



Балтийский  
федеральный университет  
имени Иммануила Канта

# ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ



<https://www.kantiana.ru>



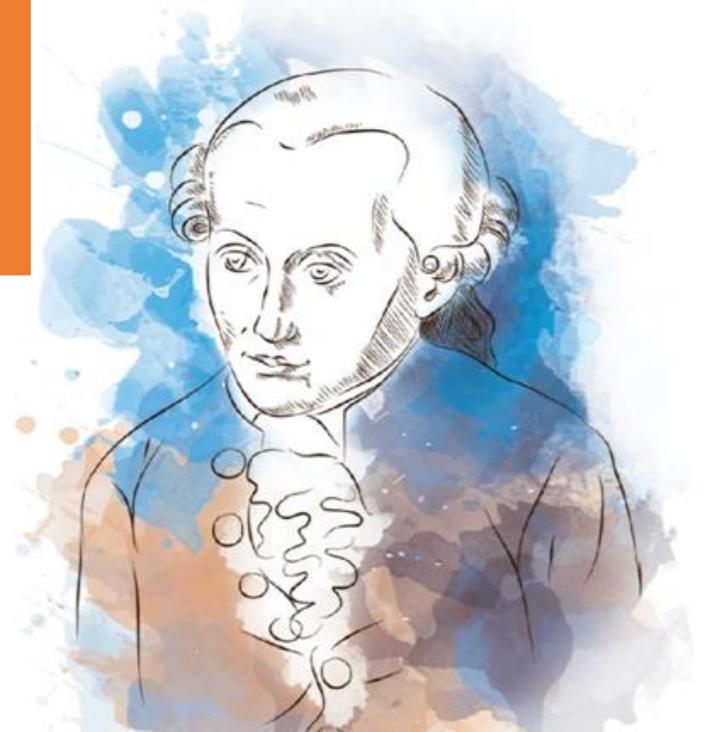


Балтийский  
федеральный университет  
имени Иммануила Канта

**Секция: «Искусственный интеллект и  
Индустрия 5.0:  
драйверы развития промышленности и  
экономики России»**

**Председатель – Корягин С.И., директор Инженерно-технического института БФУ им. И. Канта, д.т.н., профессор.**

**Заместитель председателя – Либерман И.В., зам. директора Инженерно-технического института БФУ им. И. Канта, к.ф.-м.н., доцент.**



# **ТЕМА: «Основы создания технологии и инструментальной среды цифровизации знаний для цифровой экосистемы Индустрия 5.0»**

**Докладчик: Клачек Павел Михайлович – доцент инженерно-технического института Балтийского федерального университета имени И. Канта, к.т.н., научный сотрудник Балтийского инжинирингового центра Балтийского федерального университета имени И. Канта.**

# ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЦЕЛИ ДОКЛАДА:

1. Представить прикладной вариант концептуальной модели цифровой экосистемы производственно-экономических систем, различных видов и назначений, создаваемых в рамках индустрии 5.0.
2. На основе одного из центральных методов гибридного вычислительного интеллекта - метода эвристической коррекции фундаментальных аналитических зависимостей, представить метод трансформации математических знаний на основе нечетких продукций, позволяющий создавать гибридные вычислительные схемы для интеллектуального моделирования сложных производственно-экономических систем в промышленности.
3. Рассмотреть архитектуру программно-технического комплекса инструментальной среды трансформации знаний и адаптивного управления "СИТАП-АІ".

# АВТОРСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОЛЛЕКТИВ



**Корягин**

**Сергей Иванович**

д.т.н., профессор, директор инженерно-технического института БФУ им. И. Канта.



**Либерман**

**Ирина Владимировна**

к.ф.-м.н., доцент, заместитель директора инженерно-технического института Балтийского федерального университета им. И. Канта.



**Клачек**

**Павел Михайлович**

к.т.н., доцент инженерно-технического института БФУ им. И. Канта.

# МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Начиная с 1997 г. на базе инженерно-технического института БФУ им. И. Канта авторским коллективом проводится активная теоретическая и прикладная научно-исследовательская работа по направлению «Искусственный интеллект и Цифровая экономика».

## «Искусственный интеллект и Цифровая экономика: теория и практика»

*Эволюция научно-прикладных исследований, проводимых  
в инженерно-техническом институте БФУ им. И. Канта*

1997 г. - по настоящее время

### Этап 1. Высокотехнологичные инженерно-технические системы и комплексы



### Этап 2. Высокотехнологичные производства и промышленные инфраструктуры



### Этап 3. Цифровая технология-платформа для решения национальных задач РФ



# ЦИФРОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ-ПЛАТФОРМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ РФ



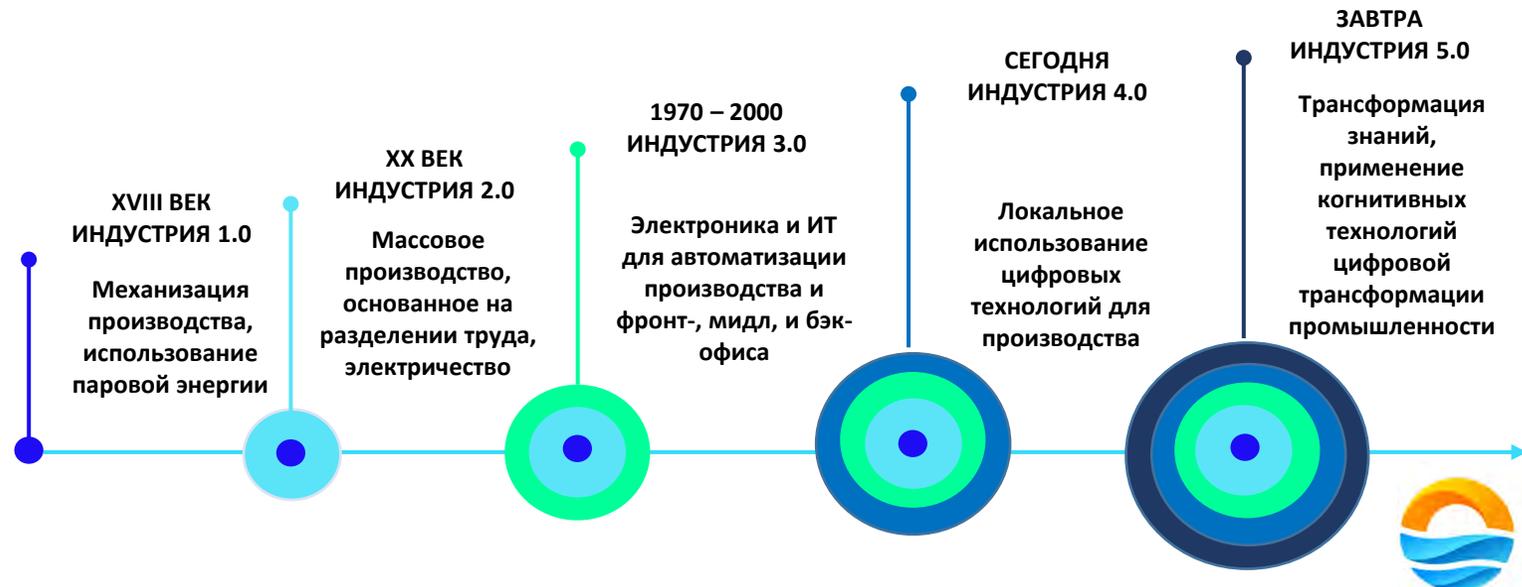
Либерман Ирина Владимировна  
к. ф.-м.н., доцент, заместитель  
директора инженерно-технического  
института БФУ им. И. Канта.

