

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЬНОГО ПРИНЦИПА НА БАЗЕ ОНТОЛОГИИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Е.В. ПОЛЕТАЕВА, канд. техн. наук, И.В. ГОРЛОВ, д-р техн. наук

Тверской государственный технический университет
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22, e-mail: epolet2010@mail.ru

© Полетаева Е.В., Горлов И.В., 2024

В статье отмечено, что внедрение модульного принципа в машиностроении является одним из основных условий автоматизации производственных систем и процессов. Рассмотрено модульное представление объекта обработки на базе структурного построения детали и технологического процесса. В рамках онтологии предметной области машиностроения модули детали представлены как концептуальные объекты терминологической системы. Исследованы основные структурные элементы детали и связи между ними, составляющие модель объекта обработки. Приведен пример реализации модульного принципа при построении детали типа тела вращения.

Ключевые слова: машиностроение, автоматизация проектирования, технологическая подготовка производства, онтология, структурное моделирование, модульный принцип, базы знаний.

DOI: 10.46573/2658-5030-2024-4-96-103

ВВЕДЕНИЕ

В условиях многономенклатурного производства для минимизации издержек и сокращения сроков изготовления изделий машиностроения применяют современные средства типизации и унификации объектов производства, технологических процессов, станочного оборудования и оснастки. Одним из таких средств является модульная технология, позволяющая свести к минимуму разнообразие технологических процессов и его элементов, внедрить поточную организацию изготовления деталей в условиях мелкосерийного и даже единичного производства на основе типизации и группового подхода. Модульный принцип построения технологической системы способствует созданию автоматизированной системы, содержащей формализованное представление элементов и структурных связей, обеспечивающих автоматизацию конструкторских и технологических расчетов. Метод модульной технологии основан на представлении процесса изготовления деталей в виде совокупности унифицированных технологических решений (технологических модулей), каждое из которых обеспечивает получение определенного конструктивного элемента детали (конструктивного модуля с установленными параметрами) [1, 2]. Это современный тип технологии, базирующийся на представлении детали совокупностью модулей поверхностей (МП) и построении технологического процесса деталей из модулей технологического процесса (МТИ), являющихся законченными частями процесса по изготовлению МП. Несмотря на то что модульный принцип построения объекта обработки хорошо известен, его применение не получило широкого распространения в конструкторско-технологической подготовке производства из-за сложности стыковки конструкторской и технологической моделей деталей. Модульное проектирование в

рамках онтологии автоматизированной системы проектирования технологических процессов (далее – онтологии) устраняет эту проблему.

ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ МОДЕЛИ ДЕТАЛИ

В основу модульной технологии в машиностроении положено модульное представление объекта обработки – детали. Структурная модель детали является системой модулей – поверхностей, обрабатываемых за один установ и обладающих определенными параметрами. Все модули разделяются в зависимости от служебного назначения (рабочие, базирующие и связующие). Каждый модуль при этом представляет собой систему поверхностей, имеющих конструктивно-геометрическое оформление (рис. 1).

