

УДК 629.002.5:621.9.041

Ю. А. ВОРОБЬЕВ, Н. В. НЕЧИПОРУК, Д. М. КЛЕЦ*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт», Украина*

ЕСТЕСТВЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ НОМЕНКЛАТУРЫ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРЕДУСМАТРИВАЮЩИХ ПРИМЕНЕНИЕ РУЧНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ СБОРКЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В работе приведены результаты сравнительного анализа внешнего и внутреннего путей проявления системности при анализе номенклатуры технологических операций сборки конструкций транспортных средств с применением ручных импульсных устройств, исходя из принципов целостности, системности, иерархичности и развития, которые являются главными принципами любой разновидности системного подхода. Показано, что отношение «часть – целое» и «род – вид» представляют собой гносеологические разновидности отношения поддержки функциональной способности целого. Выделение характерных признаков каждого типа ТО сборки ТС с использованием РИУ показало, что конкретизацией категории сущности для них есть именно внешняя система (система-класс).

Ключевые слова: транспортное средство, ручное импульсное устройство, технологическая операция, таксон, мерон, архетип, таксономия, мерономия.

Постановка проблемы

Достижения в области создания интеллектуальных систем с каждым годом становятся все более заметными и значимыми. В настоящее время в технике активно используются программы распознавания образов, текстов, речи, базы данных и знаний, онтологические системы и системы 3D-моделирования сложных технических систем. Все это дает возможность приступить к созданию интеллектуальных помощников проектировщиков новых изделий на всех этапах их жизненного цикла. Проектирование как процесс и область знаний об артефакте является предметом онтологического анализа ученых-исследователей и узких специалистов.

Анализ последних исследований и публикаций

Классификация изучаемых объектов предполагает их группировку в классификационные таксоны с помощью обоснованно выбранных признаков – оснований классификации [1]. Классификацию рассматриваемого в работе типа технологических операций (ТО) будем рассматривать как знание об объективно существующей внешней системе в том смысле, как это понятие было сформулировано в [2]. Внешние системы формируются не из «компонентов», функционирующих в рамках целостности, а из подобных друг другу представителей целостной общности. Части внутренней системы уникальны,

компоненты внешней системы сходны. Проблема системности в данном случае – это проблема соотношения наблюдаемого подобия с общей сущностью [3].

В работе [4] показано, что любое отношение эквивалентности (т.е. группировка по классам) может быть выражено через отношение «быть эталоном». Если таксон определяет класс обозначаемых некоторым именем объектов (объем соответствующего понятия), то признак задает концепт имени (содержание понятия). Наиболее эффективным подходом к решению задачи классификации ТО является подход, описанный в работе Ю. А. Шрейдера [5]. Классификация рассматривалась им как двойственность таксономии (группировки объектов по сходству) и мерономии (членения объектов, позволяющие установить степень сходства между ними).

Таксономия формирует из объектов внешнюю систему, а мерономия рассматривает их как внутренние системы. Указанная двойственность дает возможность развернуть представление о классификации, как общем методе фиксации знаний о группах однородных объектов, образующих некоторую целостность. Для дальнейшего рассмотрения существенным является понятие «естественный класс объектов», образующий внешнюю систему [5]. Естественные классы объектов описываются с помощью естественных систем классификации. При этом естественность класса служит онтологической предпосылкой возможности создания естественной системы классификации.

Классификация ТО называется естественной системой, если положение каждого объекта в классификационной схеме позволяет определить его существенные свойства.

В силу своего определения естественная система классификации ТО должна вмещать не только наличную совокупность объектов, но и учитывать многообразие всех объектов, возможных в данной предметной области и соответствующих «местам», заранее предусмотренным в системе, но не заполненным в силу нашей неосведомленности. Система в данном случае предусматривает все логически непротиворечивые комбинации свойств, из которых далеко не все реализуются в конкретных ТО.

В процессе построения естественной системы выделяют два основных аспекта классификации – таксономию и мерономию [5].

Постановка задачи

Цель решения задачи состоит в построении формальной основы для обоснования применения ручных импульсных устройств (РИУ) при реализации соответствующих ТО по сборке транспортных средств (ТС) с учетом всех релевантных факторов, определяющих эффективность такого применения, а также с учетом взаимного влияния этих факторов в аспекте поддержки функциональной возможности целого, как основного принципа системологии [5].

Исходными данными для решения задачи являются общая номенклатура ТО сборки ТС; перечень типов ТО, в которых используются РИУ; набор показателей эффективности применения РИУ при сборке ТС (при этом известна природа каждого из показателей эффективности: техническая, экономическая, социальная и др.).

Необходимо построить классификационную модель (КМ) ТО сборки ТС, предусматривающую использование РИУ, удовлетворяющую основным положениям теории естественной классификации [5]: единству универсума, иерархичности и параметричности элементов классификационного поля.

1. Методический базис и общая схема решения задачи

1.1. Таксономический аспект классификации ТО сборки ТС с применением РИУ

Для классификатора таксономия – это способ «разложить» объекты по классам, характеризующим большее или меньшее сходство классифицируемого материала. Проблема состоит в том, чтобы создать понятие «таксономической структуры», указав его

объем: в данном случае это класс таксономических структур, допустимых технологическим регламентом, экономической целесообразностью и безопасностью.

При построении таксономии необходимо задать таксономический универсум. Будем говорить, что на этом универсуме «задана таксономия, если задана некоторая совокупность таксонов, т.е. некоторых подклассов этого универсума, среди которых находится весь универсум (наибольший таксон), и пересечение таксонов всегда образует таксон. При таком подходе очевидно, что таксономический универсум является классом, а не множеством, поскольку не определено точно, что есть элементом универсума.

На практике обычно выделяют минимальные таксоны (виды) и вместо таксономического универсума рассматривают совокупность видов, которая, как правило, образует четкое множество (классификационное поле) [5].

Для успешного описания таксономии ТО важно лишь то, чтобы совокупность видов была множеством. Это означает, что классификатор может отличить вид от вида; множество видов должно быть хорошо перечислимо.

Сам вид является классом, а не множеством, поскольку принадлежность произвольного объекта к данному виду далеко не всегда можно однозначно определить, и не всегда границы такого объекта можно однозначно очертить [5].

Будем рассматривать таксон как объединение входящих в него минимальных таксонов и, тем самым, как совокупность классифицируемых объектов. Обозначим через T множество минимальных таксонов. Тогда множество всех таксонов $Tax(T)$ входит в булеан $B(T)$ – множество всех подмножеств T : $Tax(T) \subset B(T)$.

Если при этом отношение включения на множестве $Tax(T)$ задает «древесный порядок отношений» между элементами множества, то таксономическую структуру будем называть иерархической. Каждый таксон в этой структуре принадлежит определенному ярусу в дереве. Другим возможным вариантом задания порядка в классификационном поле является фасетная структура [4].

Иерархические и фасетные структуры в некотором смысле устроены противоположно. Однако, на практике известно много структур, не относящихся ни к тому, ни к другому типу. Например, возможны две такие иерархические структуры, что пересечения любого таксона из первой структуры с любым таксоном из второй дает новый таксон.

