

УДК.629.01

**ТЕРНЮК Н.Э.**, д.т.н., ГП Институт машин и систем  
**НЕХАЕВ Е.Н.**, асп., ГП Институт машин и систем

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВАРИАТИВНОСТИ И ТРАНСФОРМЕРНОСТИ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ

Розглядаються шляхи, способи та рівні забезпечення варіативності та трансформерності мобільних систем з урахуванням прийнятого методу систематики. На основі розгортання інформації встановлений взаємозв'язок між рівнями варіативності та трансформерності системи й ієрархічним рівнем змінюваних атрибутів мобільних систем.

**Введение.** Мобильные системы, обладающие свойствами гибкости, могут быть адаптивными, способными изменять свои характеристики, за счет изменения параметров и/или структур под влиянием внешних или внутренних факторов. Гибкость может проявляться как вариативность, трансформерность или вариативно-трансформерность.

**Гибкий** – (1) который умело и быстро применяется в разных обстоятельствах; (2) связанный с автоматической переналадкой оборудования соответственно, согласно изменяющимся потребностям производства [1].

**Вариативный** - тот, который может создавать варианты; разновидности; вариантный; **вариативность** - возможность вариаций; возможность варьировать [2]. В **вариативной мобильной системе** происходит изменение параметров.

**Трансформер** – устройство (приспособление), которое может функционально видоизменяться (преобразовываться) [3].

В более широком понимании для мобильной системы: **трансформер** - это многоуровневая структура, обладающая способностью функционального превращения под воздействием внешних и/или внутренних факторов; **трансформерная мобильная система** - обладающая свойствами трансформера. В таких системах происходит изменение структуры системы.

Общим случаем будет **вариативный трансформер** [4]. **Вариативно-трансформерная мобильная система** – система, в которой могут изменяться и структура, и параметры.

Таким образом, изменения, происходящие в выше указанных гибких мобильных системах, определяет их вид (табл.1).

Таблица 1 – Гибкость мобильных систем и их изменения

Вид мобильной системы \ Вид изменяющихся атрибутов	Параметры	Структура
Вариативная	изменяются	-
Трансформерная	-	изменяются
Вариативно- трансформерная	изменяются	изменяются

Вариативность и трансформерность могут обеспечиваться на различных иерархических уровнях системы. Они ограничены возможностями управления различными видами атрибутов [5].

Структурано - параметрические изменения, проводимые в системе для получения требуемых свойств, могут обеспечиваться различными путями. Это обуславливает необходимость выявления их полного множества.

**Анализ последних публикаций.** Теория мобильных систем различного назначения (автомобильных, тракторных, комбайновых, строительных, коммунальных и т.д.) в настоящее время интенсивно развивается. Выполнены частные инженерные разработки по многим направлениям [6,7,8,9].

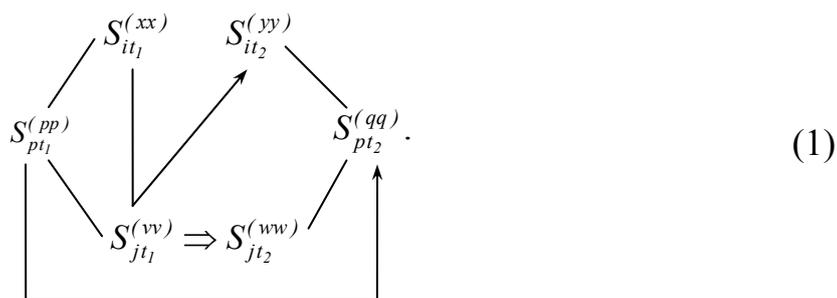
Вместе с тем, до сих пор, отсутствуют публикации об общих закономерностях создания вариативных и трансформерных мобильных систем. Не рассмотрены возможные уровни и пути обеспечения заданных свойств этих систем, хотя для стационарных систем такие публикации имеются [5,10,11,12].

**Целью данного исследования** является выявления структурных особенностей вариативных, трансформерных и вариативно-трансформерных мобильных систем, а также путей и уровней обеспечения их гибкости.

**Основной текст статьи.** Любая сложная система является многоуровневой. В связи с этим вариативность и трансформерность может реализовываться на различных иерархических уровнях.

Для определения путей обеспечения заданных свойств и уровней вариативности и трансформерности мобильных систем используем базовую модель универсального моделирующего блока [12].

