alpha \cup \beta = \tau$. Отношение доминирования описывает превосходство объектов и обладает свойствами рефлексивности и антисимметричности, отношение безразличия задает сходство, подобие, близость альтернатив и является рефлексивным и симметричным.

Если под доминированием и безразличием понимать упорядочение во времени в процессе сборки и вхождение в одну сборочную единицу, то эти отношения должны быть наделены дополнительным свойством транзитивности. Более точно, $a \alpha b, b \alpha c \Rightarrow a \alpha c$ и $a \beta b, b \beta c \Rightarrow a \beta c$. Кроме того, для всякой пары объектов, принадлежащей отношению доминированию, замена одного из объектов безразличным ему сохраняет доминирование, то есть $a \alpha b, b \beta c \Rightarrow a \alpha c$ и $a \beta b, b \alpha c \Rightarrow a \alpha c$. Приведенные условия задают транзитивность отношения α относительно β .

Итак, структура предпочтений ЛПР на множестве деталей задается бинарным отношением, обладающим свойствами рефлексивности и транзитивности.

Отношения такого вида в теории принятия решений принято называть предпорядками или квазипорядками. Приведем два важных свойства предпорядков.

1. Симметричная часть $\beta = \tau \cap \tau^{-1}$ предпорядка τ является отношением эквивалентности. В сборочном перделе она описывает принадлежность деталей к сборочным единицам.
2. Факторизация τ/β предпорядка τ по его симметричной части β дает отношение частичного порядка на фактор-множестве. Этот частичный порядок представляет временное ранжирование деталей и сборочных единиц.

Факторизацией называется перенос структуры отношения с одного множества на другое. Пусть на множестве A задано бинарное отношение γ и отношение эквивалентности ε . Эквивалентность ε задает разбиение A на непересекающиеся классы $C = \{C_i\}, \bigcup_i C_i = A, C_j \cap C_k = \emptyset \forall C_j, C_k \in C$. На фактор-множестве A/ε можно определить фактор-отношение γ/ε следующим образом: $(C_i, C_j) \in \gamma/\varepsilon \Leftrightarrow (a, b) \in \gamma$ для некоторых $a \in C_i, b \in C_j; C_i, C_j \in A/\varepsilon$.

Предпорядки, описывающие предпочтения ЛПР при сборке изделий, представляют собой довольно громоздкие образования, поскольку состоят из большого количества вершин и дуг. Для их упрощения обычно не изображают рефлексивные и транзитивные дуги.

Возьмем в качестве примера предохранительный гидроклапана, компактная конструкция которого приведена на рис. 3. На рис. 7 показана система предпочтений, задающая разбиение на сборочные единицы и упорядоченность конструктивных элементов во времени.

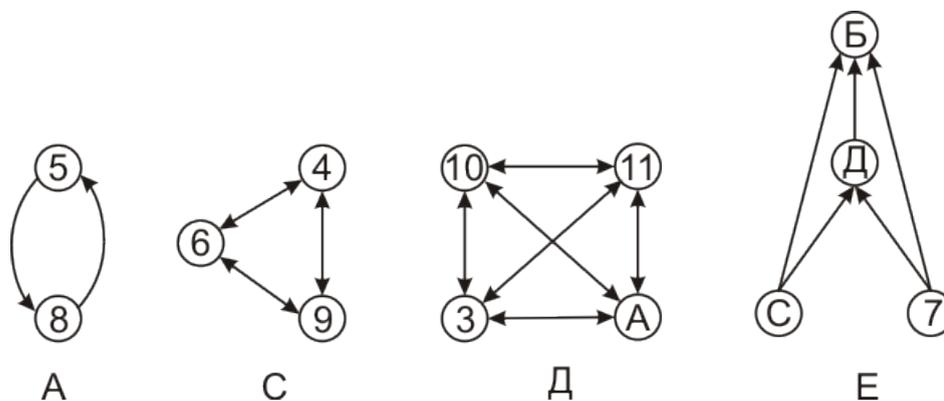


Рис. 7. Система предпочтений предохранительного гидроклапана
 чтобы рисунок был доступен для восприятия, вершины предпорядка изображены
 отдельно, а также опущены рефлексивные дуги