С точки зрения таксономии объекты тем более

родственны, чем в меньший общий таксон они могут попасть. Поскольку таксоны имеют уровни, уровень наименьшего таксона, включающий оба вида, является мерой сходства этих видов. Таксономическая декомпозиция проводится, исходя из ранее определенного сходства между объектами, поскольку членение на таксоны – суть фиксация того факта, что объекты похожи.

Фактическое расстояние между видами x и y в иерархической системе можно определить по правилу

$$p(x, y) = N - n, \quad (1)$$

где N – число рангов в системе;

n – ранг наименьшего таксона, включающего одновременно виды x и y (предполагается, что ранг всех видов одинаков и равен N).

Легко проверить, что $p(x, y)$ образует метрику в пространстве минимальных таксонов, поскольку удовлетворяется следующий набор аксиом:

- 1) $p(x, y) \geq 0$;
- 2) $p(x, y) = 0$ тогда и только тогда, когда виды x и y совпадают;
- 3) аксиома треугольника:

$$p(x, y) + p(y, z) \leq p(x, z).$$

Если минимальные таксоны не пересекаются, то величина $p(x, y)$ является псевдометрикой в пространстве классифицируемых объектов.

При этом выполняются только первая и третья аксиомы метрики. Таким образом, имеет место противопоставление двух понятий: первое понятие – таксономический универсум – совокупность классифицируемых объектов, которая обычно образует класс, в котором не должно быть точно определено, что есть тождество объектов, и может подвергаться сомнению сама принадлежность объекта к классу. Второе понятие – совокупность минимальных таксонов, т.е. таксономическое поле, образует обычно счетное множество.

Отсюда возникает проблема существования методов достаточно строгого разбиения таксономического универсума на основании существенных (естественных) свойств классифицируемых объектов. Эта проблема, как известно [5], не может быть решена в рамках таксономии и требует рассмотрения мерономического аспекта классификации ТО.

1.2. Мерономический аспект классификации ТО сборки ТС, предусматривающих применение РИУ

Таксономическая структура позволяет устанавли-

вать сходство элементов классификационного поля (видов ТО). Виды тем ближе друг к другу, чем «меньше» тот общий таксон, которому они одновременно принадлежат. Для иерархической структуры эту близость можно охарактеризовать расстоянием между видами по дереву таксонов.

В случае естественной системы, какой является номенклатура ТО, следует предположить, что речь идет о структуре таксонов, задаваемой сущностью классифицируемых объектов. Для обеспечения возможности сопоставления элементов классификационного поля по сходству, необходимо рассмотрение мерономического аспекта классификации [7]. Структура членения на мероны дает возможность построить архетип номенклатуры ТО, наличие которого даст возможность утверждать, что некоторые объекты, принадлежащие рассматриваемому классу ТО, обладают общим архетипом. В этом случае они не различаются классификатором в рамках создаваемой им классификации – они входят в один и тот же вид. Классификатор вправе сравнивать объекты по «обобщенному архетипу», отождествляя разные, но в каком-то смысле сходные архетипы. Таксон в естественной системе выделяется классификатором как класс объектов, обладающих общим (обобщенным) архетипом.

Классифицируемые ТО сами по себе являются внутренними системами. Поэтому понятие «архетипа» можно связать с представлением этой системы. Таксоны формируются из объектов (внутренних систем), обладающих сходными (например, изоморфными) представлениями.

В этой формулировке уже проявляется важная двойственность между таксономическим и мерономическим аспектами классификации, которая рассматривается в работе [5]. Она состоит в том, что в рамках естественной системы каждому таксону должна соответствовать некоторая общая всем представителям этого таксона сущность, представленная для классификатора своим обобщенным архетипом. При этом более узким таксонам соответствует более богатое общее содержание, присущее элементам этого таксона. Проиллюстрируем данное утверждение, рассмотрев объем и содержание понятия «Технологическая операция».

Пусть имеется таксон T , у которого есть некоторое имя, обозначающее любой объект этого таксона. Например, имя таксона «Технологическая операция» обозначает любую ТО, представленную в нормативных документах, используемых на машиностроительном предприятии. Таким образом, конкретный завод является денотатом имени таксона. Если с таксоном связать не только имя, но и понятие, то таксон окажется просто объемом понятия. Естественно, чем меньше таксон, тем уже объем

понятия. Также как у понятия есть не только объем, но и содержание, у имени есть не только денотат, но и концепт. Поскольку таксон состоит из всех тех и только тех объектов, которые обладают характерной для данного таксона структурой, эту структуру естественно отождествить с архетипом. Именно архетип оказывается концептом имени таксона и содержанием соответствующего понятия, при этом таксон характеризует объем соответствующего понятия, а архетип – его содержание.

Известно, что изучение внутренней системы в рамках внешней позволяет обнаружить строение первых через «отражение» в гомологичных системах [5].

Архетип – это некоторая структура, состоящая из меронов, причем мерон относится к архетипу как часть к целому. Необходимо подчеркнуть, что мерон – это не элемент архетипа, а часть, т.е. архетип – это не агрегат из меронов, а целостная структура [5].

Мероны могут иметь некоторые состояния. Например, в архетипе «инструмент» есть мерон «ручные импульсные устройства». Этот мерон имеет следующие состояния или модусы: «импульсный клепальный молоток», «пневмоимпульсное устройство для дорнования отверстий» и т.д. На этом примере видно, что мерон соответствует некоторому признаку, а его состояния – конкретным значениям этого признака. Выбор состояния мерона определяет состояние архетипа, определяющее некоторый подтаксон.

При классификации ТО архетип целесообразно рассматривать как каркас:

$$K = \langle M, \{gf\}, \{Pj\}, \{Ak\} \rangle, \quad (2)$$

где M – множество меронов;

gf – отношения между меронами в архетипе.

Реализация Pj как конкретных отношений определяет состояния меронов архетипа в целом, а аксиомы Ak задают множества допустимых состояний. Переход к обобщенному архетипу определяется соответствующим гомоморфизмом [7, 8].

Понятие архетипа необходимо для сравнения ТО лишь по некоторым отношениям, т.е. для установления нетривиального сходства. Например, подразделения в составе промышленного предприятия можно сравнивать по организационной структуре (скажем, с помощью гомоморфизмов по отношению порядка и по отношению административного устройства) или по составу оборудования [9-13].

Построим для модели ТО, в соответствии с подходом, описанным в [4], конструкцию, позволяющую переносить внутреннюю структуру с одного элемента на другой, т.е. переставлять элементы. При

этом зададим два отображения: $f: M \rightarrow M'$, которое гомологизирует «внешнюю структуру» составляющих ТО, и $g: M'_{\text{инд}} \rightarrow M_n$, где $M'_{\text{инд}} \rightarrow M'_n$, которое индуцирует на элементах множества $M'_{\text{инд}}$ внутреннюю структуру соответствующих им элементов из M_n . Формально перестановочным морфизмом называется такая тройка

$$(f, M'_{\text{инд}}, g),$$

где f – гомоморфизм из $\langle M, \alpha \rangle$ в $\langle M', \alpha' \rangle$ для любого $y \in M'_{\text{инд}}$ $\varphi'(y) = f(\varphi(g(y)))$.