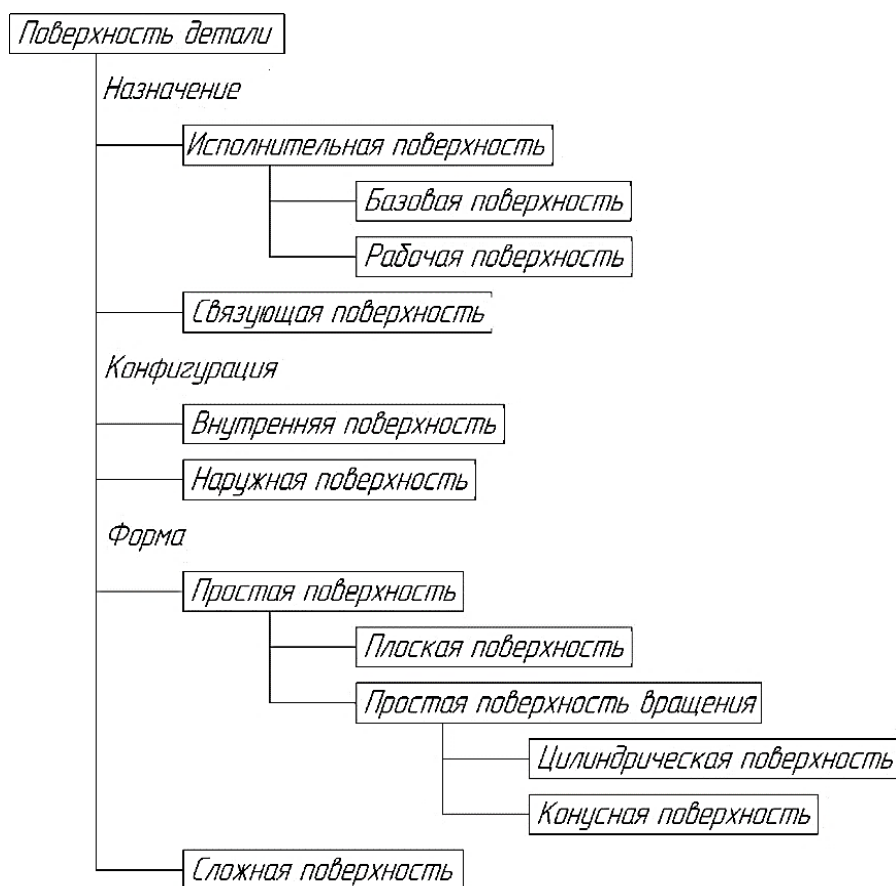


Рис. 1. Фрагмент информационной системы, содержащий связи модуль – поверхность детали

Основой онтологии является терминологическая система, представляющая собой графовую структуру с вершинами, обозначающими вещественные объекты, процессы, свойства, и связи между ними [3, 4]. Формализуется она в виде системы отношений реляционной базы данных [5]. В онтологии деталь может быть отражена как система модулей, а каждый модуль – как система поверхностей. Вся номенклатура деталей представляется в виде графа, а деталь – в виде подграфа этого графа. Здесь модули выступают как концепты [6].

Для примера рассмотрим деталь типа *стакан* (рис. 2). Назовем ее *Стакан01*. Пронумеруем поверхности детали и, согласно классификации поверхностей, терминологически обозначим их (рис. 3).

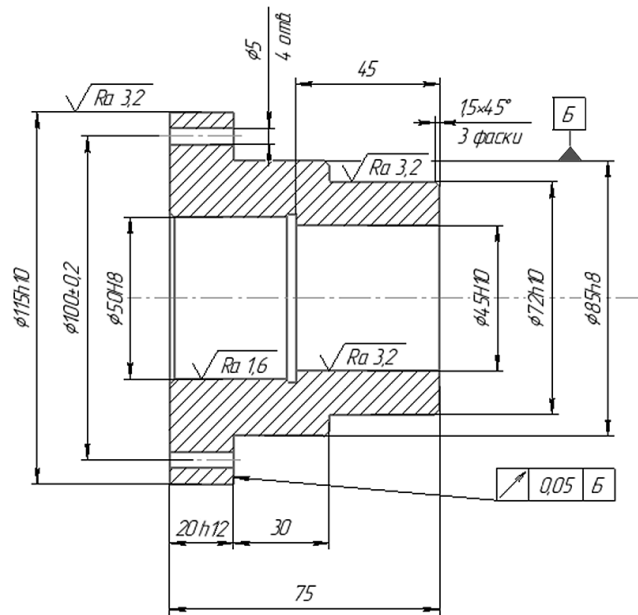


Рис. 2. Эскиз детали *Стакан01*

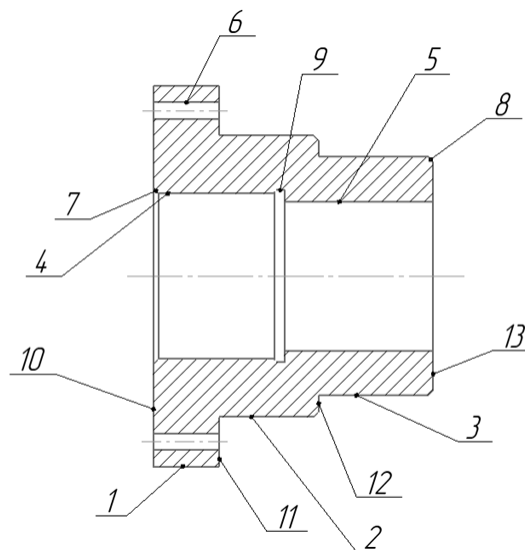


Рис. 3. Нумерация поверхностей детали *Стакан01*:

- 1 – цилиндрическая связующая наружная поверхность;
- 2 – цилиндрическая базирующая наружная поверхность;
- 3 – цилиндрическая связующая наружная поверхность;
- 4 – цилиндрическая рабочая внутренняя поверхность;
- 5 – цилиндрическая связующая внутренняя поверхность;
- 6 – цилиндрическая рабочая внутренняя поверхность;
- 7 – цилиндрическая связующая внутренняя поверхность;
- 8 – цилиндрическая связующая наружная поверхность;
- 9 – сложная связующая внутренняя поверхность;
- 10 – плоская связующая наружная поверхность;
- 11 – плоская базирующая наружная поверхность;
- 12 – плоская связующая наружная поверхность;
- 13 – плоская связующая наружная поверхность

Для каждой обрабатываемой поверхности имеется типовой маршрут обработки (таблица).

Маршрут обработки
некоторых поверхностей детали *Стакан01*

Номер поверхности	Размер	Квалитет (IT)	Шероховатость (Ra), мкм	Маршрут обработки
2 (баз.)	$\varnothing 85h8$	8	1,6	1. Черновое точение 2. Полуточистовое точение 3. Чистовое точение 4. Предварительное шлифование
6 (раб.)	$\varnothing 5H14$	14	10	Сверление
11 (баз.)	$20h12$	12	3,2	1. Черновое точение 2. Полуточистовое точение

СОЗДАНИЕ СТРУКТУРНОЙ МОДЕЛИ ДЕТАЛИ

Структурная модель детали реализуется в открытой среде разработки программного обеспечения, предоставляющей возможность кроссплатформенной разработки приложений в Delphi-подобном окружении (рис. 4). Интерфейс системы содержит несколько вкладок, позволяющих осуществлять ввод, вывод, модификацию, удаление терминов и связей между ними, основными из которых являются *род – вид*, *система – элемент*.

В информационной системе работа по созданию структурной модели детали состоит из нескольких шагов:

1. Добавления нового термина *Стакан01* в подсистему вещественных объектов.
2. Добавления терминов, обозначающих модули (рис. 5а).
3. Добавления терминов, означающих поверхности стакана, и модулей (рис. 5б).
4. Распределения поверхностей по модулям (МБ – модуль базирования, РМ – рабочий модуль, СМ – связующий модуль).