Таблица. Матричное представление системы предпочтений

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1										1
2	1	1										1
3	1	1	1		1			1		1	1	1
4			1	1	1	1		1	1	1	1	
5	1	1	1		1			1		1	1	1
6			1	1	1	1		1	1	1	1	
7			1		1		1	1		1	1	
8	1	1	1		1			1		1	1	1
9			1	1	1	1		1	1	1	1	
10	1	1	1		1					1	1	1
11	1	1	1	1				1		1	1	1
12	1	1										1

В таблице система предпочтений, без разбиения на составные части, представлена в матричной форме. Здесь приведены все парные предпочтения ЛПР, за исключением транзитивных дуг, которые не несут новой информации и легко восстанавливаются по заданным решающим правилам. Данная таблица является, по сути дела, матрицей смежности $\bar{A} = \|a_{ij}\|_{n \times n}$ ориентированного графа, задающего предпорядок. Она строится по следующим правилам: элемент a_{ij} , стоящий на пересечении строки i строки и столбца j , равен 1 тогда и только тогда, когда $a_i \tau a_j$.

Итак, бинарное отношение предпорядка, определенное на множестве деталей изделия, дает адекватное описание взаимосвязи конструктивных элементов (деталей и сборочных единиц) в процессе сборки. Эта модель представляет расчленяемость и собираемость изделия, которые являются разными формами представления одних конструктивных сущностей, в общих порядковых терминах. Расчленяемость описывается как симметрическая часть отношения предпорядка и представляет собой отношение эквивалентности на множестве деталей изделия. Собираемость представляется в виде фактор-отношения на множестве классов эквивалентности и является отношением частичного порядка.

Последнее обстоятельство имеет очень большое значение. Можно утверждать, что линейность сборочных схем диктуется традицией и стандартами, регламентирующими технологическую подготовку производства. Это свойство объективно не вытекает из полноты системы предпочтений ЛПР, которая, в общем случае, может содержать несравнимые пары и быть частичным порядком. Данное утверждение можно обосновать как общей практикой принятия решений в различных отраслях человеческой деятельности, так и частным технологическим опытом по разработке сборочных процессов.

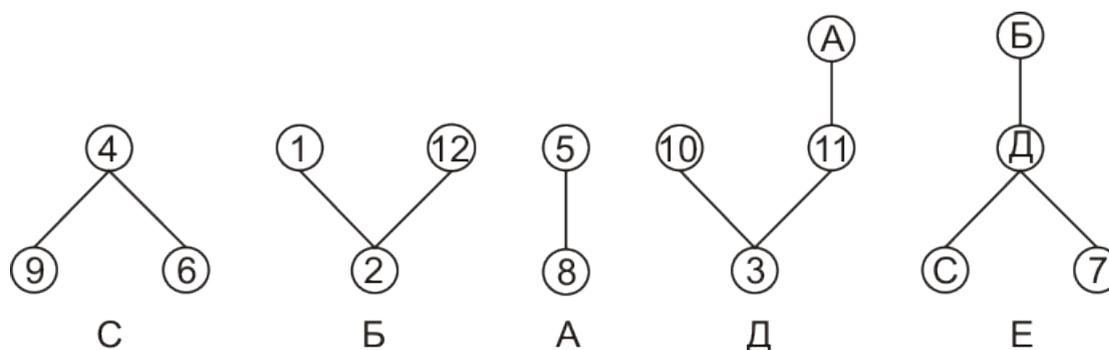


Рис. 8. Неполнота порядков, описывающих собираемость

На рис. 8 показаны упорядочения сборочных элементов для всех составных частей гидроклапана (см. рис. 3). Большинство из них являются частичными порядками и содержат несравнимые элементы. На этом рисунке принята стандартная форма графического представления упорядоченных множеств,

называемая диаграммой Хассе. Она строится по следующим правилам: пусть $a, b \in (A, \leq)$ и $a \geq b$, тогда a изображается выше b (или ниже, в зависимости от толкования порядка) и эти вершины соединяются ребром, если не существует $c \in (A, \leq) \mid a \geq c \geq b$. Далее упорядоченные множества будут представлять в экономной форме диаграмм Хассе.

Принятие проектных решений как рациональное доупорядочение

Частичный порядок порождает несколько согласованных с ним линейных порядков, где доупорядочение несравнимых пар выполняется по известным комбинаторным правилам. Во многих проектных ситуациях неполнота системы предпочтений ЛПР или множественность линейных порядков предоставляет разработчику определенную свободу действий.