Если $M'_{\text{инд}} \supset f(M_n)$ и для любого $x \in M_n$ $g(f(x)) = x$, то перестановочный морфизм превращается в обычный гомоморфизм.

Наименьшим образом при перестановочном морфизме будет клубная система

$$\langle \langle M'', \alpha'' \rangle, \varphi'' \rangle,$$

где $\langle M'', \alpha'' \rangle$ – минимальный образ модели $\langle M, \alpha \rangle$ при отображении f , $M''_n = M'_{\text{инд}}$, а φ'' – ограничение φ' на множество $M'_{\text{инд}}$.

При классификации ТО необходимо учитывать объективно существующую методологическую особенность: архетипы определяются через таксономию, а таксоны через архетипы, т.е. через мерономию. Это вынуждает при классификации ТО рассматривать таксономию и мерономию в их неразрывной связи.

1.3. Принцип двойственности таксономического и мерономического аспектов естественной классификации ТО

Рассмотрим далее мерономические понятия, предполагая, что таксономия уже задана.

Наличие во всех объектах таксона единого (обобщенного) архетипа сразу приводит нас к понятию «гомологии» между объектами таксона. Пусть имеется таксон T с архетипом a , x – объект таксона T . При этом очевидно, что меронам архетипа заданного объекта x можно сопоставить части любого другого объекта y из таксона T . Таким образом, можно через архетип сопоставить некоторым частям объекта x определенные части объекта y .

Например, упрощенная схема архетипа «технологическая служба предприятия» состоит из меронов: «главный технолог», «отдел главного технолога», «бюро клепально-сборочных работ», и т.д.

В связи с построением архетипа возникает по-

нятие «гомология». При этом предполагается, что существует такой способ членения объектов таксона на части, что можно потом установить гомологии между этими частями. Оба пути – от архетипа к гомологии и от гомологии к архетипу в теории классификации признаны равносильными [5]. В реальной классификации целесообразно использовать итеративный путь построения архетипа. Вначале устанавливается примерное представление об архетипе, затем устанавливаются гомологии, и уточняется архетип. На основе этого уточненного архетипа можно уже уточнить систему гомологии.

Рассмотрим следующую формальную конструкцию: пусть имеется таксон T с архетипом $\alpha(T)$ и содержащийся в этом таксоне таксон T_1 с архетипом $\alpha(T_1)$. Отношение между архетипами $\alpha(T)$ и $\alpha(T_1)$ изображается следующей диаграммой:

$$\begin{array}{ccc} T_1 & \subset & T \\ \downarrow & \varphi & \downarrow \\ \alpha(T_1) & \rightarrow & \alpha(T) \end{array} \quad (3)$$

Фактически это означает, что архетип $\alpha(T_1)$ гомоморфно отображается в архетип $\alpha(T)$. В $\alpha(T_1)$ могут быть дополнительные мероны, не связанные с меронами общего архетипа. Поскольку таксон T_1 включается в таксон T , то архетип $\alpha(T_1)$ гомоморфно отображается в архетип $\alpha(T)$.

Множество таксонов с операцией включения можно рассматривать как категорию. Объектами категории таксонов являются сами таксоны, а морфизмами – отображения вложения таксонов. Архетипы являются объектами своей категории с гомоморфизмами в качестве морфизмов. Таким образом, имеется категория архетипов и категория таксонов, а отображение, сопоставляющее каждому таксону его архетип, является функтором. Классификация – это функтор из категории таксонов в категорию архетипов.

Введение мерономии позволяет оценивать сходство различных видов ТО через их архетипы, а именно, чем полнее структура архетипа вида t отображается в структуре архетипа вида t' , тем эти виды ближе. Принцип двойственности обеспечивает согласованность двух методов оценки сходства по таксономии и по мерономии [5].

Исходя из приведенных выше соображений, процесс классификации ТО должен иметь следующую природу: вначале строится предварительный вариант таксономии, потом по ней строится предварительный вариант мерономии, затем по ней же уточняется таксономия; если точность таксономического разбиения не удовлетворительна, то вносятся коррективы в мерономию и т.д.

Сказанное выше приводит к необходимости выделения на первом этапе классификации множества характерных признаков различных видов ТО сборки ТС с применением РИУ в пределах их номенклатуры (рис. 1) [14].



Рис. 1. Характерные признаки ТО сборки ТС с применением РИУ

2. Формирование критериев классификации ТО

Для формального представления всей номенклатуры ТО сборки ТС с применением РИУ целесообразно использовать известные в теории есте-

ственной классификации критерии естественности: иерархичности, монизма, системности, свойств, связности. Эти критерии напрямую или опосредованно определяются характерными признаками ТО (см. рис. 1). Применение указанных критериев дает возможность обеспечить параметричность классифика-

ции ТО в едином классификационном поле.

На языке теории категорий задача классификации ТО сводится к разработке и исследованию классификационной модели, которая должна удовлетворять следующим требованиям:

– единства универсума, т.е. существования в некоторой категории \mathfrak{R} , которая описывает классификацию ТО, единого инициального объекта, который отвечает понятию «надсистема-класс»:

$$\begin{aligned} \exists! a_{\perp} \in \text{Ob}\mathfrak{R} \forall a \in \text{Ob}\mathfrak{R} \exists a_a \in \text{Mor}\mathfrak{R} \ a_a : a_{\perp} \rightarrow \\ \rightarrow a \text{ Mor}\mathfrak{R}(a_{\perp}, a) = \{a_a\}; \end{aligned} \quad (4)$$

– иерархичности, т.е. каждый объект категории \mathfrak{R} , которая описывает классификацию ТО, является вершиной конуса и, кроме того, для каждого объекта категории \mathfrak{R} существует некоторая подкатегория, для которой он является инициальным объектом:

$$\begin{aligned} \forall a \in \text{Ob}\mathfrak{R} \exists \text{Mor}\mathfrak{R}[a] \neq \emptyset; \\ \forall a \in \text{Ob}\mathfrak{R} \exists \mathfrak{R}_a \subseteq \mathfrak{R} : a \in \text{Ob}_1\mathfrak{R}_a, \end{aligned} \quad (5)$$

где $\text{Mor}\mathfrak{R}[a]$ – множество всех морфизмов, началом которых является объект a .

– параметричности, т.е. в некоторой категории \mathfrak{R} , которая описывает классификацию ТО, существует подкатегория $\mathfrak{R}_{\text{св}}$, описывающая свойства любых элементов классифицируемой предметной области:

$$\exists \mathfrak{R}_{\text{св}} \subset \mathfrak{R}. \quad (6)$$

2.1. Разработка классификационной модели ТО, предполагающих использование РИУ при сборке ТС

В силу того, что выбор (разработка либо модификация) РИУ в соответствии с особенностями реализации конкретной ТО является, по сути, последовательностью решений, принимаемых персоналом технологической службы на этапе технологической подготовки производства (ТПП), связанном с выбором оборудования, целесообразно представить этот процесс иерархией слоев принятия решений в соответствии с методологией вертикальной декомпозиции, описанной в [3].

Иерархия слоев принятия решений возникает в связи с тремя основными аспектами проблемы принятия решения в условиях неопределенности, а именно:

- 1) выбором стратегии, используемой в процессе решения;
- 2) уменьшением влияния неопределенности на результаты получаемого решения;

3) поиском конкретного образа действия в заданных условиях.