Под руководством **Либерман Ирины Владимировны** и **Бабкина Александра Васильевича** были разработаны основы научно-прикладного направления «Гибридный вычислительный интеллект» - как перспективного междисциплинарного научного направления, позволяющего на основе гибких вычислений интегрировать и управлять точными, неточными и неопределенными знаниями в одной системе, обеспечивая на новом уровне моделирование сложных, в том числе нелинейных, процессов и явлений и синтез эффективных прикладных инструментариев принятия решений.

Проведенные под руководством **Ирины Владимировны** и **Александра Васильевича** научно-прикладные исследования позволили на основе методов гибридного вычислительного интеллекта разработать уникальную системно-целевую технологию управления знаниями, а также реализовать на ее основе комплекс задач автоматизации процессов трансформации знаний и принятия решений в условиях цифровой экономики и индустрии 5.0.

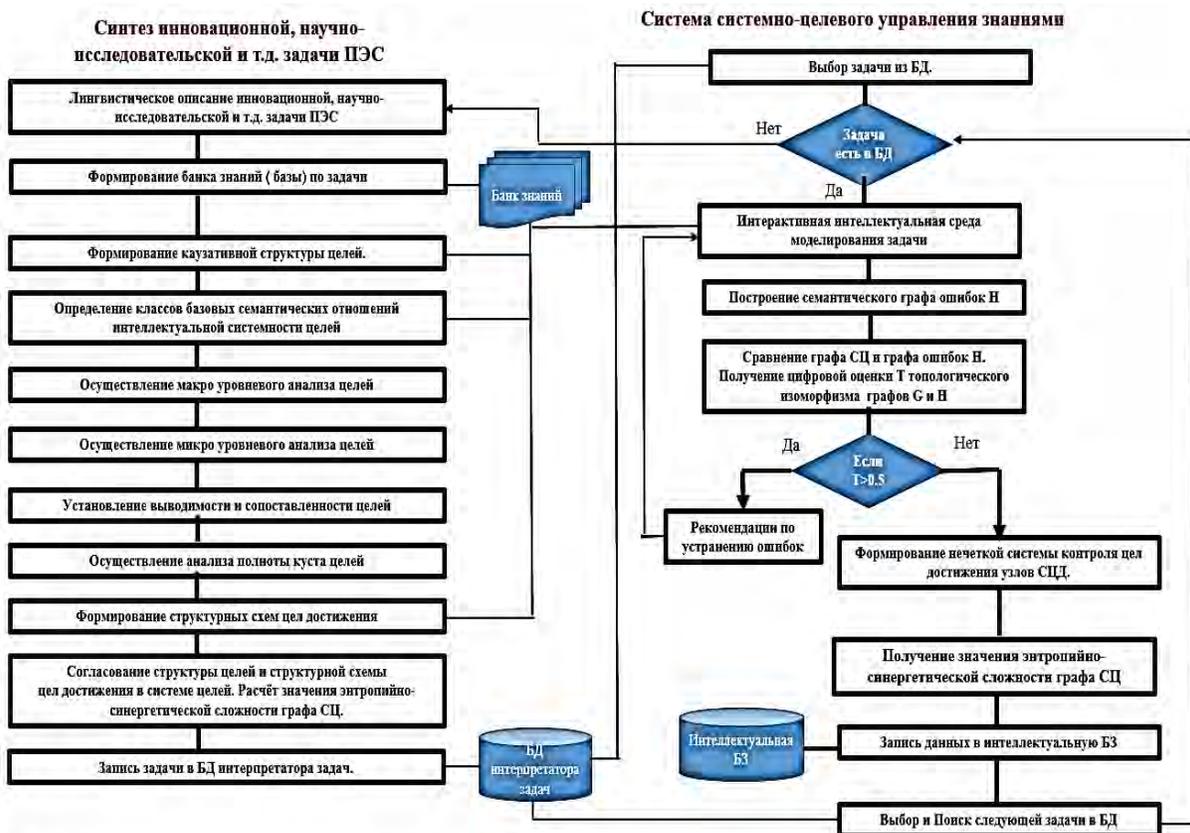


Бабкин Александр Васильевич,  
профессор, доктор экономических наук,  
заместитель директора департамента  
научно-организационной деятельности  
СПбГПУ им. Петра Великого.