1. Множественность линейных порядков дает основания для оптимального выбора по дополнительным критериям, которые не учитывались на этапе технологической подготовки производства.
2. Эта множественность повышает вероятность рационального выбора в условиях неопределенности, при непредсказуемых изменениях свойств технологической или производственной систем.
3. Неполнота системы предпочтений ЛПР дает основания для проведения дополнительной экспертизы и более глубокого изучения проектной ситуации. По результатам этой процедуры системы предпочтений ЛПР пополняется самыми информативными парными сравнениями, которые в наибольшей степени сокращают множество линейных порядков, согласованных с исходным частичным упорядочением.
4. Частично упорядоченный характер системы предпочтений позволяет локализовать область исследований при выполнении дополнительной экспертизы. Из обработки исключаются все сравнимые элементы частичного порядка, все внимание ЛПР должно быть обращено на несравнимые элементы.

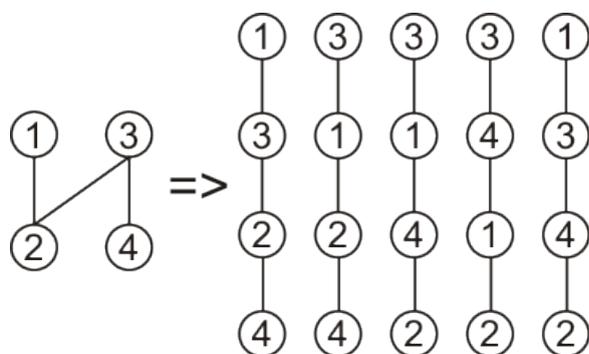


Рис. 9. Частичный порядок и его линейные доупорядочения

Проиллюстрируем приведенные рассуждения на простом примере, показанном на рис. 9. На этом рисунке изображен частичный порядок и все возможные линейные доупорядочения с ним согласованные. Этот порядок включает в себя три пары несравнимых элементов: $1//3$, $2//4$, $1//4$. С исходным порядком, изображенным на рис. 9, согласуются любые доупорядочения несравнимых пар. Каждое такое предпочтение влечет за собой повышение меры линейности частичного порядка и сокращение множества согласованных с ним линейных порядков. На рис. 10 показаны все допустимые варианты сравнения несравнимых пар и множества линейных порядков, которые они порождают.

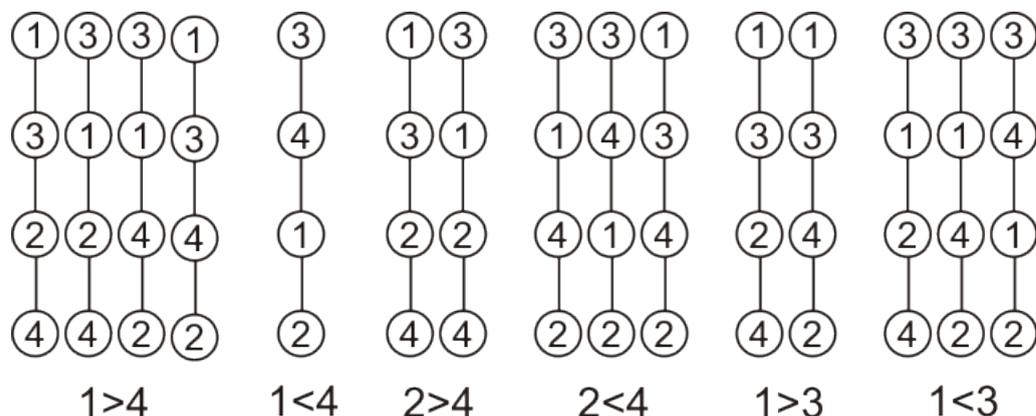


Рис. 10. Сравнение несравнимых пар и их линейные продолжения

Принципиальную возможность генерации линейных продолжений гарантирует классическая теорема Шпильрайна, гласящая, что любой частичный порядок может быть продолжен до линейного упорядочения на том же множестве элементов [1]. Алгоритм генерации всех линейных продолжений заданного

частичного порядка приводится в [3].