Исходя из этого, иерархия слоев принятия решений будет состоять из трех слоев соответственно: выбора, адаптации и самоорганизации (рис. 2).

Задачи этих слоев заключаются соответственно в выборе способа действия M , конкретизации множества неопределенностей U (которые существуют в слое выбора) и выбор структуры и стратегии нижележащих слоев, максимально приближающих всю систему к общей цели. Эта общая цель обычно трудно формализуется, но из нее возможно выделение ограничений (в виде структуры и стратегий) для нижележащих слоев, в которых цели формируются более конкретно.

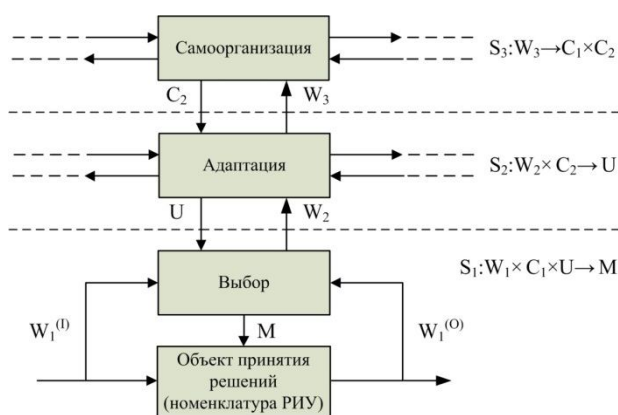


Рис. 2. Иерархия слоев принятия решений при выборе РИУ

Таким образом, данная структура отражает послойную конкретизацию целей и выделение на каждом слое достаточно формализуемых и достижимых целей.

3. Представление процесса принятия решений по выбору РИУ в виде многослойной иерархии

Рассмотрим в качестве примера, характерного для предметной области «Самолетостроение», многоуровневое описание слоев принятия решений с выделением их в предметной области «Изготовление изделия» на авиастроительном предприятии [9].

Слой самоорганизации. Задачами этого слоя являются выбор структуры и стратегии действия для нижележащих слоев. Решение этих задач должно позволить максимально приблизить всю систему к поставленной цели. Если рассматривать указанные задачи с позиции предприятия в целом, то можно утверждать, что слой самоорганизации охватывает управляющие структуры как всего предприятия, так и службы отдела главного технолога (ОГТ).

Слой адаптации. Данный слой в контексте процесса изготовления изделия (в целом) представлен цеховыми технологическими бюро, в которых осуществляется непосредственная разработка технологических процессов на изготовление деталей и сборку узлов и агрегатов. Задачами этого слоя являются конкретизация и снижение уровня неопределенностей, которые могут возникать на нижнем уровне принятия решений – уровне выбора. При проведении ТПП этот слой по объему обрабатываемой информации занимает лидирующее положение среди всех слоев принятия решений. Особенно сильно это проявляется на мелкосерийных машиностроительных предприятиях, ярким примером которых может служить авиационное производство.

Именно задачи этого слоя наиболее глубоко проработаны в вопросах применения средств автоматизации и интеллектуализации процесса поддержки принятия решений, в частности, производственных экспертных систем (ЭС) [11, 12]. Практически все производственные ЭС ориентированы на решение частных задач, позиционированных на слое адаптации. Это задачи из различных предметных областей, которые решаются технологами в цехах различного типа: заготовительных, механообрабатывающих, сварочных, сборочных и др. На этом слое проявляется изолированность по предметной области задач, решаемых в различных структурных подразделениях предприятия. Сами по себе эти задачи могут быть с успехом решены и решаются (в системах поддержки принятия решений) «в абсолют», т.е. без учета воздействия внешних факторов и необходимости координации результатов решения с результатами решения других задач. Таким образом, на слое адаптации довольно эффективно происходит снижение влияния неопределенностей на процесс формирования решений.

Необходимо отметить, что, помимо снижения неопределенности различных типов за счет применения всевозможных (в том числе интеллектуальных) средств поддержки принятия решений, на этом слое также наблюдается возникновение неопределенности нового типа, а именно неопределенности, связанной с агрегацией знаний или данных от различных источников (или экспертов) [10].

Слой выбора. Задача этого слоя – выбор конкретного способа действия, т.е. задачи такого класса уже можно считать оперативными и довольно четко формулируемыми. Данный слой является нижним в иерархии слоев принятия решений. На этом слое решаются задачи выбора способа действия, т.е. осуществляется непосредственное формирование на производственных участках заданий на изготовление заданных деталей или сборку узлов, панелей, отсеков и агрегатов. Этот слой представлен рабочим

персоналом цехов и управляющими единицами в них (т.е. участками в цехе во главе с мастером участка). Задача поддержки принятия решений на этом слое является предметом отдельных научных исследований, и частично была освещена в работе [13]. Рассматриваемый слой непосредственно приближен к производственным мощностям предприятия.

Таким образом, при изготовлении изделий на самолетостроительных предприятиях естественным образом возникает иерархия слоев принятия решений, описанная выше. При этом полностью реализуется принцип разделения задачи на более мелкие по масштабу подзадачи, решения которых по отдельности дают в совокупности решение задачи более высокого уровня. Решение сложной проблемы принятия решения в целом заменяется решением семейства последовательно упорядоченных более простых проблем, поэтому показанная выше структура получила название многослойной системы принятия решений [3].

В контексте описанного выше, становится возможным формально описать слои принятия решений в многослойной (иерархической) системе.

Слой выбора S_1 (см. рис. 2) может быть представлен отображением:

$$S_1 : W_1 \times C_1 \times U \rightarrow M, \quad (7)$$

где W_1 – множество сигналов обратной связи от управляемого процесса (объекта принятия решений) или среды, а именно: загрузка мощностей, выполнение плана участка, наличие исполнителей, наличие инструмента и оснастки, состояние производственного процесса;

C_1 – множество входных сигналов от третьего слоя (самоорганизации), определяющих структуру слоя выбора и стратегию его деятельности в целом (управляющие воздействия от ОГТ в виде директив и планов);

U – множество сигналов от второго слоя (адаптации), которые конкретизируют неопределенности для первого слоя (например, результаты формирования расцеховки на изготовление деталей, узлов и агрегатов). Эти сигналы могут быть неявными, т.е. распределение деталей тех или иных типов для конкретного цеха само является сигналом, производящим ограничение множества неопределенностей при выборе способа действия (т.е. при написании технологического процесса).

Если рассматривать описание слоя в терминах нахождения допустимого решения, то элемент из C_1 задает три элемента этой задачи, т.е. X^f , g и τ ,

а элементы U определяют компонент Ω данной задачи.

Слой адаптации (обучения) можно представить отображением

$$S_2 : W_2 \times C_2 \rightarrow U, \quad (8)$$

где W_2 – это сигналы от внешней среды (в том числе такими сигналами может считаться и информация от нижнего слоя выбора, т.к. этот слой не может непосредственно влиять на принятие решений на слое адаптации);

C_2 – множество сигналов (параметров), которыми верхний уровень (самоорганизации) определяет структуру уровня адаптации, по аналогии с сигналами C_1 на уровне выбора (директивы ОГТ);

U – множество сигналов, которые определяют множества неопределенностей для первого уровня (как уже было сказано выше, это результаты формирования расцеховки на изготовление деталей, сборку узлов, панелей, отсеков и агрегатов).