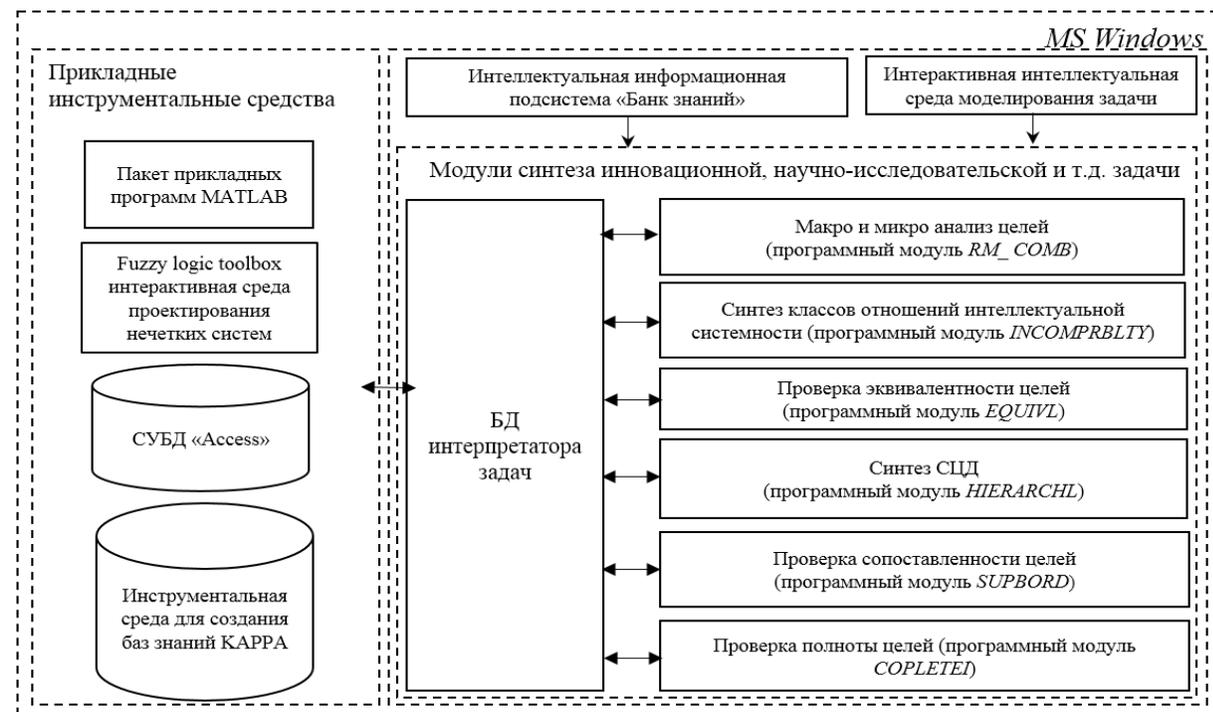


# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИСТЕМНО-ЦЕЛЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ

## Обобщённый вариант системно-целевой технологии управления знаниями в условиях цифровой экономики



## Архитектура программно-технического комплекса управления знаниями на основе системно-целевой технологии управления знаниями «СИТАП-С1»



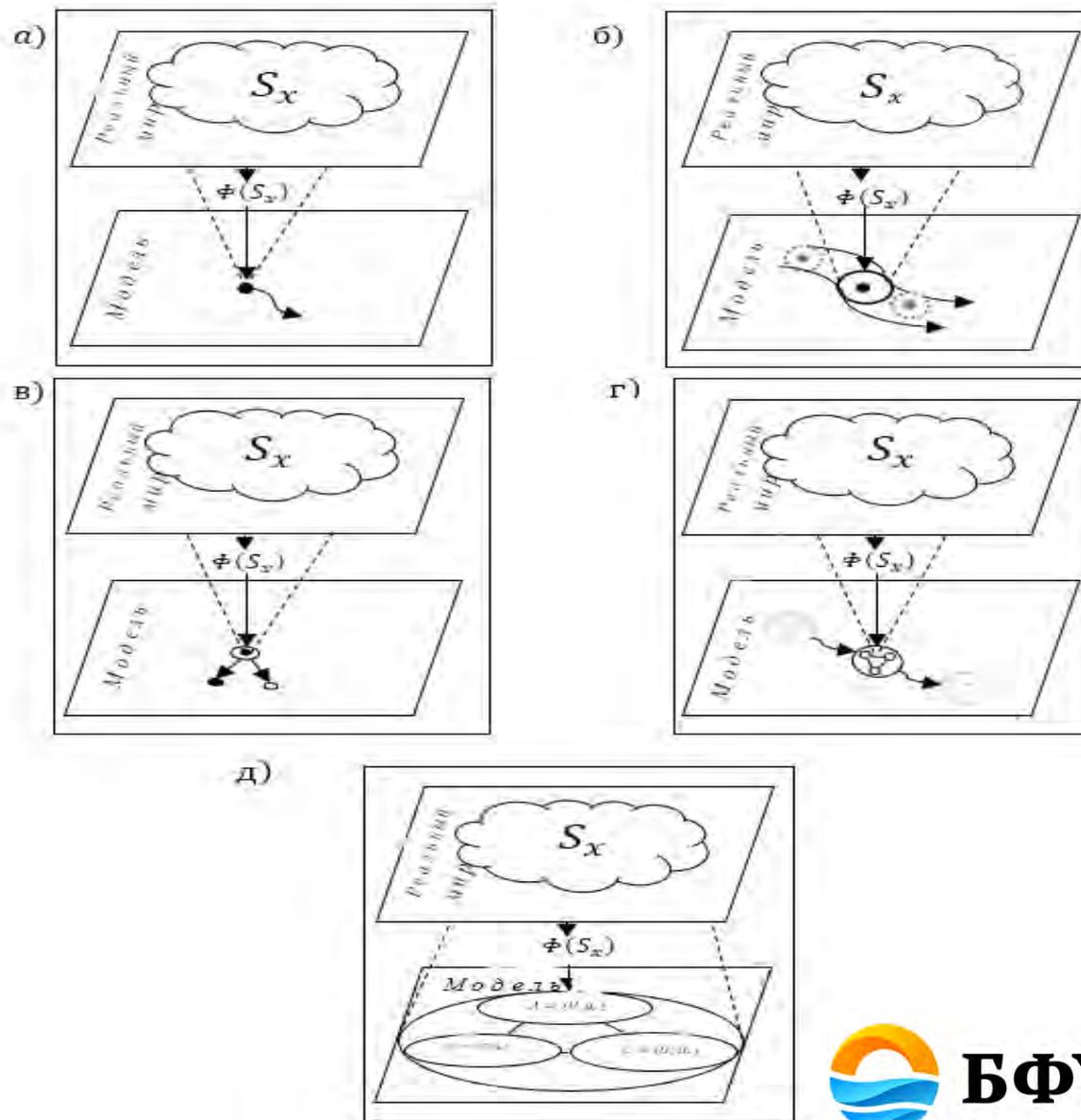
# КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЦИФРОВОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ИНДУСТРИИ 5.0.



