



Орешкин М.В., Луценко Е.В.

VI ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД В СВЕТЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ВАРИАЦИОННОГО ПРИНЦИПА

Фундаментальная монография

VI ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД В СВЕТЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО
ИНФОРМАЦИОННОГО ВАРИАЦИОННОГО ПРИНЦИПА

Орешкин М.В.,
Луценко Е.В.

Луганск
2026

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»
КАФЕДРА ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ**

Орешкин М. В., Луценко Е. В.

**VI ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД В СВЕТЕ
УНИВЕРСАЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО
ВАРИАЦИОННОГО ПРИНЦИПА**

Фундаментальная научная монография в четырёх частях

Под общей редакцией
доктора сельскохозяйственных наук, профессора Орешкина М. В.

Луганск
2026

УДК 330.1:004.8:519.8:631
ББК 60.524.224+32.81+65.01+65.32
О-655

*Рекомендовано к печати решением Ученого совета
ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира
Даля» (протокол №12 от 7 мая 2026 года)*

Рецензенты:

Ильин В.Ю., доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных технологий, математики и физики ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К.Е. Ворошилова»

Волгина Н.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой биологии ФГБОУ ВО «Луганский государственный педагогический университет»

Орешкин М. В.

О-655 **VI технологический уклад в свете Универсального информационного вариационного принципа:** фундаментальная монография в четырёх частях / Орешкин М.В., Луценко Е.В.; под общ. ред. проф. М. В. Орешкина. – Луганск: ИП Орехов Д. А., 2026. – 312 с.

ISBN 978-5-908162-23-4

Монография представляет собой интегральный четырёхчастный научный труд, объединяющий: (I) фундаментальные теоретические основания – Универсальный информационный вариационный принцип (УИВП), Системно-экономическую квантовую теорию поля (СЭЖТП), информационные теории труда, развития техники и стоимости; (II) применение УИВП к VI технологическому укладу в многоавторской коллективной монографии; (III) УИВП в приложении к общей теории сельскохозяйственных процессов (ОТСП); (IV) перспективы цивилизационного развития – ИИ-революция, ноономика, информационное общество. Нумерация формул сквозная по всей монографии (1–279).

УДК 330.1:004.8:519.8:631
ББК 60.524.224+32.81+65.01+65.32

ISBN 978-5-908162-23-4

© Орешкин М. В., Луценко Е. В. 2026
© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2026
© Оформление ИП Орехов Д.А., 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	14
ЧАСТЬ I ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ: УИВП, СЭКТП, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕОРИИ ТРУДА, РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ И СТОИМОСТИ.....	16
ВВЕДЕНИЕ	16
1. Постановка проблемы и актуальность исследования.....	16
2. Цель, задачи и структура монографии	17
3. Методологический разрыв между теорией технологических укладов и современным математическим аппаратом.....	19
4. Место настоящей монографии в научном дискурсе.....	19
1. СИСТЕМНАЯ ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ КАК МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФУНДАМЕНТ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДОВ.....	21
1.1. Классическая теория информации и её ограничения применительно к анализу экономических систем	21
1.2. Системное количество информации: определение и вывод.....	23
1.3. Обобщённое системное количество информации	25
1.4. Коэффициент эмерджентности	26
1.5. Динамика системной информации: ключевое следствие УИВП...	28
1.6. Закон ДИКВ и иерархия системной информации	29
1.7. Связь системной информации с производительностью труда	31
1.8. Системное обобщение принципа Эшби и повышение уровня системности модели объекта познания как необходимое условие адекватности процесса его познания.....	33
<i>Введение</i>	<i>34</i>
<i>Процесс труда как информационный процесс повышения уровня системности предмета труда.....</i>	<i>34</i>
<i>Процесс познания как информационный процесс повышения уровня системности модели объекта познания.....</i>	<i>38</i>
<i>Формализуемая когнитивная концепция АСК-анализа.....</i>	<i>40</i>
<i>Адаптация и пересинтез модели как увеличение размерности когнитивного пространства модели и уровня системности модели.....</i>	<i>50</i>
<i>Поддержка процесса познания в системе «Эйдос».....</i>	<i>52</i>
<i>Выход.....</i>	<i>68</i>
<i>Выводы</i>	<i>70</i>
<i>Список использованных источников</i>	<i>71</i>
1.9. Эффективность объекта управления как его эмерджентное свойство и повышение уровня системности как цель управления	74