По аналогии с первым уровнем, допустимость решения определяется на этом уровне элементами из C_2 (а именно X^f , g и τ), а элементы W_2 определяют частично компонент Ω из задачи принятия решений.

Слой самоорганизации может быть представлен отображением:

$$S_3 : W_3 \rightarrow C_1 \times C_2, \quad (9)$$

где W_3 – информация обратной связи, поступающая с низших слоев на слой самоорганизации; эта информация также включает в себя информацию от окружающей среды; оказывает влияние на формирование структуры нижележащих слоев, а также на используемую ими в процессе функционирования стратегию;

C_1, C_2 – сигналы (параметры), формирующие структуру и стратегию действия нижележащих слоев принятия решений (т.е. структура технологической службы и маршрут изготовления изделия в целом).

Изложенное выше дает возможность утверждать, что задача принятия решений может быть разделена на слои по сложности принимаемых решений, причем решения в этих слоях (как и неопределенности, влияющие на их принятие) локализованы, т.е. проявляется распределенность в процессе формирования решений персоналом технологической службы предприятия.

В дальнейшем будем проводить исследование, исходя из предположения, что технологический персонал машиностроительного предприятия, при-

нимающий участие в процессе формирования решений по выбору (разработке или модификации РИУ) четко разделен на решающие блоки, соответствующие отделу главного технолога (уровень самоорганизации), цехам предприятия (уровень адаптации) и участкам цеха во главе с мастером (уровень выбора).

Таким образом, принятие решений в каждом решающем блоке, является нетривиальной задачей, требующей учета большого количества факторов и наличия определенного опыта у лиц, принимающих решения (ЛПР). В силу указанного обстоятельства на практике для решения подобных задач применяются методы и средства искусственного интеллекта в форме различного рода экспертных систем (поскольку задачи такого рода трудно формализуемы и, как следствие, невозможно построение адекватной аналитической модели для их решения).

Основным предметом изучения при описании формирования решений, относительно применения того или иного вида РИУ при сборке конструкций ТС, будет являться не структура решающего блока, а взаимосвязи, которые возникают между этими блоками в процессе функционирования системы. Такой уровень абстракции позволяет не конкретизировать структуру отдельных решающих блоков, а рассматривать только их входы и выходы.

4. Категорная модель формирования решений по определению вида РИУ для реализации ТО сборки ТС

Выше была обоснована необходимость представления процесса формирования решений по определению вида РИУ в зависимости от особенностей конкретной ТО в виде иерархической трехуровневой структуры, где при условиях реализации задачи выбора (создания либо модификации РИУ) в форме интеллектуальной информационной технологии [12] низший уровень (выбора) имеет когнитивную природу, средний (адаптации) – эпистемологическую, а верхний уровень – онтологическую природу. Категорная модель БППР имеет следующий вид:

Рассмотрим категорию A . Класс ObA является конечным множеством с разбивкой:

$$ObA = \bigcup_{i=0}^n A_i, \quad (10)$$

где $A_i = \{a_m^i\}_{m=1}^{k_i}$ – множество объектов, которые отвечают системам-классам i -го уровня иерархии;

$k_0 = 1$, т.е. на нулевом (верхнем) уровне иерархии находится только один объект a_1^0 (онтологическая система-класс);

$k_1 = 2, 3$, т.е. на первом и втором уровнях иерархии находятся только два объекта a_1^1 и a_2^1 (две системы-классы – эпистемологическая и когнитивная соответственно);

$$k_2 \geq 2i \text{ и } k_{i+1} \geq 2k_i, (i = \overline{2, n-1}).$$

Класс $\text{Mor} A$ может быть описан таким образом. Для двух элементов

$$a_{m_1}^i, a_{m_2}^i \quad (i = \overline{1, n}):$$

$$\text{Mor}(a_{m_1}^i, a_{m_2}^i) = \begin{cases} \emptyset, & \text{при } m_1 \neq m_2, \\ \{1_{a_{m_1}^i}\}, & \text{при } m_1 = m_2. \end{cases} \quad (11)$$

Для произвольной пары

$$(a_s^{i+1}, a_r^i) : \text{Mor}(a_s^{i+1}, a_r^i) = \emptyset,$$

где $i = \overline{0, n-1}$, $r = \overline{1, k_i}$, $s = \overline{1, k_{i+1}}$. Для любого элемента $a_r^i \in A_I (i = \overline{1, n})$:

$$\text{Mor}(a_s^{i-1}, a_r^i) = \begin{cases} \{\alpha_{s,r}^{i-1,i}\}, & \text{при } s = s_r, \\ \emptyset, & \text{при } s \neq s_r. \end{cases} \quad (12)$$

Для элемента a_1^0 подмножества A_0 : $\text{Mor}(a_1^0, a_1^0) = \{1_{a_1^0}\}$. Для произвольной пары $(a_2^1, a_r^1) : \text{Mor}(a_2^1, a_r^1) = \emptyset$, где $i = \overline{2, n}$, $r = \overline{1, k_i}$.

Кроме того, $\text{Mor} A$ содержит в себе морфизмы, которые являются произведением описанных морфизмов. Они отвечают связям родовой системы-класса со своими все более глубокими подсистемами (вида – со своими все более отдаленными родами).

Морфизмы категории A как связи между ее объектами описывают родовидовые связи между соответствующими системами-классами. После построения категории A , любому объекту любого уровня отвечает единый морфизм и единый объект верхнего уровня, связанный с этим объектом с помощью данного морфизма:

$$A_i \ni a_r^i \leftrightarrow a_{s_r}^{i-1} \in A_{i-1}; a_r^i \leftrightarrow \leftrightarrow a_{s_r, r}^{i-1,i} \in \text{Mor}(a_{s_r}^{i-1}, a_r^i), \quad (13)$$

где $i = \overline{1, n}$.

Для объекта $a_1^0 \in A_0$ таким морфизмом является $1_{a_1^0}$, который дальше будем обозначать $a_{1,1}^{0,0} = 1_{a_1^0}$.

Поскольку между множеством морфизмов, которые принадлежат парам объектов соседних уровней, и множеством объектов, которые являются концами этих морфизмов, существует взаимно-однозначное соответствие, то объекты категории A^* можно описать таким способом $\text{Ob} A^* = \bigcup_{i=0}^n A_i^*$, где $A_i^* = \{\alpha_{s_m, m}^{i-1,i}\}_{m=1}^{k_i}$ – множество объектов, которые отвечают связям систем-классов ($i = \overline{1, n}$), а $A_0^* = \{\alpha_{1,1}^{0,0}\}$ – множество, которое содержит объект, который отвечает связи предельно широкой системы-класса (онтология) с ней самой. В частности, объект отвечает $\alpha_{1,1}^{0,1}$ связи системы-класса онтология с системой-классом (знания о выборе РИУ), объект – $\alpha_{1,2}^{0,1}$ связи системы-класса (знания о возможностях применения РИУ) с системой-классом (приобретение новых знаний о возможностях применения РИУ).