Универсальный моделирующий блок, состоящий из находящихся в среде преобразующей и преобразуемой подсистем, для одноэтапного преобразования представим следующим образом [12]:

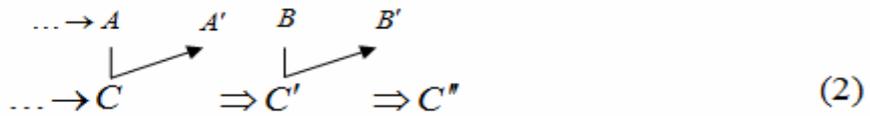


Здесь  $S_{\xi t_m}^{(zz)}$  - подсистема  $S_{\xi}$ ,  $\xi \in \{i, j, p\}$  в момент времени  $t_m$ ,  $m \in \{1, 2, 3 \dots\}$  в состоянии  $zz = \{(xx, vv, pp), (yy, ww, qq)\}$ ;  $xx, vv, pp$  - начальные,  $yy, ww, qq$  - конечные состояния подсистем в моменты времени  $t_1$  и  $t_2$  соответственно. Индексы указывают на принадлежность:  $i$  - к преобразующей,  $j$  - к преобразуемой подсистемам,  $p$  - к среде.

Двойная горизонтальная стрелка отражает целевое преобразование  $j$ -й подсистемы. Тонкие ломаные линии со стрелками – вынужденные преобразования  $i$ -й подсистемы, возникшие вследствие изменения ресурса, а также изменения среды.

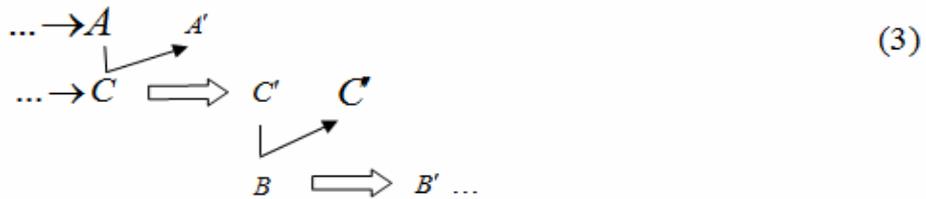
Возможны варианты взаимодействия подсистем при многоэтапном изменении свойств:

Вариант первый, когда на определенную подсистему  $C$  последовательно воздействует несколько подсистем, например подсистема  $A$  и подсистема  $B$ . Подсистема  $A$  переводит подсистему  $C$  в состояние  $C^I$ , а подсистема  $B$  переводит в состояние  $C^{II}$  (происходит изменение ресурса). Затем на систему  $C^I$  воздействует подсистема  $B$ , переходящая в состояние  $C^{II}$ . Согласно (1) это можно представить в виде:



В (2) с целью упрощения не показано влияние среды;

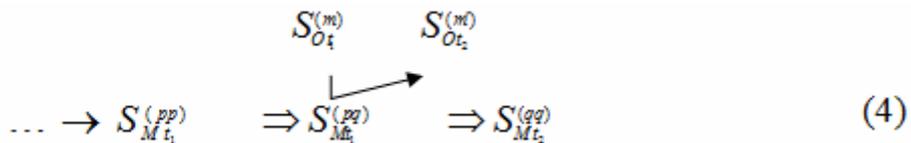
Вариант второй, когда в начале на подсистему  $C$  воздействует подсистема  $A$ , и переводит ее в состояние  $C^I$ . Затем подсистема  $C^I$  начинает воздействовать на подсистему  $B$ , переводя ее в состояние  $B^I$ :



С помощью подсистемы  $C$ , например, можно моделировать работу управляющей подсистемы, которая приводится в рабочее состояние  $C^I$  с помощью подсистемы  $A$  – человека-оператора. Управляющая подсистема  $C^I$ , находящейся в рабочем положении, воздействует на звенья подсистемы  $B$ , приводя ее в требуемое состояние  $B^I$ .

Имея общие модели (1), (2) и (3), можно построить различные варианты структурных моделей воздействий подсистем, используемых впоследствии для описания всевозможных преобразований системы, в частности, можно рассмотреть модели множества возможных путей обеспечения требуемых свойств системы [5].

Первым является путь, соответствующей «жесткой системе» [5]. Такой путь можно описать, используя зависимость (2). При реализации этого пути происходит обеспечение заданных свойств системы без изменения существующей. Изменяются только состояния (рабочее – не рабочее):

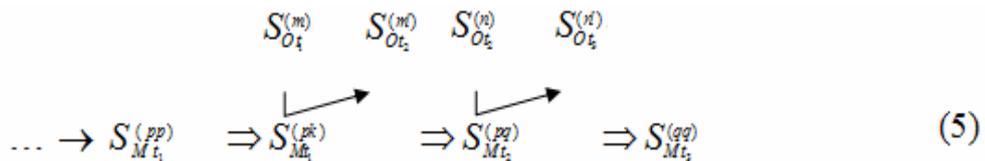


Первоначальное состояние мобильной системы, без воздействия на нее управляющей подсистемы  $S_{O_i}^{(m)}$ , обозначено  $S_{M_i}^{(pp)}$ .