1. Энтропийная мера информации Л.Больцмана	75
2. Примеры применения энтропийной меры информации.....	77
3. Развитый алгоритм принятия решений, как поэтапный процесс повышения уровня системности объекта управления.....	88
4. Детализация шага 2 развитого алгоритма принятия решений .	93
Выводы	95
2. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ВАРИАЦИОННЫЙ ПРИНЦИП, КАК МЕТАТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ФУНДАМЕНТ НАУКИ..	101
2.1. Исторический контекст и место УИВП в системе науки.....	101
2.2. Общая постановка вариационной задачи в рамках УИВП	102
2.2.1. Функционал системной информации	102
2.2.2. Формулировка УИВП.....	103
2.3. Вывод уравнений Эйлера–Лагранжа из УИВП.....	103
2.3.1. Вариация функционала	103
2.3.2. Интегрирование по частям	104
2.3.3. Уравнения Эйлера–Лагранжа для экономической системы	104
2.4. Гамильтонова форма уравнений движения	106
2.5. Применение УИВП к анализу технологических укладов	108
2.5.1. Функционал системной информации технологического уклада.....	108
2.5.2. Критерий исчерпания уклада и бифуркация	108
2.5.3. Информационный критерий VI технологического уклада ..	109
3. СИСТЕМНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ПОЛЯ (СЭКТП): ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО-ВРЕМЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЛАГРАНЖИАН	111
3.1. Экономическое пространство-время (ЭПВ).....	111
3.2. Построение информационного лагранжиана СЭКТП.....	112
3.3. Вариационный вывод уравнений движения в ЭПВ.....	113
3.3.1. Функционал действия	113
3.3.2. Вычисление первой вариации и уравнения Эйлера–Лагранжа	113
3.3.3. Явная форма уравнений движения в ЭПВ.....	113
3.4. Теорема Нётер для экономических систем.....	116
3.4.1. Классическая теорема Нётер	116
3.4.2. Экономическая теорема Нётер	116
3.4.3. Конкретные экономические законы сохранения	117
3.4.4. Нарушение симметрии и функция неинвариантности	118
3.5. Тензор институционального напряжения.....	118
3.5.1. Аналогия с физическим тензором напряжений.....	118
3.5.2. Определение тензора.....	118
3.5.3. Классовое противоречие как тензорное напряжение	119
3.6. Уравнения инфляционной нестабильности.....	120
3.6.1. Физическая аналогия.....	120

3.6.2. Волновое уравнение поля неинвариантности	120
3.6.3. Анализ решений.....	121
3.6.4. Кризисы как информационные бифуркации.....	121
4. ИНФОРМАЦИОННАЯ ГРАВИТАЦИЯ СТОИМОСТИ И УРАВНЕНИЯ ЭЙНШТЕЙНА ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ	123
4.1. Аналогия между гравитационным полем и стоимостным полем	123
4.2. Уравнение типа Пуассона для стоимостного поля.....	123
4.3. Уравнения Эйнштейна для экономического пространства- времени.....	125
4.4. Квантовая экономика: волновая функция и уравнение Шрёдингера.....	128
4.4.1. Обоснование квантового подхода.....	128
4.4.2. Экономическая волновая функция	128
4.4.3. Оператор экономического гамильтониана	129
4.5. Информационная природа VI технологического уклада в свете уравнений ЭПВ.....	130
4.5.1. Уравнение Эйнштейна для смены укладов.....	131
4.5.2. Квантование VI технологического уклада	131
ЧАСТЬ II VI ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД В СВЕТЕ УИВП И СЭКТП: КОЛЛЕКТИВНАЯ МОНОГРАФИЯ (ЛУЦЕНКО Е. В., ОРЕШКИН М. В. И ДР., 2025)	133
ВВЕДЕНИЕ	133
Методологический разрыв между теорией технологических укладов и современным математическим аппаратом	133
Универсальный информационный вариационный принцип как метатеоретическое основание	134
Цель, задачи и структура монографии	134
РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МЕТОДОЛОГИИ.....	136
Глава 1. ЗАКРЫВАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК НЕОТЪЕМЛЕМЫЙ АТРИБУТ ШЕСТОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА	136
1.1. Постановка проблемы и понятие закрывающей технологии	136
1.2. Информационно-вариационная природа закрывающих технологий	138
1.3. Перечень закрывающих технологий VI ТУ и их информационный потенциал	139
1.4. Общая информационно-вариационная модель закрывающих технологий	144
Глава 2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕИЗВЕДАННОГО И НЕВОЗМОЖНОГО В РАМКАХ ГОСПОДСТВУЮЩЕЙ ПАРАДИГМЫ НЕ ТОЛЬКО НА ОСНОВЕ ПРОШЛОГО, НО С УЧЁТОМ БУДУЩЕГО	145