Исследуем класс $\text{Mor} A^*$. По правилу построения категории морфизмов над категорией A морфизмом объекта $\alpha_{s_{m_1}, m_1}^{i-1,i} : \alpha_{m_1}^{i-1} \rightarrow \alpha_{m_1}^i$ в объект $\alpha_{s_{m_2}, m_2}^{i-1,i} : \alpha_{m_2}^{i-1} \rightarrow \alpha_{m_2}^i$ есть произвольная пара морфизмов (ϕ, ψ) , где $\phi : \alpha_{s_{m_1}}^{i-1} \rightarrow \alpha_{s_{m_2}}^{i-1}$ и $\psi : \alpha_{m_1}^i \rightarrow \alpha_{m_2}^i$, такая, что $\alpha_{s_{m_1}, m_1}^{i-1,i}, \psi = \phi \alpha_{s_{m_2}, m_2}^{i-1,i}$. Поэтому:

$$\text{Mor}_{A^*}(\alpha_{s_{m_1}, m_1}^{i-1,i}, \alpha_{s_{m_2}, m_2}^{i-1,i}) = \begin{cases} \emptyset, & \text{при } m_1 \neq m_2, \\ \left\{ \left(\left(1_{\alpha_{s_{m_1}}^{i-1}}, 1_{\alpha_{m_1}^i} \right) \right) \right\}, & \text{при } m_1 = m_2; \end{cases} \quad (14)$$

$$\text{Mor}_{A^*}(\alpha_{s_q, q}^{i,i+1}, \alpha_{s_p, p}^{i-1,i}) = \emptyset; \quad (15)$$

$$\text{Mor}_{A^*}(\alpha_{s_p, p}^{i-1,i}, \alpha_{1,1}^{0,0}) = \emptyset; \quad (16)$$

$$\text{Mor}_{A^*}(\alpha_{r_s, s}^{i-2, i-1}, \alpha_{s_p, p}^{i-1, i}) = \begin{cases} \emptyset, & \text{при } r_s \neq r_{s_p} \text{ и } s \neq s_p, \\ \left\{ \left(\left(\alpha_{r_{s_p}, s_p}^{i-2, i-1}, \alpha_{s_p, p}^{i-1, i} \right) \right) \right\}, & \text{при } r_s = r_{s_p} \text{ и } s = s_p; \end{cases} \quad (17)$$

$$\text{Mor}_{A^*}(\alpha_{1,1}^{0,0}, \alpha_{1,1}^{0,1}) = \left\{ \left(\alpha_{1,1}^{0,0}, \alpha_{1,1}^{0,1} \right) \right\}; \quad (18)$$

$$\text{Mor}_{A^*}(\alpha_{1,1}^{0,0}, \alpha_{1,2}^{0,1}) = \left\{ \left(\alpha_{1,1}^{0,0}, \alpha_{1,2}^{0,1} \right) \right\}; \quad (19)$$

$$\text{Mor}_{A^*}(\alpha_{1,1}^{0,0}, \alpha_{1,1}^{0,0}) = \left\{ \left(\alpha_{1,1}^{0,0}, \alpha_{1,1}^{0,0} \right) \right\}. \quad (20)$$

Аналогично формируется множество

$$\text{Mor}_{A^*}(\alpha_{1,1}^{0,0}, \alpha_{1,1}^{0,1}) = \left\{ \left(\alpha_{r_s, r}^{j-1, j}, \alpha_{s_p, p}^{i-1, i} \right) \right\}. \quad (21)$$

Итак, можно утверждать, что категории A и A^* изоморфны, и этот изоморфизм определяется ковариантным функтором $F: A \rightarrow A^*$.

Связи между системами-классами, как было отмечено выше, отвечают их свойствам. Итак, на основе категории A^* можно описать структуру свойств систем-классов, которые отвечают объектам категории A , т.е. построить категорию B , изоморфную категории A^* .

Этот изоморфизм определяется ковариантным функтором $G: A^* \rightarrow B$, таким, что на объектах категории A^* функтор G задается таким способом:

$$G(\alpha_{s_m, m}^{i-1, i}) = b_m^i, \quad (i = \overline{1, n}), \quad (22)$$

где b_m^i – объект, который отвечает системе-класса i -го уровня иерархии;

$$G(\alpha_{1,1}^{0,0}) = b_1^0, \quad (23)$$

где b_1^0 – объект, который отвечает свойству-класса системы-класса онтология, для получения которого использовался морфизм $\alpha_{1,1}^{0,0}$:

$$G\left(1_{\alpha_{s_m, m}^{i-1, i}}\right) = 1_{b_m^i}; \quad G\left(1_{\alpha_{1,1}^{0,0}}\right) = 1_{b_1^0};$$

$$G\left(\left(\alpha_{r_s, s_m}^{j-1, i-1}, \alpha_{s_m, m}^{j, i}\right)\right) = \beta_{s_m, m}^{j, i}; \quad (24)$$

$$G\left(\left(\alpha_{r_s, s_m}^{i-2, i-1}, \alpha_{s_m, m}^{i-1, i}\right)\right) = \beta_{s_m, m}^{i-1, i}, \quad (25)$$

где $\beta_{s_m, m}^{i-1, i} \in \text{Mor}_B(b_{s_m, m}^{i-1, i}, b_m^i)$ – морфизм, что отвечает связи классов категории B ;

$$G\left(\left(\alpha_{1,1}^{0,0}, \alpha_{1,1}^{0,1}\right)\right) = \beta_{1,1}^{0,1};$$

$$G\left(\left(\alpha_{1,1}^{0,0}, \alpha_{1,2}^{0,1}\right)\right) = \beta_{1,2}^{0,1};$$

$$G\left(\left(\alpha_{1,1}^{0,0}, \alpha_{1,1}^{0,0}\right)\right) = \beta_{1,1}^{0,0}. \quad (26)$$

Операция объединения категорий A и B даст категорию $A \cup B$, такую, что

$$\text{Ob}(A \cup B) = \text{Ob}A \cup \text{Ob}B,$$

$$\text{Mor} A \cup B = \text{Mor} A \cup \text{Mor} B \cup \mathfrak{S}, \quad (27)$$

где $\mathfrak{S} = \bigcup_{i=1}^n \bigcup_{j=1}^{k_i} \text{Mor}(a_1^0, b_j^i)$, $\text{Mor}(a_1^0, b_j^i) = (\gamma_{1,j}^{0,i})$, $(\gamma_{1,j}^{0,i}) = \alpha_{1,2}^{0,1} \beta_{1,j}^{0,i}$.

Таким образом, механизм формирования решений относительно применения того или иного вида РИУ в конкретной ТО сборки ТС функционирует не по принципу составления некоторого целого, которое возникает из каких-нибудь компонентов, а по принципу поддержки заведомо заданного целого из компонентов, использование которых в данном случае наиболее эффективно. Это является проявлением двойственной природы решений по выбору РИУ – функциональных свойств (что отвечают потребностям пользователя) и поддерживаемых свойств (что является внутренней причиной наличия функциональных свойств).

На рис. 3 представлена классификационная модель применения РИУ для сборки ТС в форме коммуникативной диаграммы.