Представление сборочных связей на множестве конструктивных элементов в виде частичного порядка позволяет применить различные стратегии рационального выбора, основанные на вычислении пар несравнимых элементов и их упорядочении. Несравнимые элементы представляют собой операционное поле, которое ограничивает область поиска технолога или конструктора при разработке рациональной последовательности сборки машины или прибора. Они локализуют фрагмент конструкции, который требует дополнительного исследования своих внутренних связей или отношений с производственной средой.

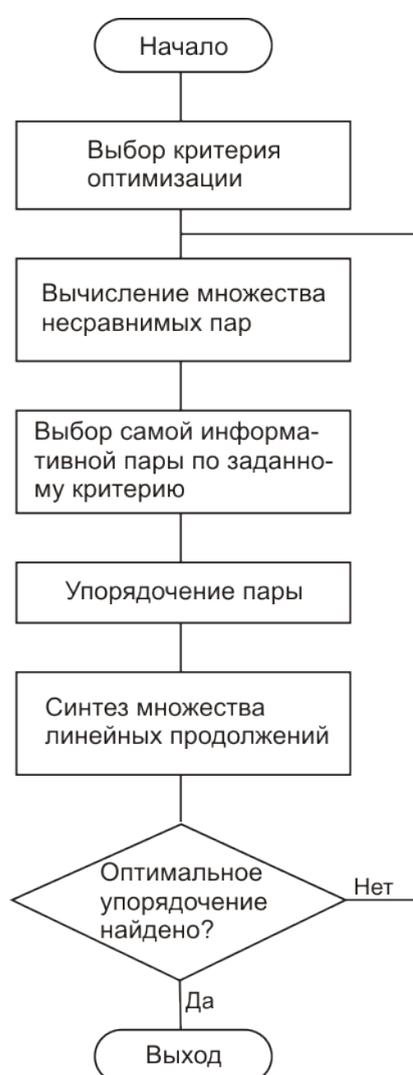


Рис. 11. Укрупненная блок-схема выбора рациональной последовательности

На рис. 11 приведена укрупненная блок-схема, описывающая основные операции рационального выбора, основанного на обработке неупорядоченных пар. Каждая итерация этого алгоритма сокращает множество линейных продолжений частичного порядка. Скорость сокращения, а значит и числом итераций, можно управлять посредством рационального выбора неупорядоченных пар.

Доупорядочение частичного порядка можно положить в основу различных одношаговых и многошаговых процедур принятия рациональных решений при технологической подготовке сборочного производства. Это интересная и перспективная задача, требующая дополнительного исследования.

В заключение данного раздела рассмотрим комбинаторную связь между схемой сборочного состава и схемой общей сборки изделия. Очевидно, что схема сборки более богатое проектное решение, и оно полностью предопределяет схему сборочного состава. И наоборот, одной схеме сборочного состава, в общем случае, можно поставить в соответствие несколько схем общей сборки, которые реализуют выбранный способ декомпозиции на сборочные единицы. Схемы сборочного состава описываются древесными порядками, схемы общей сборки – линейными порядками на том же носителе. Каждый такой линейный порядок является линейным доупорядочением древесного порядка. Следующее утверждение дает оценку количества линейных продолжений древесного порядка.

Утверждение [3]. Пусть T_0 – дерево, а T_1, T_2, \dots, T_r – все его поддеревья, содержащие более одной вершины. Тогда число линейных продолжений древесного порядка T_0 равно $N(T_0) = \frac{|T_0|!}{|T_0| \times |T_1| \times \dots \times |T_r|}$, где $|T_i|$ – число вершин $|T_i|$ ($i = 0, \dots, r$)

Число $N(T_0)$ – это верхняя оценка количества схем общей сборки, которые реализуют заданный способ разбиения на сборочные единицы (схему сборочного состава).