2.1. Введение: постановка проблемы	145
2.2. Традиционные методы и их ограничения	146
2.3. Принцип наблюдаемости и концепция прогнозирования	147
2.4. Информационно-вариационная интерпретация прогнозирования	148
2.5. Метод прогнозирования	148
РАЗДЕЛ II. ГУМАНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИЙ	152
Глава 3. ЭНЕРГЕТИКА СОЦИУМА (историко-философский аспект)	152
3.1. Постановка проблемы	152
3.2. Информационно-вариационная модель энергетики социума.	153
3.3. Ноосфера как информационный аттрактор	154
3.4. Динамика энергопотребления и информационные пороги	154
Глава 4. АРХЕТИП И МЕТОДОЛОГИЯ НАУКИ В ШЕСТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УКЛАДЕ	156
4.1. Понятие архетипа и его методологическая роль	156
4.2. Архетип в УИВП: информационная инвариантность	157
4.3. Методология науки VI ТУ в свете УИВП	157
4.4. Архетипы рыцарских орденов и закрытых обществ в VI ТУ	158
Глава 5. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОЦИАЛЬНЫХ ИНИЦИАТИВ МОЛОДЁЖИ В ОБЩЕСТВЕ VI ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА	160
5.1. Молодёжь как субъект VI технологического уклада	160
5.2. Информационно-вариационная модель социального воспитания	162
5.3. Волонтёрство как информационный резонанс	163
Глава 6. РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ГРАЖДАНСКОЙ КУЛЬТУРЫ МОЛОДОГО ПОКОЛЕНИЯ РФ	164
6.1. Цифровизация как информационная революция	164
6.2. Информационно-вариационная модель формирования гражданской культуры	164
6.3. Численный пример расчёта информационного потенциала гражданской культуры	165
РАЗДЕЛ III. ИННОВАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	166
Глава 7. ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ – ВВОДНАЯ ЧАСТЬ	166
7.1. Актуальность и предмет общей теории сельскохозяйственных процессов	166
7.2. Объекты и задачи ОТСП	166
7.3. Технологическая база ОТСП в VI ТУ	167
7.4. Информационно-вариационная модель сельскохозяйственной системы	167

7.5. Оптимизационная задача продовольственной безопасности	169
Глава 8. ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ОПЫТ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ СОДЕРЖАНИЯ И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ.....	170
8.1. Постановка задачи	170
8.2. Сравнительный анализ способов содержания.....	171
8.3. Информационно-вариационная модель молочного скотоводства	171
Глава 9. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ ТЕХНИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ В МОЛОЧНО-ТОВАРНОМ СКОТОВОДСТВЕ: СООТВЕТСТВИЕ КОМПОНЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА	173
9.1. Взаимодействие технологических и биологических факторов.....	173
9.2. Информационно-вариационная модель взаимодействия факторов.....	174
9.3. Анализ данных и расчётный пример	175
РАЗДЕЛ IV. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	176
Глава 10. ВОДОУГОЛЬНОЕ ТОПЛИВО КАК ТЕХНОЛОГИЯ БУДУЩЕГО.....	176
10.1. Водугольное топливо: понятие и состав	176
10.2. Технологии производства ВУТ.....	177
10.3. Информационно-вариационная модель ВУТ как закрывающей технологии.....	178
10.4. Применение ВУТ в технологических процессах.....	179
10.5. ВУТ в контексте VI ТУ: экологические и энергетические перспективы	180
10.6. Численный расчёт экономической эффективности ВУТ....	181
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	182
Основные результаты.....	182
Перспективы	183
ЧАСТЬ III УИВП В ПРИЛОЖЕНИИ К ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ (ОТСП) (ЛУЦЕНКО Е. В., ОРЕШКИН М. В., 2025)	187
Перечень основных обозначений и сокращений	187
ВВЕДЕНИЕ. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ И АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ....	189
Методологический разрыв между традиционными теориями и современным математическим аппаратом	189
Универсальный информационный вариационный принцип как метатеоретическое основание	191
Цель, задачи и структура монографии	192

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ (ОТСП): ВВОДНАЯ ЧАСТЬ.....	195
Предмет и задачи ОТСП в свете УИВП.....	195
Объекты ОТСП: СХ-0.1 и СХ-0.2.....	196
Смысловые цели и принципы ОТСП в свете УИВП.....	197
ЧАСТЬ 1. ОСНОВЫ АГРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА (ДЛЯ СХ-0.1).....	199
Предмет и методологическое основание агроэнергоанализа.....	199
Общие понятия об энергетике биосферы (по М.И. Будыко) и их информационная интерпретация.....	200
Общие положения агроэнергоанализа.....	202
Определение агроэнергетических показателей и их информационные аналоги.....	203
<i>Коэффициент агроэнергетической эффективности.....</i>	<i>203</i>
<i>Биоэнергетический потенциал почвы.....</i>	<i>205</i>
<i>Уровни энергонакопления и потери энергии в агроценозе.....</i>	<i>205</i>
ЧАСТЬ 2. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ПЕДОСФЕРЫ	
КАК ОСНОВЫ СХ-0.1.....	208
Почвы – селективный элемент системы.....	208
Социум и деградация почв: информационно-вариационный анализ.....	210
Уравнение информационной динамики деградации почв.....	210
Ограничивающе-селективные функции почвы.....	212
Условие устойчивости педосферы в рамках УИВП.....	212
Комплекс мер по предотвращению деградации педосферы.....	213
ЧАСТЬ 3. ПОДХОДЫ К ИСТОРИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ РАЗРУШЕНИЯ ПОЧВ.....	214
Периоды почворазрушения: информационно-вариационная концепция.....	214
Период первый: нарастание антропогенной деградации.....	214
<i>Этап первый: бессознательное разрушение почв.....</i>	<i>214</i>
<i>Этап второй: неосознанное разрушение почв.....</i>	<i>215</i>
<i>Этап третий: осознаваемое разрушение.....</i>	<i>215</i>
<i>Этап четвёртый: восстановление, приспособление и гибкая экологическая политика.....</i>	<i>216</i>
Период второй: ноосферный этап взаимодействия.....	217
Плодородие почвы и его информационно-вариационная интерпретация.....	218
ЧАСТЬ 4. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМ РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ 6-ГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА, ИЛИ ТЕОРИЯ ТВОРЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	220
Роль научно-технического прогресса и изобретательства.....	220
Закон повышения качества базиса и шестой технологический уклад.....	221
Принципиальная схема творческого процесса в УИВП-интерпретации.....	222