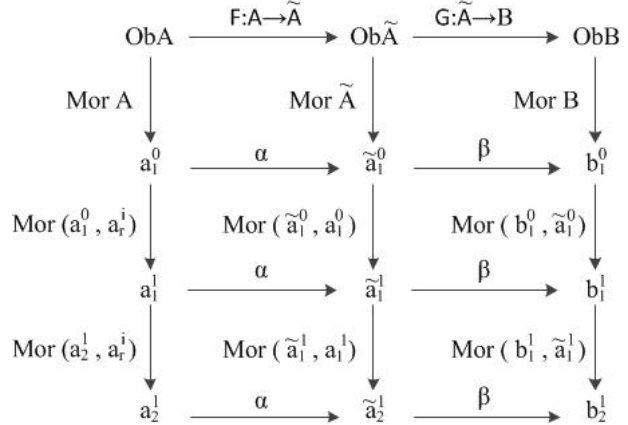


Рис. 3. Коммуникативная диаграмма классификационной модели применения РИУ для сборки ТС

Выводы

1. Проведен сравнительный анализ внешнего и внутреннего путей проявления системности при анализе номенклатуры ТО сборки ТС с применением РИУ, исходя из принципов целостности, системности, иерархичности и развития, которые являются главными принципами любой разновидности си-

стемного подхода. Показано, что отношение «часть – целое» и «род – вид» представляют собой гносеологические разновидности отношения поддержки функциональной способности целого.

2. Выделение характерных признаков каждого типа ТО сборки ТС с использованием РИУ показало, что конкретизацией категории сущности для них есть именно внешняя система (система-класс).

Литература

1. Vittih, V. A. Управление открытыми системами на основе интеграции знаний [Текст] / В. А. Виттих // *Автоматрия*. – 1999. – № 3. – С. 38–49.

2. Волкова, В. Н. Основы теории систем и системного анализа [Текст] : учеб. для вузов / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. – СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2003. – 520 с.

3. *Theory of Hierarchical, Multilevel, Systems [Text]* / ed. by M. Mesarovic, D. Macko, Y. Takahara. – 1-st ed. – New York ; London : Academic Press, 2000. – Vol. 68. – 322 p.

4. Шостак, И. В. Проблемы анализа и синтеза холонических систем управления сложными объектами [Текст] / И. В. Шостак, А. С. Топал, А. Н. Устинова // *Радиоэлектроника и информатика*. – 2004. – № 3 (28). – С. 66–69.

5. Шрейдер, Ю. А. Интеллектуальные системы и информатика [Текст] / Ю. А. Шрейдер // *Интеллект, человек и компьютер*. – Новосибирск, 1994. – С. 72–90.

6. Клир, Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач [Текст] / Дж. Клир ; пер. с англ. М. А. Зуева ; под ред. А. И. Горлина. – М. : Радио и связь, 1990. – 534 с.

7. Бениаминов, Е. М. Принципы построения открытого языка шаблонных выражений в системе представления знаний [Текст] / Е. М. Бениаминов, М. Ю. Манушина // *Научно-техническая информация. Сер. 2: Информационные процессы и системы*. – 2000. – № 7. – С. 10–17.

8. Маклейн, С. Категории для работающего математика [Текст] / С. Маклейн ; пер. с англ. и под ред. В. А. Артамонова. – М. : Физматлит, 2004. – 349 с.

9. Шостак, И. В. Интеллектуализация процессов технологической подготовки производства на основе мультиагентной технологии [Текст] / И. В. Шостак, А. С. Топал // *Вестник двигателестроения*. – 2003. – № 1. – С. 187–191.

10. Шостак, И. В. Интеллектуализация процессов технологической подготовки производства на основе технологии интеллектуального анализа данных (data mining) [Текст] / И. В. Шостак, А. Г. Осиевский, И. А. Слизовская // *Вестник науки и техники*. – 2004. – № 4 (19). – С. 80–85.

11. Проблемы создания интеллектуальной системы управления технологической подготовкой производства авиационного предприятия [Текст] /

В. С. Кривцов, В. Е. Зайцев, И. В. Шостак, А. С. Топал, А. Н. Устинова // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2004. – № 5 (13). – С. 5–12.

12. Шостак, И. В. Особенности применения интеллектуальной компоненты в CALS системах [Текст] / И. В. Шостак, А. В. Пьянков // *Авиационно-космическая техника и технология : тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «Харьков. авиац. ин-т»*. – Харьков, 2002. – Вып. 32. – С. 301–306.

13. Шостак, И. В. Применение онтологического представления знаний в многоуровневой системе управления проектами технологической подготовки производства [Текст] / И. В. Шостак, Д. А. Бастеев // *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии : сб. науч. тр. / М-во образования и науки Украины, Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьков. авиац. ин-т»*. – Харьков, 2004. – Вып. 24. – С. 136–147.

14. Воробьев, Ю. А. Концепция создания технологических систем сборки транспортных средств с использованием пневмоимпульсного ручного инструмента [Текст] / Ю. А. Воробьев // *Вісник СевНТУ. Серія: Машиноприладобудування та транспорт : зб. наук. пр. Севастоп. нац. техн. ун-та ім.* – Севастополь, 2011. – Вип. 122. – С. 7–9.

References

1. Vittih, V. A. Upravlenie otkrytymi sistemami na osnove integracii znanij [Managing open systems based on knowledge integration]. *Avtometrija*, 1999, no. 3, pp. 38–49.

2. Volkova, V. N., Denisov, A. A. *Osnovy teorii sistem i sistemnogo analiza* [Fundamentals of systems theory and systems analysis]. Saint Petersburg, SPbGPU Publ., 2003. 520 p.

3. Mesarovic, M., Macko, D., Takahara, Y. *Theory of Hierarchical, Multilevel, Systems*. New York, London, Academic Press, 2000, vol. 68. 322 p.

4. Shostak, I. V., Topal, A. S., Ustinova, A. N. Problemy analiza i sinteza holonicheskikh sistem upravleniya slozhnymi ob'ektami [The problems of analysis and synthesis of holonomic control systems for complex objects]. *Radioelektronika i informatika*, 2004, no. 3 (28), pp. 66–69.

5. Shrejder, Ju. A. Intellektual'nye sistemy i informatika [Intellectual systems and informatics]. *Intellekt, chelovek i komp'yuter*, Novosibirsk, 1994, pp. 72–90.

6. Klir, Dzh. *Sistemologiya. Avtomatizacija reshenija sistemnyh zadach* [Systemology. Automation of the solution of system tasks]. Moscow, Radio i svjaz' Publ., 1990. 534 p.

7. Beniaminov, E. M., Manushina, M. Ju. Principy postroenija otkrytogo jazyka shablonnyh vyrazhenij v sisteme predstavlenija znanij [The principles of constructing an open template language in the knowledge representation system]. *Nauchno-tehnicheskaja informacija. Ser. 2: Informacionnye*

processy i sistemy, 2000, no. 7, pp. 10–17.

8. Maklejn, S. *Kategorii dlja rabotajushhego matematika* [Categories for working mathematics]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2004. 349 p.