Выводы

1. Схема сборочного состава (ССС) и технологическая схема сборки (СС) – это важнейшие проектные решения, которые в значительной степени определяют состав и содержание процесса технологической подготовки машиностроительного производства.
2. СС и СССР являются многовариантными проектными решениями. Количество допустимых сборочных схем быстро растет с увеличением числа элементов изделия. Это, с одной стороны, дает основания для применения методов дискретной оптимизации, с другой стороны, делает невозможным синтез оптимального варианта без глубокого исследования закономерностей принятия рациональных решений и систематического использования современных средств вычислительных техники.
3. Схема сборки и схема сборочного состава «генетически» связаны друг с другом. По сути дела, они являются динамическим и статическим выражением одного комплекса конструктивно-технологических свойств изделия – расчленяемости и собираемости. СС описывает оба аспекта, поэтому предопределяет структуру СССР. Схема сборочного состава задает только расчленяемость, поэтому ограничивает комбинаторно допустимые схемы сборки.
4. Свойства конструкции, задающие ее собираемость и расчленяемость, можно опосредованно представить в виде некоторого бинарного отношения на множестве деталей, обладающего свойствами рефлексивности и транзитивности. Отношение с такими свойствами называется предпорядком (квазипорядком). Симметричная часть предпорядка представляет собой отношение эквивалентности. В сборочном переделе эта эквивалентность описывает принадлежность деталей к сборочным единицам. Факторизация предпорядка по его симметричной части дает отношение частичного порядка на фактор-множестве. Этот частичный порядок задает временное ранжирование деталей и сборочных единиц в процессе сборки.

5. Частичная упорядоченность элементов конструкции в процессе сборки служит методологической основой для постановки различных одношаговых и многошаговых процедур принятия решений, когда частичный порядок должен доопределяться ЛПР до линейного порядка дополнительным упорядочением несравнимых пар.

Список литературы

1. Айгнер М. Комбинаторная теория. – М.: Мир, 1982. – 558 с.
2. Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.
3. Розен В.В. Цель – оптимальность – решение (математические модели принятия оптимальных решений). – М.: Радио и связь, 1982. – 168 с.
4. Карунин А. Л., Бузник Е. Н., Дащенко О. А. и др. Технология автомобилестроения / Под ред. А. И. Дащенко. – М.: Академический проект: Трикста, 2005. – 624 с.
5. Черноруцкий И.Г. Методы принятия решений. – СПб.: БХВ Петербург, 2005.– 408 с.

Rational decision-making in design of assembly diagrams

10, October 2012

DOI: 10.7463/1012.0475116

Bojko A., N., Ivahnenko A.A., Chernyanskii A.I., Solncev A.A., Товкач П.А.

Russia, Bauman Moscow State Technical University

Russia, State Technical University – MADI

abozhko1@gmail.comjointlab@mail.rustokrat@npfstokrat.rukafedra@asu.madi.ru89265517226@mail.ru

This article proposes a new approach to development of assembly diagrams and assembly structure. The authors show that the basic design properties affecting feasibility of these diagrams can be presented as a preorder relation on a set of parts of the product. The symmetrical part of the preorder is an equivalence relation describing accessory of parts to assemblies. Factorization of preorder on its symmetric part gives a partial order on the quotient set. This partial order defines a temporary ranking of parts and components during assembly. The authors propose a procedure of selection of rational assembly sequence which includes sequential afterordering of the partial order.

Publications with keywords:[assembly unit](#), [assembly](#), [assembly sequence](#), [assembling](#), [assembly scheme](#), [partition to the assembly unit](#), [preorder relation](#), [equivalence relation](#), [partial order](#), [linear order](#)

Publications with words:[assembly unit](#), [assembly](#), [assembly sequence](#), [assembling](#), [assembly scheme](#), [partition to the assembly unit](#), [preorder relation](#), [equivalence relation](#), [partial order](#), [linear order](#)

References

1. Aigner M. *Combinatorial Theory*. Springer-Verlag, New York, 1979. (Russ. ed.: Aigner M. *Kombinatornaia teoriia*. Moscow, Mir, 1982. 558 p.).
2. Novikov M.P. *Osnovy tekhnologii sborki mashin i mekhanizmov* [Bases of technology of assembly of machines and mechanisms]. Moscow, Mashinostroenie, 1980. 592 p.
3. Rozen V.V. *Tsel' – optimal'nost' – reshenie (matematicheskie modeli priniatiia optimal'nykh reshenii)* [Goal - optimality - solution (mathematical models of optimal decision making)]. Moscow, Radio i sviaz', 1982. 168 p.
4. Karunin A. L., Buznik E. N., Dashchenko O. A., et al. *Tekhnologiya avtomobilestroeniia* [Technology of automotive industry]. Moscow, Akademicheskii proekt: Triksa, 2005. 624 p.
5. Chernorutskii I.G. *Metody priniatiia reshenii* [Decision-making technique]. St.Petersburg, BKhV Peterburg, 2005. 408 p.