Схема замещения вакантного узла и её информационно-вариационная формализация.....	223
Применение теории творческих процессов к шестому технологическому укладу в АПК	224
Часть 5. Подходы к решению задач саморегуляции систем при конструировании сельскохозяйственных механизмов. Вопросы моделирования	226
Взаимодействие двух систем и принцип максимума информации	226
Уравнение теплопроводности почвы и его информационная интерпретация.....	227
Принцип максимума информационных потоков в системе “растение – почва”.....	228
Функционально-стоимостной анализ при конструировании орудий. Фрактальные алгоритмы и гетерогенные биологические информационные сети	229
Часть 6. Подходы к системному экологическому обоснованию создания новой техники и элементов технологических систем в современном земледелии и растениеводстве	231
Кризисное состояние земледелия и растениеводства	231
Системная структура технического решения.....	232
Объёмная обработка почвы как информационно-оптимальная технология.....	233
Кибернетизация земледелия и путь к СХ-0.2.....	234
Часть 7. Синтез схем рабочих органов, орудий и основ технологий, способных предотвратить дальнейшую деградацию почв, в изменённой биосфере.....	236
Теоретические основы синтеза схем технических и технологических систем	236
Рабочие органы для объёмной обработки почвы (Блок 1. Подсистема техники)	236
<i>Сектор А: рабочие органы с пассивными рыхлящими элементами</i>	236
<i>Сектор Б: плоскорезы пассивные без рыхлителей</i>	237
<i>Сектор В: плоскорезящие рабочие органы с активными приспособлениями для рыхления</i>	237
<i>Сектор Г: вибрационные орудия и рабочие органы</i>	238
Способ объёмной обработки почвы (Сектор D)	238
Варианты изменения базирования энергетических и транспортных устройств (Блок 2)	239
Способ кибернетического ведения земледелия и растениеводства – органическая машина (Блок 3).....	239
Часть 8. Обоснование возможностей модернизации СХ-1 и развития СХ-0.2 на примере Республики Крым.....	241

Часть 8.1. Сохранение и накопление влаги как решающий фактор решения продовольственной проблемы и повышения плодородия почв путём предотвращения разрушения почв в формате СХ-0.1	241
<i>Влага как информационный ресурс педосферы</i>	241
<i>Бинарный посев как технология влагосбережения</i>	241
<i>Оптимальная система снегозадержания и лесополос в рамках УИВП</i>	242
Часть 8.2. Переход от СХ-0.1 к СХ-0.2 на примере Республики Крым. Производство белка несельскохозяйственными методами (проектная часть)	243
<i>Постановка проблемы: дефицит пищевого белка и информационная экономика</i>	243
<i>Теоретические предпосылки решения проблемы белкового голода</i>	244
<i>Вариант 1: белок из сои. Анализ ограничений для Крыма</i>	245
<i>Вариант 2: возделывание люцерны. Ключ к решению белковой проблемы</i>	245
<i>Программа “БЕЛОК”: производство белка несельскохозяйственными методами</i>	246
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	249
Основные результаты монографии	249
Перспективы дальнейших исследований	250

ЧАСТЬ IV VI ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД: ИИ-РЕВОЛЮЦИЯ, НООНОМИКА И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО (ЛУЦЕНКО Е. В. И КОЛЛЕКТИВ, 2024)

1. РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ОБЗОР ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ РАЗРАБОТКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ С 2019 ГОДА ПО НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ В СВЕТЕ УИВП	254
1.1. Государственная политика в области ИИ как проявление УИВП	254
1.2. Математическая модель государственной политики в области ИИ	256
1.2.1. <i>Управление институциональным потенциалом</i>	256
1.2.2. <i>Инфраструктурные вложения как изменение метрики ЭПВ</i>	256
1.3. Этапы разработки Национальной стратегии ИИ в РФ через призму УИВП	256
1.3.1. <i>2019 год: формирование базиса</i>	256
1.3.2. <i>Указ о Национальной стратегии (2019)</i>	257
1.3.3. <i>2020–2024: реализация стратегии и коррекция траектории</i>	258
1.4. Ретроспективный анализ через призму УИВП	259