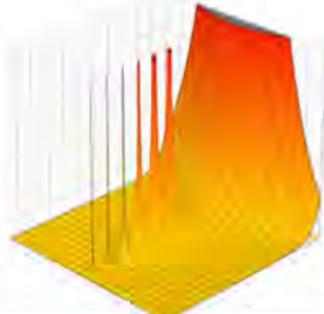


**На основе многолетних исследований авторским коллективом была разработана когнитивная модель трансформации промышленности, представляющая собой инструментальную основу методологии и технологии цифровой трансформации промышленности будущего «Суперинтеллектуальная индустрия 5.0».**

# ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ГИБРИДНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ (СХЕМ)



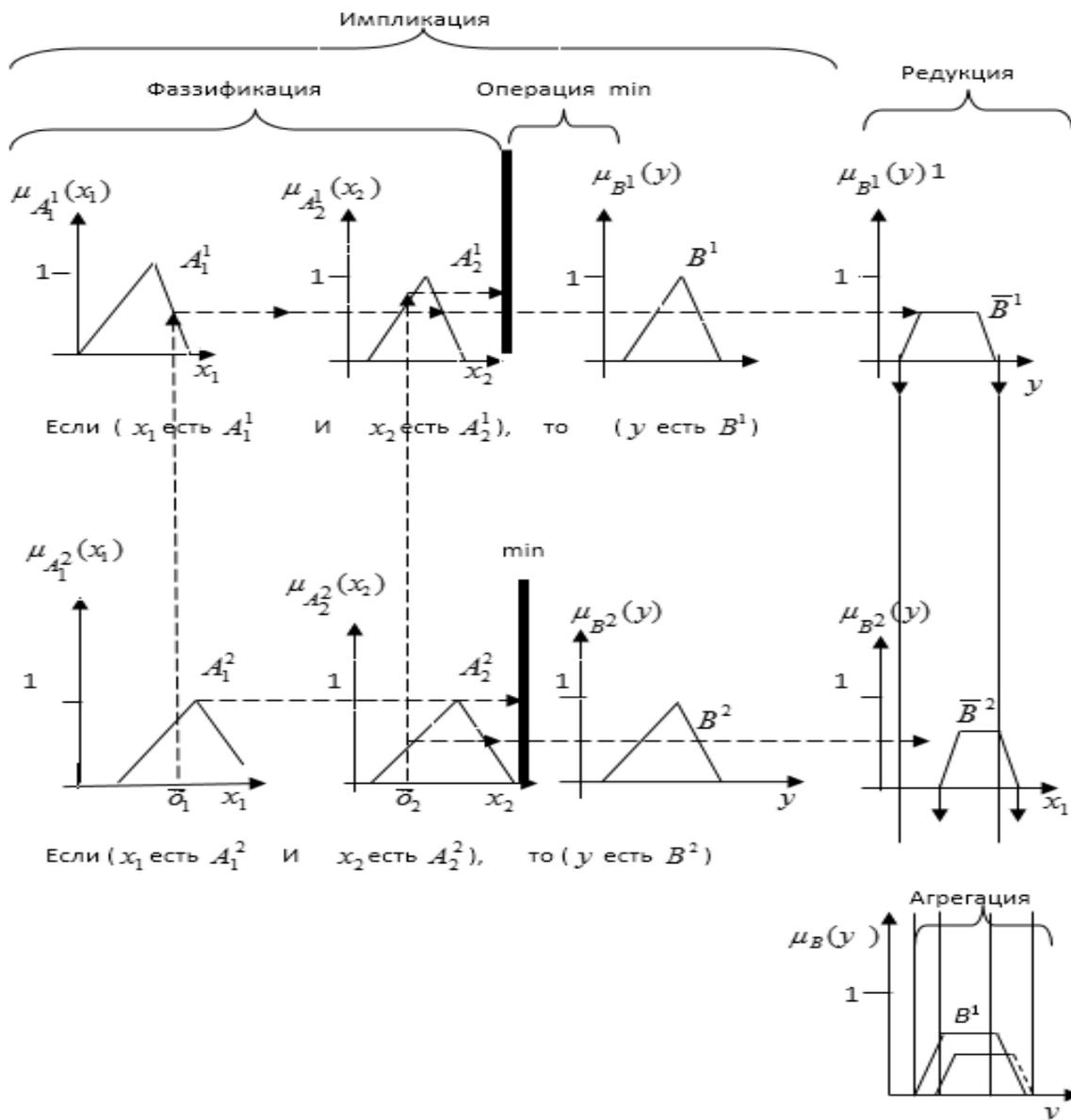
## Метод трансформации математических знаний на основе нечетких продукций

Базовая модельная структура	Дополняющая модельная структура	Приблизительный вид гибридной математической функции
$\dot{m}_a^a   Ca = \langle F, I^a \rangle$	$\dot{m}_f^a   CA = \langle X, Y, KB, F^\mu, F^{TS}, F^y, I^f \rangle$	

## Показательный пример двухуровневой гибридной вычислительной схемы

Двухуровневая гибридная вычислительная схема	
Базовая аналитическая основа	Когнитивная (нечеткая) компонента
$Q = B \cdot L^{a_1} \cdot K^{a_2} \cdot M^{a_3}$ <p>где Q – объем выпуска продукции; L, K, M – соответственно затраты производственных ресурсов: труда, капитала, сырья и материалов; B и <math>a</math> – коэффициенты, которые определяются для отдельных производственно-экономических систем.</p>	<p>Включает адаптивные коэффициенты <math>a_1, a_2, a_3</math> рассчитываемые с применением методов нечеткой логики</p>

# НЕЧЕТКИЙ АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АДАПТИВНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДВУХУРОВНЕВОЙ ГИБРИДНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СХЕМЫ



Процесс нечеткого вывода на примере двух правил (без фаззификации) для определения коэффициента  $a_1$ , где

$x_1$  - лингвистическая переменная уровень интеллектуализации производства,  
 $x_2$  - лингвистическая переменная объем инноваций,  
 $y$  - расчетное значение коэффициента.