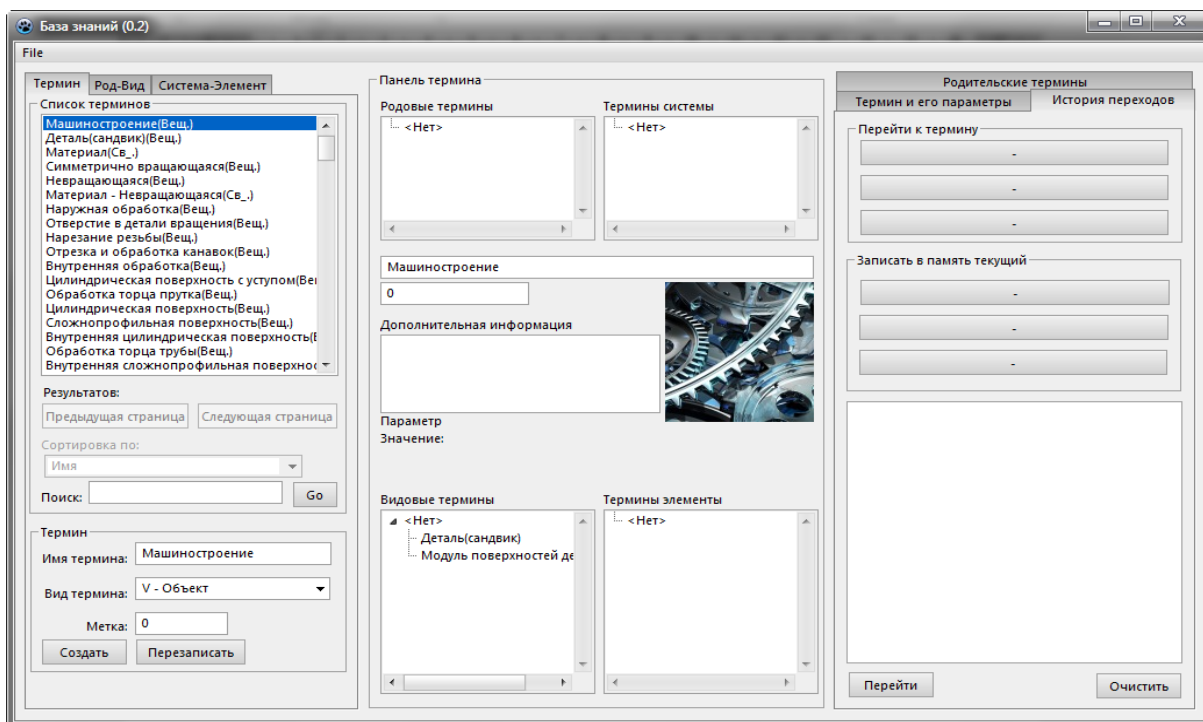


Рис. 4. Интерфейс информационной системы

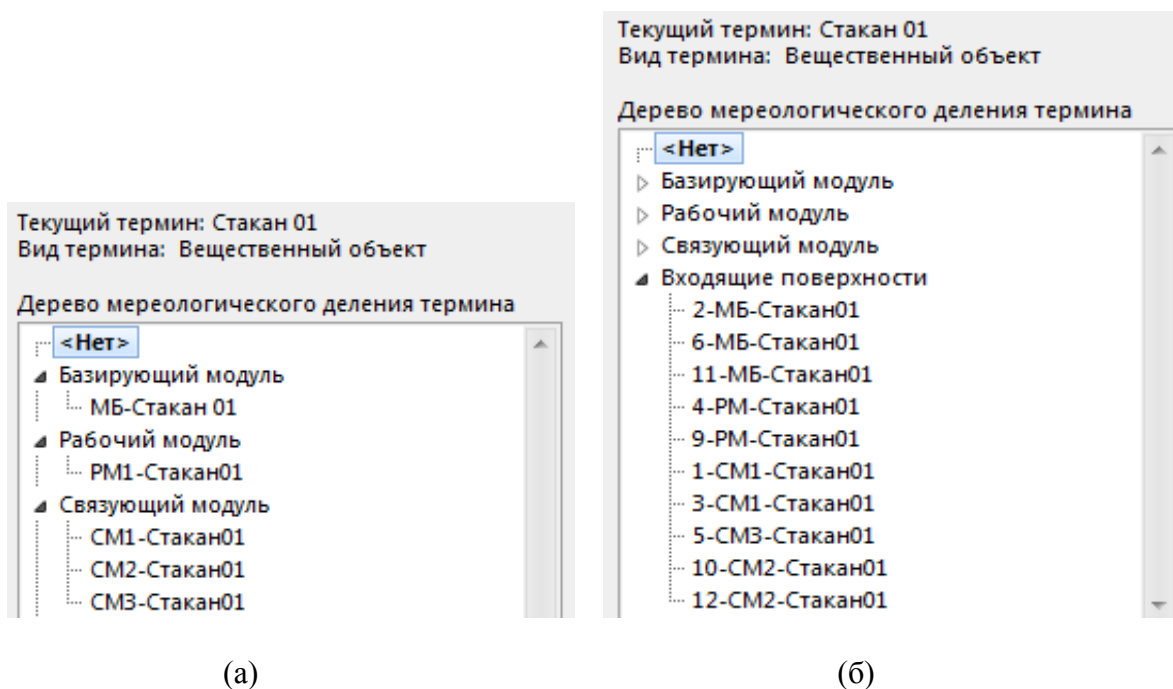


Рис. 5. Окна ввода дерева терминов (а); поверхностей и модулей (б)

В результате модуль детали связан как с деталью, так и с деревом модулей. Рассмотрим поверхность 2 (см. рис. 3) и ее связи на рис. 6.