1.5. Прогноз по УИВП: траектория развития ИИ в России до 2030 года.....	260
2. РЕВОЛЮЦИЯ В СИСТЕМАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА 20-Х ГОДОВ XXI ВЕКА И СИСТЕМЫ С ИНТЕРФЕЙСОМ “ДУША–КОМПЬЮТЕР” КАК БЛИЖАЙШИЙ ОЧЕРЕДНОЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СВЕТЕ УИВП	262
2.1. Шесть информационных революций как фазовые переходы в ЭПВ	262
2.2. Математическое описание 6-й информационной революции	263
2.2.1. Лагранжиан 6-й информационной революции.....	263
2.2.2. Уравнение динамики ИИ-сектора.....	264
2.3. Типология систем искусственного интеллекта через призму СТИ и УИВП.....	265
2.3.1. Классификация ИИ-систем по уровню системной информации.....	265
2.3.2. Генеративные ИИ как реализация УИВП	266
2.4. Системы с интерфейсом “Душа–Компьютер” как следующий этап развития ИИ в свете УИВП	266
2.4.1. Концептуальная основа.....	266
2.4.2. Информационный лагранжиан системы “Душа–Компьютер”	267
2.5. Седьмая информационная революция: прогноз на основе УИВП.....	269
3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА БУДУЩЕГО В СВЕТЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ВАРИАЦИОННОГО ПРИНЦИПА	270
3.1. Информационная парадигма общества: от постиндустриализма к УИВП.....	270
3.2. Трёхсекторная модель К. Кларка как частный случай УИВП	271
3.3. Информационные теории общества через призму УИВП	271
3.3.1. Теория Белла – информационный монизм	271
3.3.2. Теория Тоффлера “Третья волна” как УИВП-переход	272
3.3.3. Сетевое общество Кастельса как экономическое ЭПВ	272
3.4. Математическая модель постиндустриального перехода.....	273
3.4.1. Лагранжиан постиндустриальной экономики.....	273
3.5. Ноономика как предельный случай УИВП	274
3.5.1. Математическое определение ноономики.....	274
3.5.2. Квадрига ноономики в рамках УИВП	275
3.5.3. Пирамида Маслоу в терминах СТИ.....	276
3.6. Технологические уклады от I до VII в рамках УИВП.....	277
3.6.1. Системная информация укладов.....	277
3.6.2. Длительность укладов из УИВП.....	277

4. НООНОМИКА КАК МАГИСТРАЛЬ РАЗВИТИЯ МИРОХОЗЯЙСТВЕННОГО УКЛАДА В СВЕТЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ВАРИАЦИОННОГО ПРИНЦИПА	279
4.1. Ноономика и УИВП: единство принципов.....	279
4.2. Мировые технологические уклады как функционалы системной информации мировой экономики	282
4.2.1. Функционал мировой экономики.....	282
4.2.2. Информационные революции как фазовые переходы в мировой экономике.....	282
4.3. Закон повышения качества базиса и ноономика.....	283
4.4. Квантование мирохозяйственных укладов.....	283
4.5. Седьмой технологический уклад: прогноз на основе УИВП	284
5. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО: ДУХОВНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА И ТРАНСФОРМАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА В СВЕТЕ УИВП.....	286
5.1. Духовность как системная информация высшего порядка	286
5.2. Токсичная медиасфера как деструктор системной информации	287
5.3. Трансформация образовательного пространства в VI укладе.....	288
5.3.1. Образование как информационный лагранжиан.....	288
5.3.2. Оптимальная образовательная траектория	288
5.4. ИИ в образовании: информационный анализ.....	289
5.4.1. ИИ как трансформатор образовательного пространства.....	289
5.4.2. Парадокс токсичной медиасферы в III-образовании.....	290
5.5. Иерархия ДИКВ и образовательные уровни VI уклада	290
6. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ ШЕСТОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА В МОЛОЧНО-ТОВАРНОМ СКОТОВОДСТВЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВОПРОСОВ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СВЕТЕ УИВП.....	292
6.1. Агропродовольственная система как экономическое пространство-время.....	292
6.2. Компоненты агросистемы в терминах СТИ	292
6.3. Технологические группы коров как дискретные состояния ЭПВ.....	293
6.4. Автоматизированные кормовые станции как изменение метрики ЭПВ.....	294
6.4.1. Традиционное кормление: изотропная метрика	294
6.4.2. Автоматизированные кормовые станции: анизотропная метрика.....	294
6.4.3. Уравнение продуктивности с автоматизированным кормлением.....	295
6.5. Продовольственная безопасность как информационная задача	296
6.5.1. Информационная модель продовольственной безопасности	296