В основе нечеткого алгоритма положена база экспертных знаний  $P^{(k)}$ ,  $k = 1, \dots, N$  вида

$P^{(k)}$ : если  $(x_1 \text{ есть } A_1^k \text{ И } x_2 \text{ есть } A_2^k \text{ И } x_n \text{ есть } A_n^k)$ ,

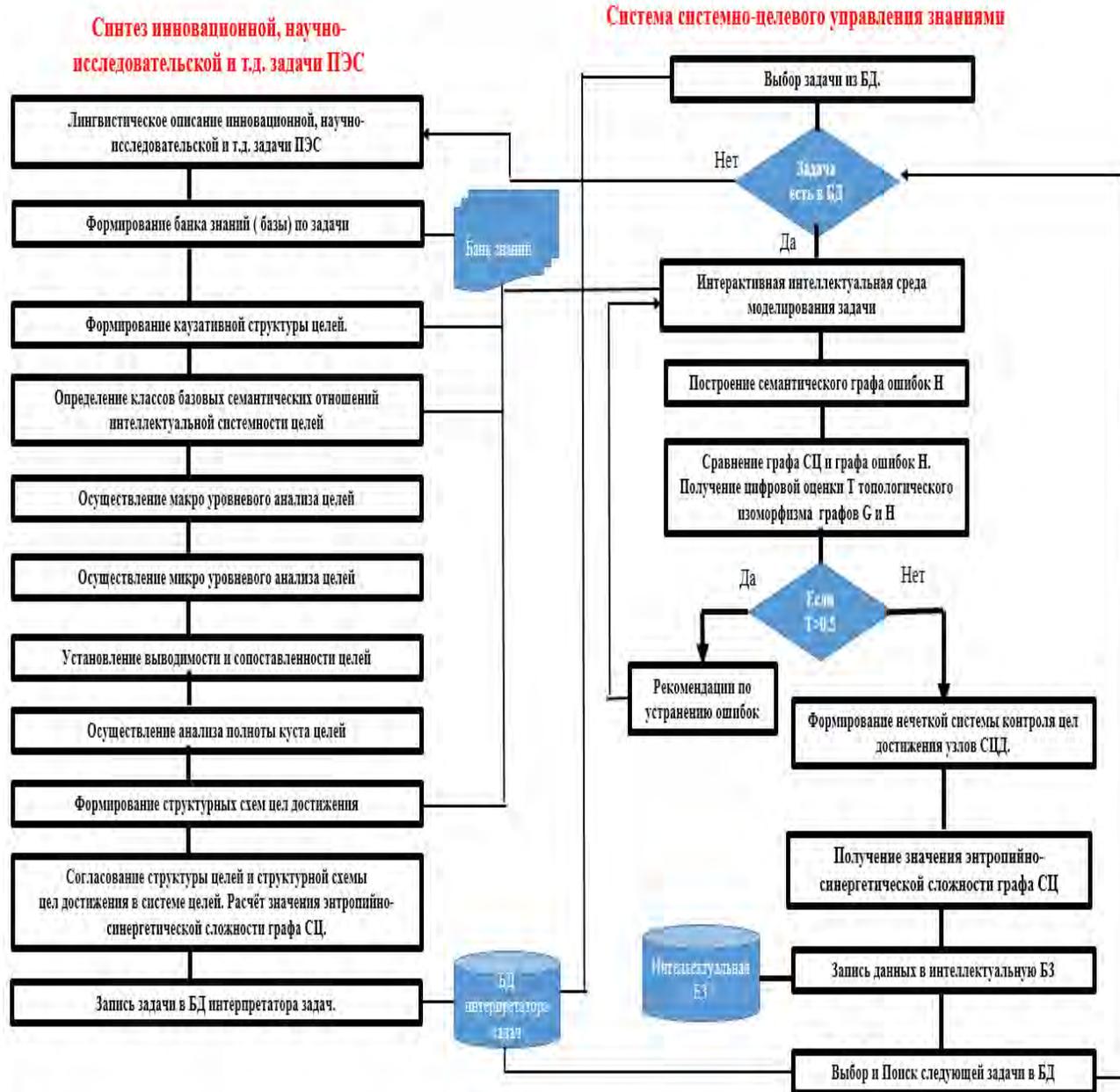
то  $(y_1 \text{ есть } B_1^k \text{ И } y_2 \text{ есть } B_2^k \text{ И } y_m \text{ есть } B_m^k)$ ,

где  $N$  - количество нечетких правил;  $A_i^k$  - нечеткие множества такие, что  $A_i^k \subseteq X_i \subset R, i = 1, \dots, n$ ,  $B_j^k$  - нечеткие множества такие, что  $B_j^k \subseteq Y_j \subset R, j = 1, \dots, m$ ,

$x_1, \dots, x_n$  - входные переменные лингвистической модели, при этом  $[x_1, \dots, x_n]^{Tr} = \bar{x} \in X = X_1 \times \dots \times X_n$ ;

$y_1, \dots, y_m$  - входные переменные лингвистической модели, при этом  $[y_1, \dots, y_m]^{Tr} = \bar{y} \in Y = Y_1 \times \dots \times Y_m$ .