Поверхность 2-МБ входит в состав базирующего модуля детали *Стакан01* и сама является частью детали, в то время как термин *Базирующий модуль МБ-Стакан01* является видовым термином для термина *Две плоскости и наружная цилиндрическая поверхность* и элементом детали *Стакан01*, термины поверхностей *2-МБ-Стакан01*, *6-МБ-Стакан01*, *11-МБ-Стакан01* являются элементами термина *МБ-Стакан01* (рис. 7).

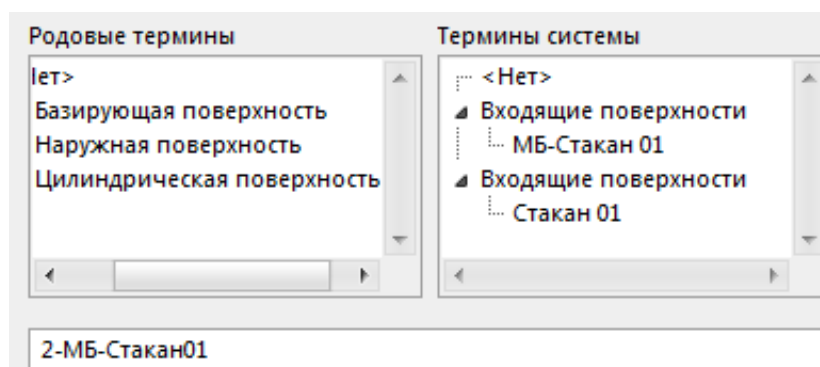


Рис. 6. Связи термина поверхности 2 (см. рис. 3)

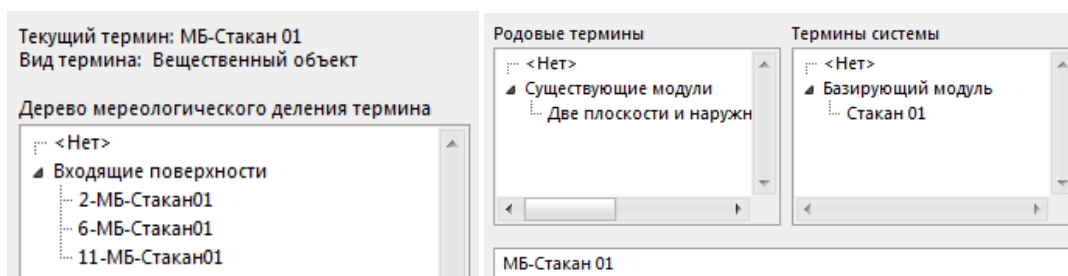


Рис. 7. Связи термина *МБ-Стакан01*

Подготовка к автоматизированному проектированию технологии изготовления детали заключается в том, что после создания полной семантической сети детали (структурной модели детали), классифицировав каждую поверхность, необходимо заполнить базу терминами-свойствами, которые будут содержать определенную технологию (маршрут обработки – технологический модуль) в соответствии с классификацией поверхности.

Для примера создадим технологию для обработки базирующей наружной цилиндрической поверхности. С этой целью введем термин-свойство *БНЦ-т*. Аббревиатура, содержащаяся в названии, обозначает принадлежность термина. После ввода записи перейдем к термину поверхности *2-МБ-Стакан01* и на вкладке *Термин и его параметры* нажмем кнопку *Импорт свойств (параметров) по связям* (рис. 8). В результате в окне *Дополнительная информация* получим маршрут обработки данной поверхности. Аналогично можно получить маршруты обработки на другие модули с такими же параметрами.