Под воздействием управляющей подсистемы  $S_{O_{t_1}}^{(m)}$  в момент времени  $t_1$  на преобразуемую (мобильную часть) – подсистему  $S_{M_{t_1}}^{(pq)}$  - получаем мобильную систему  $S_{M_{t_2}}^{(qq)}$  в момент времени  $t_2$  в новом состоянии.

Примером таких мобильных систем являются амфибии с постоянно включенным двигателями для перемещения по суше и воде. Данная система имеет нулевой уровень гибкости.

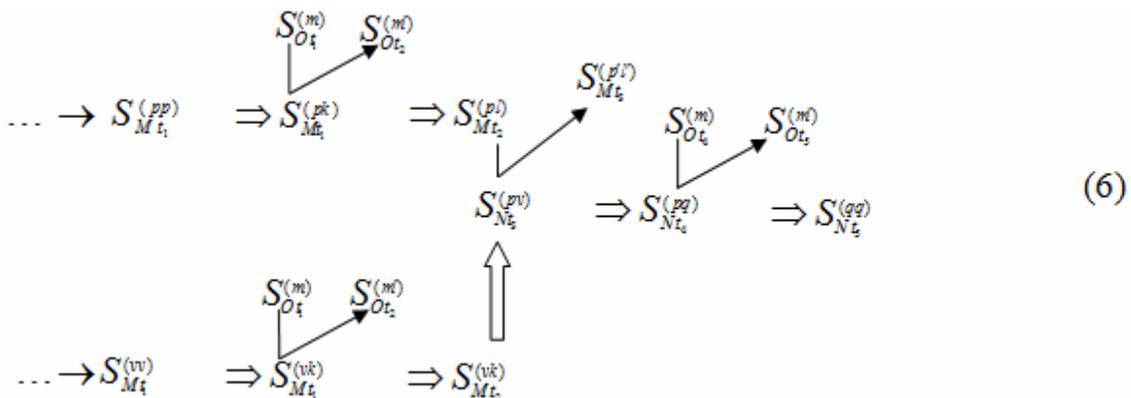
Следующим идет путь обеспечения заданных свойств системы с использованием переналадки [5]. В таких системах меняются или параметры, или структуры подсистем. В первом случае система называется – „гибкая параметрически”. Во втором случае система называется – „гибкая структурно” [5]. Модель таких систем можно представить в следующем виде:



В данной системе добавляется преобразующая подсистема  $S_{O_{t_2}}^{(n)}$ , изменяющая или параметры, или структуры, которая воздействует на преобразуемую подсистему  $S_{M_{t_2}}^{(pq)}$ . Происходит целевое преобразование системы  $S_{M_{t_1}}^{(pp)}$  в систему  $S_{M_{t_3}}^{(qq)}$ .

Этот путь реализуется многими мобильными средствами, например, при включении второго ведущего моста у автомобилей или при переходе из транспортного в рабочее состояние комбайнов и т.д.

Третьим является путь модернизации системы. Путь модернизации, обеспечивающей заданные свойства системы, можно смоделировать зависимостью в следующем виде:



В этом случае к существующей системе добавляются подсистемы. Вместе эти объекты образуют модернизированную систему. Примером, мобильных систем, реализующих такой тип пути, может служить УЭС «Полесье-250» с кормоуборочным, свекло- и зерноуборочными модулями [9], а также экспериментальные мобильные средства МЭС-200, МЭС-300 [8]. Модернизация таких МЭС осуществлялась за счет

включения в их структуру дополнительных технологических или энергетических модулей.

Следующий путь, четвертый, пока технически не реализован. Это путь может обеспечивать заданные свойства созданием новой системы.

Модель обеспечения заданных свойств такой системы можно описать с помощью зависимости:

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & S_{O_t}^{(m)} & S_{O_t}^{(n)} & S_{O_t}^{(m)} & S_{O_t}^{(n)} & \\
 & & \swarrow & \searrow & \swarrow & \searrow & \\
 \dots \rightarrow & S_{M_t}^{(pp)} & \Rightarrow & S_{M_t}^{(pk)} & \Rightarrow & S_{M_t}^{(k)} & \Rightarrow & S_{M_t}^{(j)} & S_{M_t}^{(j)} & S_{M_t}^{(j)} & S_{M_t}^{(j)} & (7) \\
 & & & & & & & \swarrow & \searrow & & & \\
 & & & & & & & S_{N_t}^{(kk)} & \Rightarrow & S_{N_t}^{(kg)} & \Rightarrow & S_{N_t}^{(gg)}
 \end{array}$$

В зависимости (7) подсистемы представляют собой: проектирующую подсистему; подсистему наладки; преобразующую подсистему, модернизирующую подсистему и т.д.

Анализируя изменения структуры системы можно установить взаимосвязь между уровнями гибкости системы и изменяемыми ее атрибутами. Уровни вариативности и трансформерности увеличиваются по мере усложнения системы.

