

*УДК 631.363:636.085*

## **МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБКОГО СРЕДСТВА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ КОРМОВ**

*Вольвак С.Ф*

*Уманский национальный университет садоводства*

*Розглянутий морфологічний метод пошуку технічних рішень для вибору напрямків створення перспективної гнучкої універсальної малогабаритної кормоприготувальної техніки.*

*Considered the morphological method of finding technical solutions for the choice of directions to create perspective a flexible universal compact promising technique for the preparation of food.*

### ***Постановка проблеми***

В настоящее время в практике проектирования технических систем преобладает субъективный, эмпирический подход, что снижает эффективность технических систем вследствие сужения области поиска возможных решений. Поэтому особо актуальной является проблема исследования процессов объективной, формальной структуризации технических систем на основе морфологических методов [1].

Используя современные модификации морфологических методов и, прежде всего метод морфологического анализа и синтеза [2], можно достаточно надежно осуществлять целенаправленный поиск технических решений (ТР) [3].

### ***Анализ последних исследований и достижений***

Морфологический анализ состоит в разностороннем рассмотрении технической системы и многоаспектном описании множества возможных ее решений, т.е. классифицировании этого множества в выбранном пространстве существенных признаков.

Многоаспектное описание технической системы есть построение множества ее моделей, каждая из которых может отображать одну из сторон ее функционирования, этап ее жизненного цикла, взаимодействие этой системы с ее средой и т.д. Образно говоря, модели по аналогии с используемым в техническом черчении понятием «сечение фигуры плоскостью» есть различные сечения исследуемой системы, каждое из которых осуществляется с помощью своей смысловой плоскости. Такими моделями, например, для машин и механизмов служат структурные и функциональные модели, кинематические схемы, сборочные чертежи, эскизы и т.д. [3].

Морфологический синтез состоит в выборе из множества возможных вариантов решений и оценки их соответствия выдвигаемым требованиям к искомой технической системе, т.е. условиям задачи.

Морфологическому подходу к решению задачи присущи направленность и надежность при условии реализации морфологического анализа корректно (корректное многоаспектное продуктивное классифицирование), а морфологического синтеза – с использованием его наиболее эффективных методов. Для морфологических методов в то же время характерна

большая трудоемкость. Преодолеть этот недостаток можно путем автоматизации поиска технических решений на базе этих методов [3].

Продукт морфологического анализа – морфологическое множество (ММ) решений, т.е. описание всех потенциально возможных (мыслимых) решений данной задачи. ММ решений может быть представлено в виде морфологической таблицы (МТ) или дерева (МД) – вспомогательного инструмента для последующего поиска решений задачи, т.е. вместилища, поля всех возможных ее решений, на котором осуществляется отбор наиболее перспективных, принципиально новых решений, отличающихся от известных по тем или иным показателям. Процедуры морфологического подхода базируются преимущественно на комбинаторном принципе поиска решений и позволяют целенаправленно, планомерно закладывать в ММ решений огромное число ТР-аналогов существующих технических систем, часто очень далеких.

Морфологическая таблица – это классификационная таблица, каждая строка которой представляет собой классификацию множества исследуемых технических систем (ТС) по какому-либо существенному признаку. Огромное число содержащихся в такой МТ вариантов описания ТС исследуемого класса – это новые, порой принципиально новые – пионерские ТР, но многие из них не представляют практического интереса. Избыточность МТ – это достоинство и недостаток морфологического классифицирования, так как позволяет извлекать большое число ценных ТР из одной таблицы, но и замедляет поиск ТР, соответствующего условиям конкретной задачи.

В процессе морфологического синтеза из множества новых ТР, содержащихся в МТ, отбираются лучшие с точки зрения условий задачи и, значит, решается оптимизационная задача в ее общей постановке. Во многих случаях искомое решение может быть не единственным, так как условия задачи могут быть неоднозначными или нечеткими, а модели предполагаемой среды функционирования проектируемых ТС часто имеют стохастическую природу.