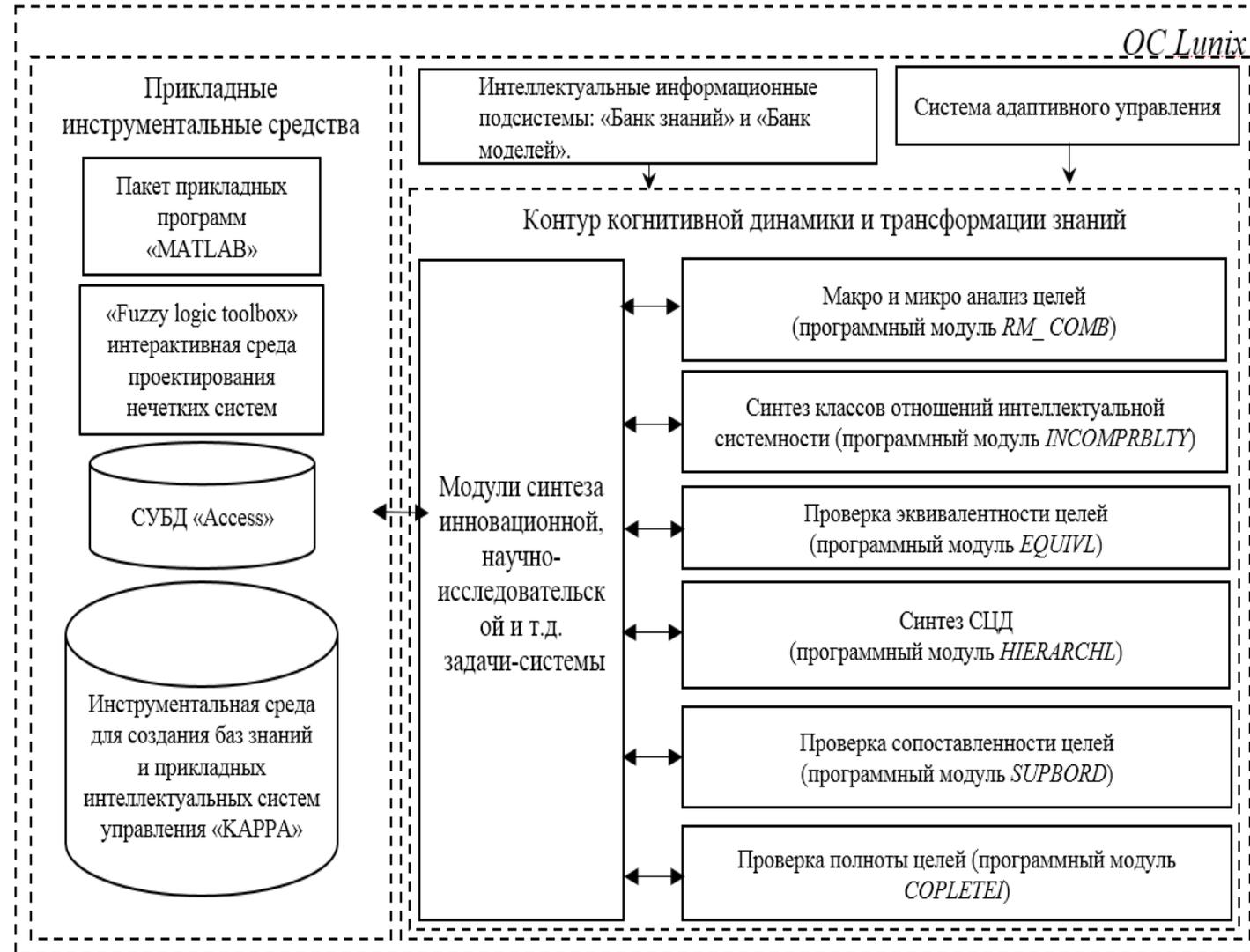
# ОБОБЩЁННЫЙ ВАРИАНТ СИСТЕМНО-ЦЕЛЕВОЙ МОДЕЛИ ТРАНСФОРМАЦИИ ЗНАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ



База экспертных знаний может быть получена на основе системно-целевой модели трансформации знаний, и по сути представляет собой формальное представление узкоспециализированных знаний, а также актов когнитивного мышления экспертов, специалистов (экономистов, инженеров и т.д.).

Применение предложенного метода трансформации математических знаний на основе нечетких продукций позволяет органически интегрировать в фундаментальные аналитические зависимости (проще говоря математические формулы) двухуровневые гибридные вычислительные схемы, методы искусственного интеллекта, и, таким образом, создать принципиально новые, высоко адаптивные системы управления различных классов и назначений для широкого круга производственно-экономических систем.

# АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СРЕДЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ЗНАНИЙ И АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ "СИТАП-AI"



Апробация технологии трансформации знаний и адаптивного управления на базе инструментальной среды "СИТАП-AI" в настоящее время осуществляется в рамках программы по созданию информационно-аналитического центра губернатора Калининградской области и выполняется в рамках Федеральной целевой программы «Электронная Россия».

## ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ГУБЕРНАТОРА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ



В число задач центра входит:

1. Предоставление информации руководителям и сотрудникам различных подразделений для принятия оперативных решений в случае чрезвычайных ситуаций.
2. Предоставление информации руководителям и сотрудникам оперативного штаба, созданного для проведения городских мероприятий и т.д.
3. Предоставление информации руководителям и сотрудникам различных подразделений для обеспечения процессов принятия решений по курируемым направлениям жизнедеятельности города.
4. Предоставление информации руководителям и сотрудникам различных подразделений, курирующих определенные производственно-экономические и другие направления жизнедеятельности города с целью моделирования процессов развития и управлениями рисками.