6.5.2. VI уклад и нарастание системной информации агросектора	296
7. ШЕСТОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД: ПОИСК НОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ТОПЛИВА В СВЕТЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ВАРИАЦИОННОГО ПРИНЦИПА	298
7.1. Энергетика как ключевая координата ЭПВ.....	298
7.2. Водугольное топливо (ВУТ) как информационно-оптимальная технология переходного периода	298
7.2.1. Информационный анализ технологии ВУТ	298
7.2.2. Лагранжиан процесса горения ВУТ.....	299
7.3. Водородная энергетика как информационный прорыв VI уклада.....	300
7.3.1. Водород как информационно чистый энергоноситель.....	300
7.3.2. Энергетический переход как оптимизация в ЭПВ.....	301
7.4. Автоматизация контроля качества ВУТ как информационная задача	302
7.5. Энергетический потенциал VI уклада и УИВП	303
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	304
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ	304
ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....	306
ОБ АВТОРАХ И СОАВТОРАХ.....	309

ПРЕДИСЛОВИЕ

Монография, которую читатель держит в руках, представляет собой опыт синтеза двух научных традиций, каждая из которых обладает самостоятельной ценностью, однако их совместное рассмотрение открывает горизонты, недостижимые для каждой из них в отдельности.

Первая традиция восходит к исследованиям коллектива авторов Луганского государственного университета имени Владимира Даля под руководством профессора Орешкина Михаила Вильевича, посвящённым феномену шестого технологического уклада – того стремительного качественного преобразования цивилизационного базиса, свидетелями которого мы являемся. Раскрытые в монографии-предшественнике “Вопросы VI технологического уклада: проблемы и решения” (2024) аспекты революции в системах искусственного интеллекта, ноономики, информационного общества, продовольственной безопасности и поиска новых источников топлива составляют эмпирическую и содержательную основу настоящего труда.

Вторая традиция – это теоретическое наследие профессора Евгения Вениаминовича Луценко, сформировавшего за несколько десятилетий интенсивной научной работы стройную систему взглядов, воплощённую в Универсальном информационном вариационном принципе (УИВП) и Системно-экономической квантовой теории поля (СЭКТП). Эта система, вобравшая в себя достижения классической механики, квантовой теории поля, общей теории относительности, теории информации и системного анализа, претендует на роль единого метатеоретического фундамента науки.

Центральный тезис настоящей монографии состоит в следующем: *шестой технологический уклад есть не что иное, как фазовый переход в развитии системной информации*

цивилизации, предсказываемый и описываемый в рамках УИВП и СЭКТП. Смена технологических укладов – явление, хорошо известное историкам экономики и теоретикам инноваций, – получает в данной работе строгое математическое описание как бифуркация в динамике функционала системной информации. Переход от пятого к шестому укладу – от информационно-коммуникационных технологий к технологиям искусственного интеллекта, нейроинтерфейсов и квантовых вычислений – трактуется нами как смена стационарной точки в экстремальной задаче накопления системной информации цивилизации.

Монография имеет следующую структуру. Первые главы посвящены изложению математического аппарата УИВП и СЭКТП – тех теоретических инструментов, которые будут применяться на протяжении всего исследования. Далее следуют главы, структурно соответствующие разделам монографии-предшественника, в каждом из которых предмет рассмотрения освещается не только содержательно, но и математически – в терминах УИВП и СЭКТП. Завершают монографию численные примеры расчётов, призванные подкрепить теоретические построения конкретными количественными иллюстрациями.

Авторы убеждены, что предлагаемый синтез не является механическим совмещением двух разнородных подходов. Напротив, теория проф. Луценко Е.В. органично вырастает из той же почвы, что и содержательные исследования шестого технологического уклада: и те и другие исходят из понимания информации как фундаментальной реальности, организующей экономическую жизнь. Задача настоящей монографии – показать это единство во всей его глубине.

ЧАСТЬ I
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ:
УИВП, СЭКТП, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕОРИИ
ТРУДА, РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ И СТОИМОСТИ

ВВЕДЕНИЕ

1. Постановка проблемы и актуальность исследования

Мы живём в эпоху, когда смена технологических укладов происходит с нарастающей скоростью. Если переход от первого к третьему укладу занял более века, то пятый уклад – информационно-коммуникационных технологий – просуществовал лишь несколько десятилетий. На наших глазах разворачивается шестой уклад, движущими силами которого выступают искусственный интеллект, нейротехнологии, квантовые вычисления, биотехнологии и новая энергетика. Этот процесс ставит перед экономической наукой вопросы, которые традиционные методы способны осветить лишь частично.