Наиболее эффективные методы морфологического синтеза, позволяющие решать эту сложную и трудоемкую задачу в сжатые сроки: 1) специальным образом организованный отсев «нежизнеспособных» (плохо или совсем не функционирующих) вариантов; 2) «зондирование» морфологических множеств, т. е. извлечение из ММ отдельных порций вариантов и оценка вариантов именно в этих порциях; 3) управляемое продвижение по предварительно построенному ММ от прототипа к искомому варианту. С помощью определенных сочетаний этих методов удается сократить число оцениваемых вариантов порой на несколько десятков порядков [3].

Для любого метода исследования имеют место ограничения, прежде всего, по объекту исследования, а также по уровню сложности задачи, которая может быть решена этим методом. Морфологический метод решения задач на современной стадии своего развития является универсальным в отношении применимости для исследования, прогнозирования и проектирования объектов любой природы. Но он может быть использован для решения задачи или проблемы любой сложности только на качественном уровне, т.е. для получения решения в общем виде, в виде идеи решения. И чем сложнее задача, тем в более общем виде может быть получено ее решение. Качественное решение задачи или проблемы – это наиболее ценный результат, поскольку доведение плодотворной идеи до рабочих чертежей и расчетов ТС – уже «дело техники».

Для получения готовой работоспособной ТС в полном соответствии с техническим заданием необходимо объединить возможности морфологического метода, используемого для получения искомого ТР на качественном уровне, с методами, уточняющими, конкретизирующими это качественное решение, и методами, верифицирующими функциональную пригодность ТС, соответствующей этому ТР, и полноту соответствия ТР техническому заданию. Например, технические решения, получаемые в виде классификационного описания технической системы, нуждаются в детальной конструкторской проработке, модельных, стендовых, лабораторных испытаниях, эксплуатационной проверке опытных образцов [3].

В различных литературных источниках приводятся описания нескольких десятков методов поиска новых идей и решений, в том числе применительно к использованию в процессе проведения функционально-стоимостного анализа (ФСА). Практически во всех книгах по ФСА описывается применение четырех-пяти основных методов – таких, например, как мозговой штурм, морфологический анализ, ТРИЗ, синектика и т.д. [4, 5, 6].

Особое место в решении как простейших задач по созданию и совершенствованию отдельных деталей, так и более сложных – задач, затрагивающих весь объект, его отдельные узлы и агрегаты, может занимать метод морфологического анализа технических систем [3]. Это обусловлено тем, что при исследовании сложных объектов число сформулированных задач может достигать нескольких десятков. По каждой из задач (как простейших, так и более сложных) может быть найдено (и как правило, находится) несколько различных решений. В результате возникает совокупность возможных реализаций исследуемого объекта, которая может насчитывать десятки и сотни тысяч различных сочетаний частных решений. Так, если для десяти сформулированных задач найдено по три возможных решения, общее число возможных способов реализации объекта достигает  $3^{10}$ , т.е. почти шестидесяти тысяч. Поиск единственного варианта, наиболее целесообразного к внедрению в каждом конкретном случае, может проводиться с использованием аппарата морфологического анализа [4].

Применительно к биотехнологическим системам в животноводстве (БТхС) развитие представлений о методах их анализа и синтеза способствует усилению научного поиска и разработке новых высокоэффективных технологий индустриального типа, а также технических средств для достижения желаемых технологических, экологических и экономических показателей машинного производства животноводческой продукции [7].

В частности, морфологическое исследование БТхС в животноводстве позволяет повысить эффективность ее функционирования и определить пути совершенствования производственных и технологических процессов, технологий, технических средств и организации работ с возможностью управления конкретной производственной ситуацией [8].

### *Цели статьи*

Общая формулировка морфологического исследования гибкого средства по переработке кормов - универсального малогабаритного кормоприготовительного агрегата - может быть представлена в следующем виде: провести морфологическое исследование гибкого средства по переработке кормов для выбора его рациональной конструктивно-технологической схемы. Основными критериями выбора являются качество измельчения

кормов, энергоёмкость процесса, простота конструкции, техническая и технологическая надёжность, гибкость [9].