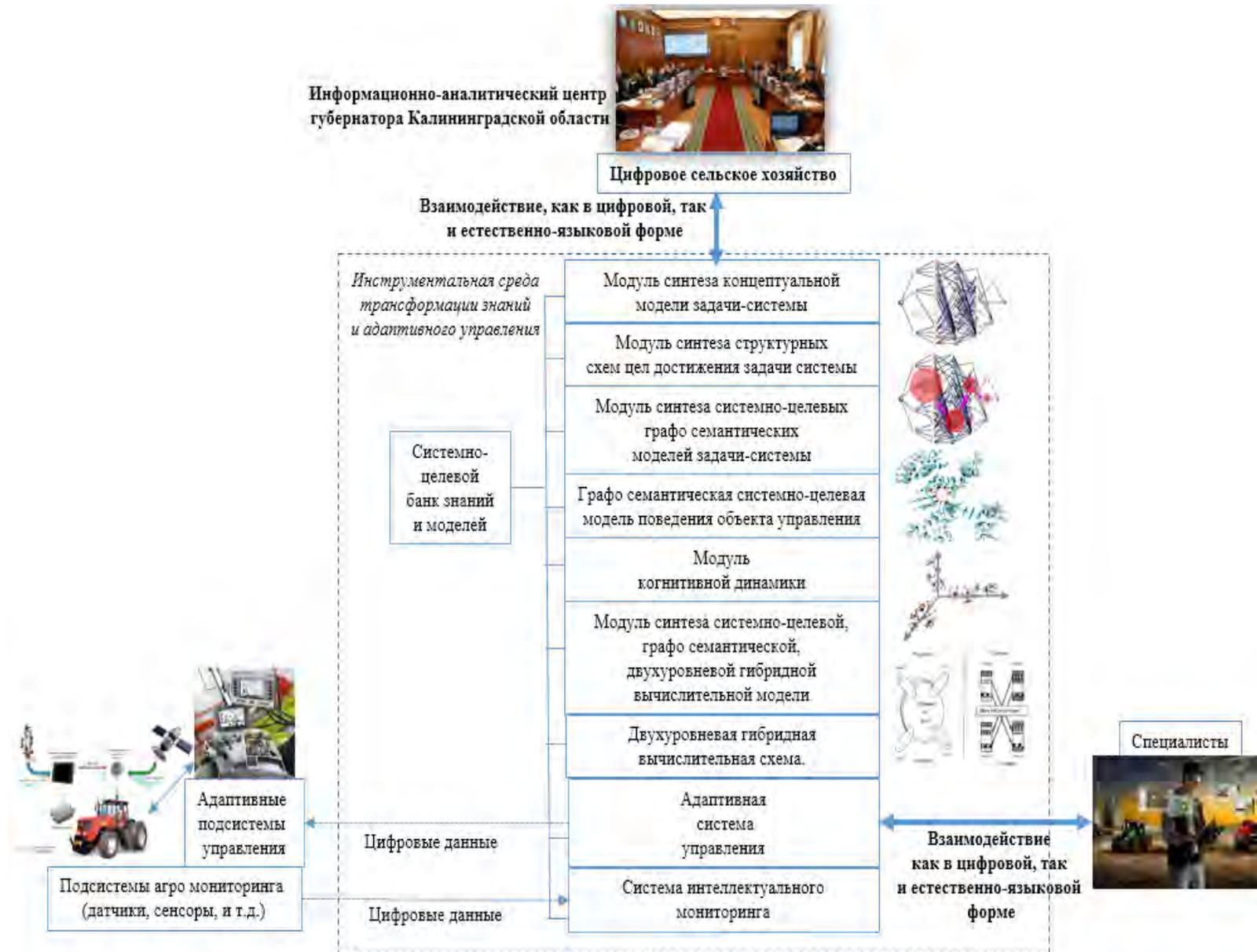
# **НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСФОРМАЦИИ ЗНАНИЙ И АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СРЕДЫ «СИТАП-AI» БЫЛО ПРОВЕДЕНО НА ПРИМЕРЕ ЗАДАЧИ ПО РАЗВИТИЮ ЦИФРОВОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства в Калининградской области, снижение себестоимости производственных процессов, формирование новых наукоемких производств, вовлечение в сельскохозяйственное производство работников новых профессий, повышение доходов на селе и увеличение экспорта сельскохозяйственной продукции являются приоритетными задачами, поставленными Президентом российской Федерации перед руководством области и заявленными целями программы «Цифровое сельское хозяйство РФ». Как показали исследования, Калининградская область имеет значительный резерв повышения эффективности сельскохозяйственного производства (в 3 - 5 раз) и потенциал роста оборота отрасли за счет внедрения цифровых процессов и технологий в растениеводстве и животноводстве, увеличения производительности труда и полноценного использования возможностей современных цифровых платформ для управления на макро- и локальных уровнях производства.

Исследования показали, что в течение сезона практически любому специалисту (агроном, инженер и т.д.), связанному с агропромышленным производством приходится принимать более 40 различных сложных решений в день в ограниченные промежутки времени, причем количество совершаемых ошибок, особенно в части технико-экономического и инженерно-технологического планирования, даже для опытных специалистов достигает более 20%, что приводит к существенным производственным и экономическим потерям.

Таким образом, перед авторским коллективом руководством области была поставлена задача за счет применения цифровых технологий, в том числе интеллектуальных систем принятия решений нового поколения, добиться существенного снижения количества допускаемых ошибок при ведении сельскохозяйственной деятельности на примере отдельного агрохолдинга Калининградской области, что должно привести к существенному повышению эффективности сельскохозяйственного производства.

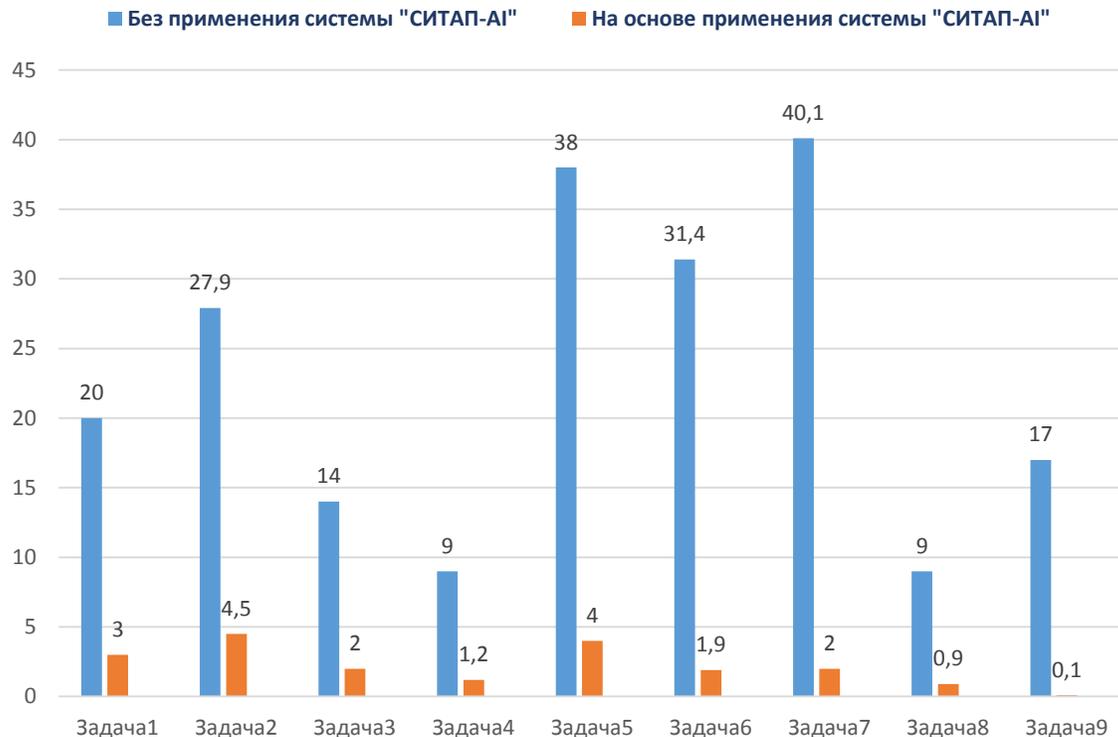
# АПРОБАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СРЕДЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ЗНАНИЙ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ИНДУСТРИЯ 5.0.



# РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМНО-ЦЕЛЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСФОРМАЦИИ ЗНАНИЙ И АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СРЕДЫ "СИТАП-AI" В ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ООО "ИНТЕГРАЦИЯ-АГРО"

Внедрение проходило в 2017-2018гг. в отделе растениеводства ООО "Интеграция-Агро". Эксперименты проводились на площади в 1000 гектар при возделывании озимой пшеницы, рапса и других сельскохозяйственных культур.