Уровни проявления изменяемых атрибутов вариативных и трансформерных систем представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Уровни изменяемых атрибутов вариативных и трансформерных систем

УРОВЕНЬ ПРОЯВЛЕНИЯ ИЗМЕНЯЕМЫХ АТТРИБУТОВ	ИЗМЕНЯЕМЫЕ АТТРИБУТЫ									УРОВНИ ВАРИАТИВНОСТИ И ТРАНСФОРМЕРНОСТИ
	Элемент детали	Детали	Кинематические узлы	Структурные группы	Механизмы	Система механизмов	Машины	Система машин	Система интегральных машин	
Элем. детали	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Детали	+	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Кинем. узлы	+	+	-	-	-	-	-	-	-	2
Структ. групп.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	3
Механ. измы	+	+	+	+	-	-	-	-	-	4
Сист. механ.	+	+	+	+	+	-	-	-	-	5
Машины	+	+	+	+	+	+	-	-	-	6
Сист. машин	+	+	+	+	+	+	+	-	-	7
Сист. интегр. машин	+	+	+	+	+	+	+	+	-	8

Из таблицы 2 следует, что на каждом иерархическом уровне вариативности и трансформерности мобильной системы изменению подлежат атрибуты системы, расположенные не менее, чем на один уровень ниже, за исключением первого, то есть, существует зависимость:

$$Y_r \geq Y_n + 1, \quad (8)$$

где  $Y_r$  – уровень гибкости;  $Y_n$  уровень иерархии изменяющихся атрибутов.

### Выводы

1. Одним из аспектов систематики мобильной техники есть аспект гибкости. Возможно создание:- вариативной; - трансформерной; - вариативно-трансформерно мобильных систем. 2. Требуемые свойства системы могут обеспечиваться одним из четырех путей: - использование без переналадки; - с переналадкой; - модернизацией; - созданием новой системы. 3. Вариативность и трансформерность в мобильных системах может обеспечиваться за счет изменения подсистем различных иерархических уровней. 4. На каждом иерархическом уровне вариативности и трансформерности системы изменению подлежат атрибуты системы, расположенные не менее чем на один уровень ниже.

Дальнейшее развитие исследований может вести по пути анализа многообразия видов вариативности и трансформерности.

**Список литературы:** 1. Українсько – російський словник наукових термінів. / Уклад. Л.О. Симоненко.- К.; Ірпінь: ВТФ „Перун”, 2004. 2. Великий тлумачний словник сучасної української мови (з дод. і допов.) / Уклад. і голов. Ред. В.Т.Бусел. – К.; Ірпінь: ВТФ „Перун”, 2005. – 1728с. 3. *Осадчий Є.О.* Трансформерні технології побудови машин і механізмів. – К.: Науковий Світ, 2004. – 168 с. 4. *Я. Бурман, Г Бобковський.* Англо-русский научно-технический словарь. – М.: «Джон Уайли Энд Соиз», 1998г., 672с. 5. *Тернюк М.Е., Сорокін В.Ф.* Класифікація рівнів варіативності технологічних систем. / Розвиток наукових досліджень ``2007``: Матеріали третьої міжнародної науково-практичної конференції. - Полтава, 26-28 листопада 2007 р.: Вид-во «ІнтерГрафіка», 2007. – Т.6. – 118 С. 6. *Артоболовський І.І.* Теорія механізмів і машин. – М.: Наука. 1975 – 640с. 7. *Заїка П.М.* Теорія сільськогосподарських машин / в 2-х томах, 6 кн. - Харків: Око, 2001 - 2003. 8. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві. // Навч. Посібник / *В.Т.Надикто, М.Л.Крижачківський, В.М.Кюрчев, С.Л.Абдула.* – 2006. – 337с., іл. 9. *Погорельий Л., Коваль С., Шуринов В., Саенко В.* Модульно-блочные транспортные машины нового поколения. Развитие конструкций и концепция разработки универсальных энергосредств и комплексов машин. // Техніка АПК. Науково-технічний журнал. – 1999. - №1. – С.6 – 10. 10. *Тернюк Н.Э., Пилецкий В.Г., Сорокін В.Ф. и др.* Уровни и способы обеспечения вариативности технических систем // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. - Донецьк: Дон НТУ. - 2008.-Вип.35. С.229 - 234 . 11. *Тернюк Н.Э.* Основы комплексной оптимизации технологических систем для производства зубчатых колес. Дисс. докт. техн. наук. Харьков. 1983. 437 С. 12. *Беловол А.В., Кордюк В.А., Тернюк Н.Э., Хунг Ф.В.* Общие структурные модели машиностроительных технологических систем // Вісник національного технічного університету „ХПІ”. – 2005. – №23. – С.17 – 24.