9. Shostak, I. V., Topal, A. S. Intelktualizacija processov tehnologicheskoy podgotovki proizvodstva na osnove mul'tiagentnoj tehnologii [Intellectualization of processes of technological preparation of production on the basis of multi-agent technology]. *Vestnik dvigatelestroenija*, 2003, no. 1, pp. 187–191.

10. Shostak, I. V., Osievskij, A. G., Slizovskaja I. A. Intelktualizacija processov tehnologicheskoy podgotovki proizvodstva na osnove tehnologii intellektual'nogo analiza dannyh (data mining) [Intellectualization of processes of technological preparation of manufacture on the basis of technology of the intellectual analysis of the data (data mining)]. *Vestnik nauki i tehniki*, 2004, no. 4 (19), pp. 80–85.

11. Krivcov, V. S., Zajcev, V. E., Shostak, I. V., Topal, A. S., Ustinova, A. N. Problemy sozdaniya intellektual'noj sistemy upravlenija tehnologicheskoy podgotovkoj proizvodstva aviacionnogo predprijatija [The problems of creating an intelligent system for managing the technological preparation of the production of an aviation enterprise]. *Aviacijno-kosmichna tehnika i tehnologia – Aerospace technic and technology*, 2004, no. 5 (13), pp. 5–12.

12. Shostak, I. V., P'jankov, A. V. Osobennosti primeneniya intellektual'noj komponenty v CALS

sistemah [Features of the application of intelligent components in CALS systems]. *Aviacijno-kosmichna tehnika i tehnologia – Aerospace technic and technology*, 2002. vol. 32, pp. 301–306.

13. Shostak, I. V., Basteev, D. A. Primenenie ontologicheskogo predstavlenija znanij v mnogourovnevoj sisteme upravlenija proektami tehnologicheskoy podgotovki proizvodstva [Application of the ontological representation of knowledge in a multi-level project management system for technological preparation of production]. *Otkrytye informacionnye i komp'juternye integrirovannye tehnologii* [Open information and computer integrated technologies] : sb. nauch. tr. / M-vo obrazovanija i nauki Ukrainy, Nac. ajerokosm. un-t im. N. E. Zhukovskogo «Har'kov. aviac. in-t». Kharkov, 2004, vol. 24, pp. 136–147.

14. Vorob'ev Ju. A. Konceptcija sozdaniya tehnologicheskikh sistem sborki transportnyh sredstv s ispol'zovaniem pnevmoimpul'snogo ruchnogo instrumenta [The concept of creating technological systems for assembling vehicles using a pneumopulse hand tool]. *Visnik SevNTU* [Bulletin of the Sevastopol National Technical University]. Serija: Mashinopriladobuduvannja ta transport : zb. nauk. pr. / Sevastop. nac. tehn. un-t ta in. Sevastopol, 2011, vol. 122, pp. 7–9.

Поступила в редакцию 05.09.2017, рассмотрена на редколлегии 14.09.2017

ПРИРОДНА КЛАСИФІКАЦІЯ НОМЕНКЛАТУРИ ТЕХНОЛОГІЙ, ЩО ПЕРЕДБАЧАЮТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РУЧНИХ ІМПУЛЬСНИХ ПРИБОРІВ ПРИ СКЛАДАННІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Ю. А. Воробійов, М. В. Нечипорук, Д. М. Клець

В роботі наведено результати порівняльного аналізу зовнішнього і внутрішнього шляхів прояву системності при аналізі номенклатури технологічних операцій складання конструкцій транспортних засобів із застосуванням ручних імпульсних пристроїв, виходячи з принципів цілісності, системності, ієрархічності і розвитку, які є головними принципами будь-якого різновиду системного підходу. Показано, що відношення «частина – ціле» і «рід – вид» представляють собою гносеологічні різновиди відносини підтримки функціональної здатності цілого. Виділення характерних ознак кожного типу ТО складання ТЗ з використанням РІП показало, що конкретизацією категорії сутності для них є саме зовнішня система (система-клас).

Ключові слова: транспортний засіб, ручний імпульсний пристрій, технологічна операція, таксон, мерон, архетип, таксономія, мерономія.

A NATURAL CLASSIFICATION OF THE NOMENCLATURE OF TECHNOLOGIES THAT PROVIDE FOR THE USE OF HAND-HELD IMPULSE DEVICES IN ASSEMBLING VEHICLES

Ju. A. Vorob'ev, N. V. Netshyporuk, D. M. Klez

The paper presents the results of a comparative analysis of the external and internal ways of systemic manifestation in the analysis of the nomenclature of production operations for assembly of vehicle structures using hand-held impulse devices based on the principles of integrity, systemic, hierarchical and development that are the main principles of any variety of systems approach. A formal basis for justifying the use of hand pulsed devices for performing the corresponding production operations for assembling vehicles has been constructed, taking into account all the relevant factors determining the effectiveness of such application, and also taking into account the

mutual influence of these factors in maintaining the functionality of the whole as the basic principle of systemology. The classification model of production operations of assembly of vehicles is constructed, which satisfies the basic provisions of the theory of natural classification: the unity of the universe, hierarchy and parametrization of the elements of the classification field. Taxonomic and meromial aspects of the classification of production operations of assembly of vehicles using hand-held impulse devices are considered, as well as the principle of their duality. For the formal representation of the entire nomenclature of production operations of assembly of vehicles, the criteria of naturalness, known in the theory of natural classification, were used: hierarchy, monism, system, properties and connectivity. A categorical decision-making model for determining the type of a hand-held impulse device for implementing production operations for assembly of vehicles has been developed. A mechanism has been developed to formulate solutions for the application of a particular type of hand-held impulse device in a particular production operation of assembling a vehicle. It operates on the principle of supporting a known whole, from components, the use of which is most effective in this case. This is a manifestation of the dual nature of the solutions for choosing a hand-held impulse device – functional properties (which meet the user's needs) and supported properties (which is the internal reason for the availability of functional properties). It is shown that the relation "part-whole" and "genus-species" are gnosiological varieties of the relation of support of the functional capacity of the whole. Highlighting the characteristic features of each type of production assembly operations of vehicles using hand-held impulse devices has shown that it is the external system (system-class) that specifies the essence category for them.

Keywords: vehicle, hand-held impulse device, working operation, taxon, meron, archetype, taxonomy, meronomy.

Воробьев Юрий Анатольевич – канд. техн. наук, доц., профессор кафедры автомобилей и транспортной инфраструктуры, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: yuriy.vorobyov@gmail.com.

Нечипорук Николай Васильевич – д-р техн. наук, проф., и.о. ректора, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: prorector_afa@khai.edu

Клец Дмитрий Михайлович – д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой компьютерных технологий и мехатроники, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков, Украина, e-mail: d.m.klets@gmail.com.

Vorob'ev Juri Anatolyevich – Ph.D., Professor of Department of Automobiles and Transport Infrastructure, National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Kharkov, Ukraine, e-mail: yuriy.vorobyov@gmail.com.

Nechyporuk Nikolai Vasilievich – Doctor of Science on Engineering, acting Rector, National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Ukraine, e-mail: prorector_afa@khai.edu.

Klets Dmitry Mikhailovich – Doctor of Science on Engineering, Head of a Chair of Computer Technologies and Mechatronics, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkov, Ukraine, e-mail: d.m.klets@gmail.com.