При этом возделывание на 50 процентах сельскохозяйственных угодий проводилось без применения системно-целевой технологии трансформации знаний и адаптивного управления на основе инструментальной среды "СИТАП-AI", и на 50 процентах площадях на основе применения системно-целевой технологии трансформации знаний и адаптивного управления на основе инструментальной среды "СИТАП-AI".

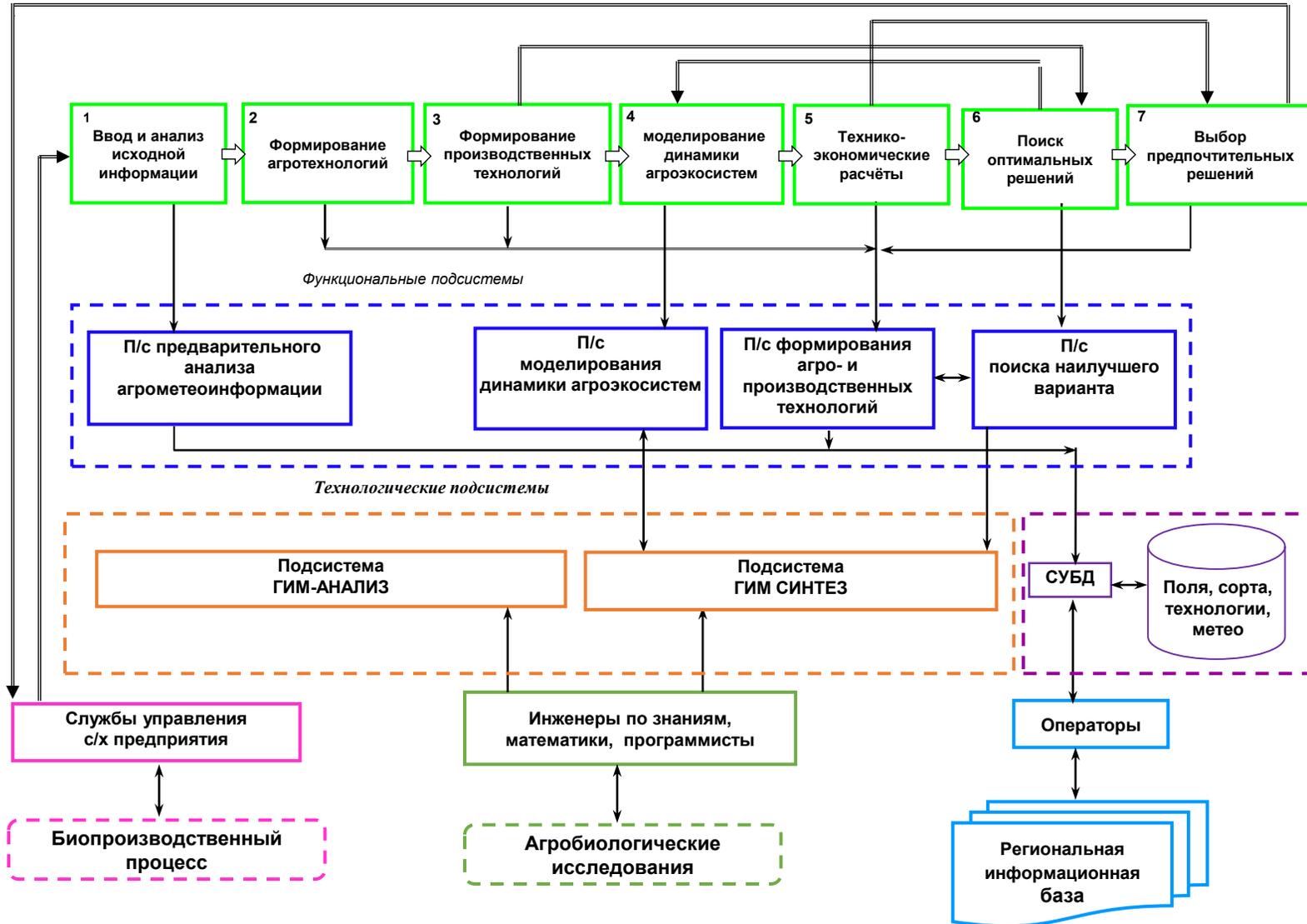


По оси ординат указан процент ошибок от общего числа принимаемых решений системно-целевой технологии трансформации знаний и адаптивного управления на основе инструментальной среды "СИТАП-AI" в деятельность ООО "Интеграция-Агро":

- Задача1-"Подготовка почвы",
- Задача2-"Посев сельскохозяйственных культур",
- Задача3-"Подготовка посадочного материала",
- Задача4-"Уборка урожая",
- Задача5-"Внесение удобрений",
- Задача6-"Разработка агротехнологий возделывания сельскохозяйственной культуры",
- Задача7-"Разработка технологических схем функционирования сельскохозяйственной техники",
- Задача8-"Хранение и переработка продукции растениеводства",
- Задача9-"Технико-экономическое планирование производства".

Полученные результаты свидетельствуют о резком снижении ошибок в принятии решений по основным 9 задачам агропромышленного производства на данных площадях, что в итоге привело к резкому, более 3 кратному увеличению эффективности сельскохозяйственного производства в ООО "Интеграция-Агро".

# ТЕХНОЛОГИЯ-ПЛАТФОРМА, ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ И ИНФРАСТРУКТУР



## ДОСТИГНУТЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВНЕДРЕНИЯ





Балтийский  
федеральный университет  
имени Иммануила Канта

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы, утвержденной Президентом РФ в мае 2017 года, в качестве стратегического приоритета названо «создание условий для формирования в Российской Федерации общества знаний». Конечно, в первую очередь, речь идет о внедрение высокотехнологичных решений, которые не только предоставят экономике России новые возможности, но в значительной мере трансформируют ее, оптимизируя текущие процессы и открывая новые производственно-экономические возможности развития. Авторы надеются, что представленный методологический и инструментальный базис станет фундаментом для опережающего перехода промышленности и экономики РФ к новой промышленной революции "Индустрии 5.0.", позволив РФ стать мировым лидером в данной области.





Балтийский  
федеральный университет  
имени Иммануила Канта

**БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!**