С учетом правил формулировки цели при проведении ФСА целью проведения морфологического исследования является создание перспективной гибкой универсальной малогабаритной кормоприготовительной техники, обеспечивающей высокое качество готового продукта и снижение энергоёмкости процесса измельчения кормов.

### *Изложение основного материала исследования*

При разработке гибкого средства по переработке кормов наиболее целесообразен модульный принцип конструирования с созданием отдельных быстроперенастраиваемых сменных модулей для выполнения или генерации целесообразных технологических процессов с минимизацией времени на их переналадку. При этом на ограниченной модульной основе можно получить большое количество конструктивно-технологических схем устройств. Определение из этого числа рациональной схемы устройства представляет собой сложную и весьма трудоёмкую задачу [10].

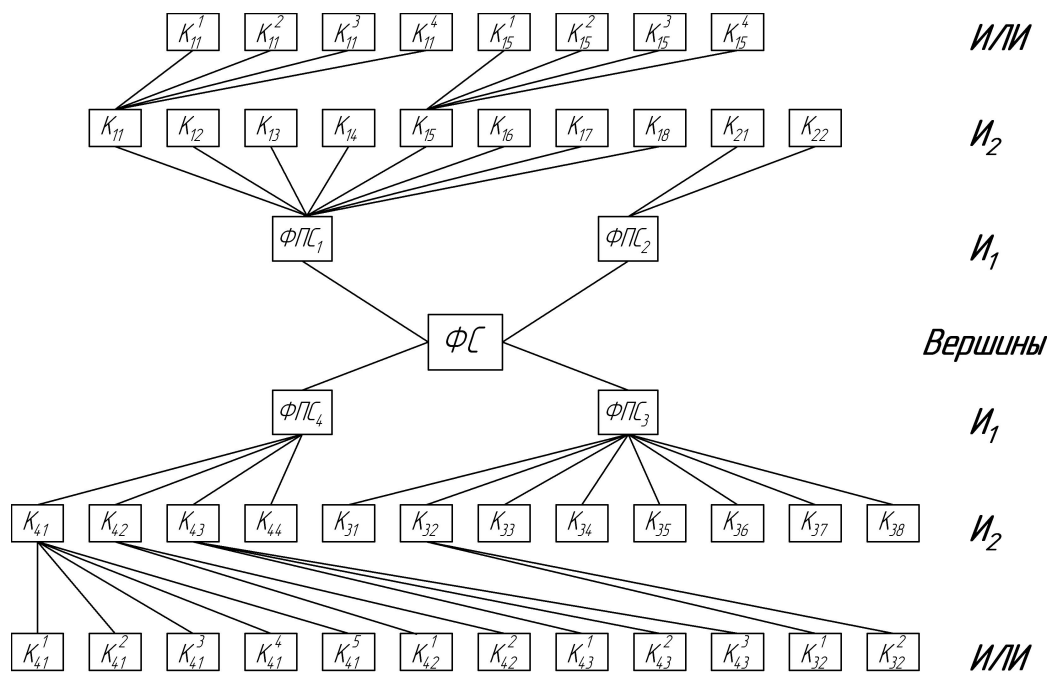
Морфологическое исследование (МИ) гибкого средства по переработке кормов, или решение задачи морфологическим методом (ММРЗ), можно осуществить как совокупность морфологического анализа и морфологического синтеза, хотя в некоторых случаях можно ограничиться морфологическим анализом, если стоит задача организации информационного массива, построения классификации изучаемых объектов [3].

Поскольку классификация систем – это один из методов их анализа, при котором изучаемое множество систем расчленяется на подмножества по правилам деления объема понятия, то за многоаспектной классификацией систем, осуществляемой при построении морфологической таблицы или морфологического дерева, сохраняется термин «морфологический анализ». Хотя классифицирование – отнюдь не единственный способ морфологического анализа [3].

В любых правильно построенных (в строгом соответствии с процедурой морфологического анализа) морфологических таблицах или морфологических деревьях должны содержаться как все функционировавшие, функционирующие и запатентованные, но нереализованные функциональные системы (ФС) исследуемого класса, так и мыслимые (допустимые, недопустимые же отбрасываются) ФС этого класса, т.е. такие системы, возможность создания которых не запрещается известными законами [3].