Экономическая теория технологических укладов – от работ Н.Д. Кондратьева и Й. Шумпетера до современных исследований С.Ю. Глазьева – описывает смену укладов в терминах длинных волн, базисных инноваций и технологических систем. Эти описания чрезвычайно ценны содержательно, однако они, как правило, не обладают той строгостью математического аппарата, которая позволила бы формулировать проверяемые количественные предсказания. Между описанием явления и его математической моделью остаётся разрыв.

Этот разрыв может быть заполнен. Универсальный информационный вариационный принцип (УИВП) – метатеоретическое основание науки, разработанное профессором Е.В. Луценко, – предлагает единый математический язык для описания развития систем любой природы: физических,

химических, биологических, социально-экономических. Согласно УИВП, реальная траектория развития любой системы соответствует экстремуму интегрального функционала системной информации. В экономическом контексте это означает: из всех возможных путей развития экономической системы реализуется тот, при котором суммарная накопленная системная информация максимальна.

Шестой технологический уклад в этом свете предстаёт как не случайный исторический феномен, а закономерный результат максимизации системной информации цивилизации – неизбежное следствие УИВП, применённого к экономической эволюции на вековом горизонте.

2. Цель, задачи и структура монографии

Цель монографии – дать математически строгое описание шестого технологического уклада в рамках УИВП и СЭКТП, интегрировав теоретический аппарат проф. Луценко с содержательными исследованиями VI технологического уклада, представленными в монографии “Вопросы VI технологического уклада: проблемы и решения” (Луганск, 2024).

Задачи исследования:

1. Изложить математический аппарат УИВП, системной теории информации (СТИ) и СЭКТП в форме, пригодной для приложений к анализу технологических укладов.

2. Математически описать смену технологических укладов как бифуркацию функционала системной информации.

3. Показать, что каждый из основных разделов содержательного анализа VI технологического уклада – искусственный интеллект, ноономика, информационное

общество, аграрные технологии, энергетика – допускает строгую формализацию в рамках УИВП и СЭКТП.

4. Вывести все математические выражения, определить все переменные, дать подробное экономическое толкование каждой формулы.

5. Привести численные примеры расчётов, подтверждающие работоспособность предлагаемых моделей.

6. Показать, что УИВП является не умозрительной конструкцией, а работающим инструментом анализа и прогнозирования технологических переходов.

Объект исследования – шестой технологический уклад как системный феномен, описываемый в категориях информации, системной организации и вариационных принципов.

Предмет исследования – математические закономерности формирования, развития и смены технологических укладов, выводимые из УИВП и СЭКТП.

Методологическая основа – Универсальный информационный вариационный принцип (Луценко Е.В., 1979–2026), системная теория информации, аппарат вариационного исчисления, теории поля и дифференциальной геометрии.

Информационная база – работы проф. Е.В. Луценко по УИВП и СЭКТП; монография “Вопросы VI технологического уклада: проблемы и решения” (Луганск, 2024); отечественные и зарубежные публикации по теории технологических укладов, искусственного интеллекта, ноономики и информационной экономики.

3. Методологический разрыв между теорией технологических укладов и современным математическим аппаратом

Теория технологических укладов, восходящая к работам Н.Д. Кондратьева о длинных волнах экономической конъюнктуры, прошла долгий путь развития. К настоящему времени в этой области сложился развитый понятийный аппарат: базисные инновации, технологические системы, диффузия инноваций, жизненный цикл уклада. Однако формализация этих понятий остаётся в значительной мере неполной.

Характерная черта существующих теорий – описательность. Кондратьев описывал длинные волны статистически. Шумпетер описывал “созидательное разрушение” качественно. Глазьев описывает смену укладов через перечисление ключевых технологий. Количественные прогнозы остаются редкостью и, как правило, носят эконометрический, а не теоретический характер.

УИВП предлагает принципиально иной подход: смена укладов – это математически необходимое следствие исчерпания функционала системной информации в рамках текущего технологического базиса. Достигая максимума в данном укладе, функционал перестаёт возрастать; система переходит в состояние неустойчивости – информационной бифуркации, – из которой выходит путём скачка на новый уровень организации. Этот скачок и есть смена технологического уклада.

4. Место настоящей монографии в научном дискурсе

Настоящая монография занимает уникальное место на пересечении нескольких научных дискуссий. С одной стороны, она продолжает и математически углубляет содержательные исследования коллектива Луганского государственного

университета по проблемам VI технологического уклада. С другой – она является одним из первых опытов систематического приложения УИВП и СЭКТП к анализу технологических укладов.

Авторы отдают себе отчёт в том, что предлагаемый математический аппарат предъявляет высокие требования к читателю. Вместе с тем они убеждены, что без такого аппарата невозможно добиться той строгости и предсказательной силы, которых заслуживает исследование одного из важнейших явлений современности – перехода к шестому технологическому укладу.