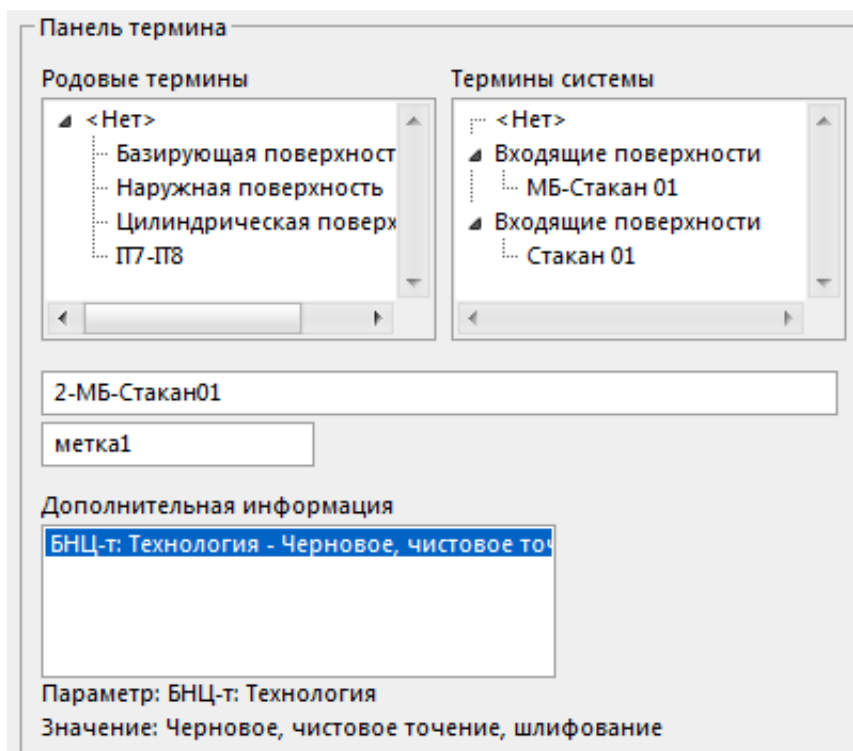


Рис. 8. Результат создания базы знаний

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Модульная технология, основанная на технологической и конструкторской унификации, способствует типизации как объектов обработки, так и технологических процессов и технологического оснащения. Встроенная в онтологию предметной области машиностроения, она объединяет в себе преимущества единичного, типового и группового технологических процессов, что позволяет сокращать трудоемкость технологической подготовки производства за счет построения технологического процесса, учитывающего специфику детали, дает возможность группировать детали в партии по общности содержащихся в них модулей. Реализация концепции модульности в построении элементов производственной системы сокращает сроки подготовки производства (конструкторской и технологической) новых изделий, повышает мобильность и адаптивность технологии в условиях многономенклатурного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базров Б.М. Модульная технология в машиностроении. М.: Машиностроение. 2001. 368 с.
2. Мартыненко О.В. Применение модульного принципа в конструкторско-технологической подготовке производства // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 12-4. С. 605–608.
3. Полетаева Е.В. Построение информационной системы машиностроительного производства на базе предметной онтологии: монография. Тверь: ТвГТУ. 2015. 196 с.
4. Норенков И.П. Интеллектуальные технологии на базе онтологий // *Информационные технологии*. 2010. № 1. С. 17–23.

5. Полетаева Е.В., Горлов И.В. Реализация обработчика онтологии предметной области машиностроения // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2023. № 4 (20). С. 76–83.

6. Полетаева Е.В., Галанцев А.О. Использование модульного принципа в технологическом проектировании в условиях многономенклатурного производства // *Вестник Тверского государственного технического университета*. 2018. № 1 (33). С. 57–60.

Для цитирования: Полетаева Е.В., Горлов И.В. Реализация модульного принципа на базе онтологии предметной области машиностроения // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2024. № 4 (24). С. 96–103.

IMPLEMENTATION OF MODULAR PRINCIPLE BASED ON ONTOLOGY OF SUBJECT AREA OF MECHANICAL ENGINEERING

E.V. POLETAEVA, Cand. Sc., I.V. GORLOV, Dr. Sc.

Tver State Technical University
22, Af. Nikitin emb., 170026, Tver, e-mail: epolet2010@mail.ru

The article notes that the introduction of the modular principle in mechanical engineering is one of the main conditions for the automation of production systems and processes. The modular representation of the processing object on the basis of the structural design of the part and technological process is considered. Within the framework of the ontology of the subject area of mechanical engineering the modules of the part are presented as conceptual objects of the terminological system. The main structural elements of the part and the relations between them, which constitute the model of the machining object, are investigated. An example of realization of the modular principle in the construction of the part of the body of rotation type is given.

Keywords: mechanical engineering, design automation, technological preparation of production, ontology, structural modeling, modular principle, knowledge bases.

Поступила в редакцию/received: 19.08.2024; после рецензирования/revised: 17.09.2024;
принята/accepted: 04.10.2024