Таким образом, исходя из требований существенной новизны создаваемого объекта - гибкого средства по переработке кормов, для разработки новых технических идей и решений целесообразнее всего использовать морфологический анализ.

В результате изучения информационных материалов о существовавших, существующих и допустимых мыслимых функциональных системах ММ исследуемого класса были установлены основные классификационные признаки – функционально-значимые общие свойства ФС из данного ММ, а также и функциональных подсистем (ФПС), которые являются частью ФС и предназначены для реализации одной из ее подфункций. На основании установленных значений основных классификационных признаков ФС была произведена классификация данного ММ и построено морфологическое дерево гибких средств по переработке кормов (рис. 1).



**Рис. 1. Морфологическое дерево гибких средств по переработке кормов:**  
 **$I_1$ -вершины** – подсистемы исследуемой **ФС**, их сумма дает корневую вершину МД, т.е. исходную **ФС**;  **$I_2$ -вершины** – существенные признаки  $K_i$ , их объединение образует пространство признаков, в котором рассматриваются исследуемые системы; **ИЛИ-вершины** – значения соответствующих признаков; **ФПС<sub>1</sub>** – технологические процессы по приготовлению кормов;  $K_{11}$  – измельчение стебельчатых кормов:  $K_{11}^1$  – травы,  $K_{11}^2$  – соломы,  $K_{11}^3$  – сена,  $K_{11}^4$  – стеблей кукурузы и т.п.;  $K_{12}$  – измельчение зерна на фуражные цели;  $K_{13}$  – измельчение кукурузных початков;  $K_{14}$  – лушение кукурузных початков;  $K_{15}$  – измельчение корнеклубнеплодов, овощей и фруктов:  $K_{15}^1$  – свеклы,  $K_{15}^2$  – картофеля,  $K_{15}^3$  – тыквы,  $K_{15}^4$  – кабачков,  $K_{15}^5$  – яблок и т.п.;  $K_{16}$  – приготовление комбикормов;  $K_{17}$  – одновременное измельчение и смешивание различных кормов;  $K_{18}$  – смешивание уже измельченных кормов; **ФПС<sub>2</sub>** – технологические процессы по использованию кормов;  $K_{21}$  – обработка кормов химреагентами (щелочью и др.) для повышения питательности и переваримости;  $K_{22}$  – использование кормов в качестве подстилки; **ФПС<sub>3</sub>** – технологические процессы дополнительные;  $K_{31}$  – дробление пищевых отходов;  $K_{32}$  – выжимание сока:  $K_{32}^1$  – из овощей,  $K_{32}^2$  – из фруктов;  $K_{33}$  – сушка сена за счет активного вентилирования его атмосферным воздухом;  $K_{34}$  – вентилирование различных помещений;  $K_{35}$  – перевозка различных грузов;  $K_{36}$  – распиловка древесины;  $K_{37}$  – фугование древесины;  $K_{38}$  – заточка инструмента и др.; **ФПС<sub>4</sub>** – виды привода в действие рабочих органов;  $K_{41}$  – от электродвигателя с различной номинальной мощностью:  $K_{41}^1$  – 1,1 кВт,  $K_{41}^2$  – 1,5 кВт,  $K_{41}^3$  – 2,2 кВт,  $K_{41}^4$  – 3,0 кВт,  $K_{41}^5$  – 4,0 кВт;  $K_{42}$  – от электродвигателя с различным номинальным напряжением сети:  $K_{42}^1$  – 220 В,  $K_{42}^2$  – 380 В;  $K_{43}$  – от электродвигателя с различной синхронной частотой вращения вала:  $K_{43}^1$  – 1000 мин<sup>-1</sup>,  $K_{43}^2$  – 1500 мин<sup>-1</sup>,  $K_{43}^3$  – 3000 мин<sup>-1</sup>;  $K_{44}$  – от вала отбора мощности трактора.

Если в качестве существенных классификационных признаков  $K_i$  (см. рис. 1) выступают не только свойства ФПС, но и отношения между ФПС и свойствами этих отношений, то МД разрастается в морфологическую сеть [3].

Построенное морфологическое дерево содержит огромное количество различных вариантов конструктивного исполнения гибкого средства по переработке кормов, из которых должен быть выбран окончательный вариант для детальной проработки. Выбор окончательного варианта может проводиться как простым перебором возможных решений, так и ограничениями, состоящими в исключении несовместимых вариантов выполнения различных функций. Общим правилом при проведении ФСА является поиск не одного, а нескольких различных вариантов исполнения объекта. Окончательный выбор проводится после сравнительной оценки предложенных вариантов, причем методика оценки во многом зависит от характера объекта и формы проводимого анализа. Выбранный в результате окончательной оценки единственный вариант объекта подвергается детальной проработке и рекомендуется к внедрению [4].

Но в нашем случае гибкое средство по переработке кормов должно иметь такую конструктивно-технологическую схему, которая бы обеспечивала генерирование основных технологических процессов по приготовлению и использованию кормов, дополнительных технологических процессов, различные виды привода в действие рабочих органов, а также использование в стационарном или передвижном варианте.

Поэтому целесообразно принять за основу конструктивно-технологическую схему гибкого средства по переработке кормов с модульным принципом построения, в которой максимально были бы реализованы установленные значения классификационных признаков ФС (см. рис. 1) в виде отдельных сменных или быстро перестраиваемых рабочих подмодулей, что позволит повысить производительность за счет минимизации времени на их переналадку и снизить энергоемкость процесса измельчения кормов при обеспечении высокого качества готового продукта. Однако в дальнейшем целесообразно провести морфологический анализ его измельчающего аппарата с последующим уточнением установленных предпосылок.

### **Выводы**

1. Проведенное морфологическое исследование позволяет выбрать направления создания перспективной гибкой универсальной малогабаритной кормоприготовительной техники с модульным принципом построения, обеспечивающей высокое качество готового продукта и снижение энергоемкости процесса измельчения кормов.
2. В дальнейшем целесообразно провести морфологический анализ измельчающего аппарата гибкого средства по переработке кормов с последующим уточнением установленных предпосылок.

### **Литература**

1. *Моделирование гибких производственных систем* / О.М. Калинин, С.Л. Ямпольский, Л.В. Песков. – К.: Техника, 1991. – 180 с.
2. *Одрин В.М. Морфологический анализ систем. Построение морфологических систем* / В.М. Одрин, С.С. Картавов. – Киев: Наук. думка, 1977. – 148 с.
3. *Одрин В.М. Метод морфологического анализа технических систем* / В.М. Одрин. – М.: ВНИИПИ, 1989. – 312 с.

4. Карпунин М.Г. Функционально-стоимостный анализ в инженерной деятельности / М.Г. Карпунин, А.М. Кузьмин, С.В. Шалденков. – М.: Информэлектро, 1990. – 77 с.
5. Методы поиска новых технических решений / Под ред. А.И. Половинкина. – Йошкар-Ола: Марийское книжное издательство, 1976. – 192 с.
6. Моисеева Н.К. Основы теории и практики функционально-стоимостного анализа: Учеб. пособие для техн. спец. вузов / Н.К. Моисеева, М.Г. Карпунин. – М.: Высш. шк., 1988. – 192 с.
7. Вольвак С.Ф. Анализ биотехнологических систем в животноводстве / С.Ф. Вольвак // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: ЛНАУ, 2010. – № 20. – С. 56–62.
8. Вольвак С.Ф. Морфологическое исследование биотехнологических систем в животноводстве / С.Ф. Вольвак // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка / Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій у тваринництві. Випуск 108. – Харків: ХНТУСГ, 2011. – С. 289–298.
9. Вольвак С.Ф. Построение расчетной модели функционирования гибкой системы для приготовления кормов / С.Ф. Вольвак // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2003. – № 31 (43). – С. 95–100.
10. Вольвак С.Ф. Анализ гибкости малогабаритной кормоприготовительной техники / С.Ф. Вольвак // Збірник наукових праць Луганського державного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: ЛДАУ, 2001. – № 10 (22). – С. 51–55.