Каждый математический результат в монографии сопровождается развёрнутым экономическим толкованием. Каждая формула выводится, а не вводится постулированием. Каждый раздел завершается численным примером. Авторы стремились сделать монографию доступной не только для математиков, но и для экономистов, технологов и управленцев, заинтересованных в понимании глубинных закономерностей технологического прогресса.

1. СИСТЕМНАЯ ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ КАК МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФУНДАМЕНТ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДОВ

1.1. Классическая теория информации и её ограничения применительно к анализу экономических систем

Классическая теория информации, созданная трудами Ральфа Хартли (1928) и Клода Шеннона (1948), дала науке мощный аппарат для измерения и передачи информации. Формула Шеннона для информационной энтропии:

$$H = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

где p_i – вероятность i -го символа алфавита, N – мощность алфавита, – измеряет среднее количество информации, необходимой для кодирования одного символа источника.

Определение переменных в формуле (1):

- H – информационная энтропия источника, измеряется в битах;
- p_i – вероятность появления i -го символа алфавита, $0 \leq p_i \leq 1$, $\sum_{i=1}^N p_i = 1$;
- N – число различных символов алфавита (мощность алфавита).

Экономическое толкование формулы (1). В экономическом контексте p_i можно интерпретировать как вероятность нахождения товара (или экономического агента) в i -м состоянии – ценовом, качественном, территориальном. Энтропия H характеризует неопределённость состояния экономического объекта. Высокая энтропия соответствует слабо структурированному, аморфному состоянию экономики (натуральное хозяйство, хаотичный рынок); низкая –

высокоорганизованному, специализированному состоянию (развитая постиндустриальная экономика).

Формула Хартли для случая равновероятных состояний:

$$I = \log_2 W \quad (2)$$

где W – число возможных равновероятных состояний.

Определение переменных в формуле (2):

- I – количество информации по Хартли, бит;
- W – число возможных равновероятных состояний системы; под “состоянием” в экономическом контексте понимается совокупность всех характеристик экономического объекта – товара, предприятия, рынка – в данный момент времени.

Несмотря на огромное значение этих формул, их применимость к анализу сложных экономических систем ограничена по крайней мере тремя причинами.

Первое ограничение – формула Хартли не различает случай, когда из W возможных состояний системой реализуется лишь одно, и случай, когда реализуются все W состояний одновременно. Между тем для экономики эти ситуации принципиально различны: первая соответствует высоко специализированному, организованному производству, вторая – полностью диверсифицированному, аморфному.

Второе ограничение – формула Шеннона–Хартли не учитывает иерархическую структуру системы. Реальные экономические системы – предприятия, рынки, национальные экономики – обладают многоуровневой иерархией. Крупная корпорация отличается от набора мелких фирм не только размером, но и структурой, которая порождает эмерджентные свойства, не сводимые к сумме частей.

Третье ограничение – классические формулы не дают инструментов для описания *динамики* информационного состояния системы, то есть для формулировки законов, управляющих изменением информации во времени.

Преодоление всех трёх ограничений достигается в рамках системной теории информации (СТИ) профессора Е.В. Луценко, к изложению которой мы теперь переходим.

1.2. Системное количество информации: определение и вывод

Профессором Е.В. Луценко введена системная мера информации, учитывающая не только число возможных состояний системы, но и число фактически реализовавшихся состояний, а также иерархическую структуру системы.

Определение 1.1 (Системное количество информации). Системное количество информации определяется выражением:

$$I(S) = \log_2 \binom{N}{k} = \log_2 \frac{N!}{k! (N-k)!} \quad (3)$$

где:

- $I(S)$ – системное количество информации, характеризующее данное состояние системы (товара, предприятия, экономики в целом);
- N – мощность системы – количество исходных (базовых) равновероятных элементов, из которых строится система;
- k – сложность системы – максимальное число уровней иерархии, $1 \leq k \leq N$.

Подробный вывод формулы (3).

Рассмотрим систему с пространством состояний Ω . Пусть $|\Omega| = N$ – мощность этого пространства, а k – число иерархических уровней, реально реализуемых системой. Информация, необходимая для описания всего пространства состояний (по Хартли):

$$I_{\text{полн}} = \log_2 N$$

Однако реальная система использует не все N состояний произвольно, а организована иерархически: на каждом из k

уровней из N элементов выбирается подмножество. Число способов выбрать k уровней из N элементов – биномиальный коэффициент $\binom{N}{k}$. Системная информация есть логарифм числа таких конфигураций:

$$I(S) = \log_2 \binom{N}{k}$$

Предельные случаи.

При $k = 1$ (система находится на единственном иерархическом уровне): $\binom{N}{1} = N$, откуда $I(S) = \log_2 N$ – формула Хартли. Система полностью определена и неиерархична.

При $k = N$ (максимальная иерархия): $\binom{N}{N} = 1$, откуда $I(S) = 0$. Система использует все N элементов на всех уровнях – полная неупорядоченность, аналог максимальной энтропии.

При $k = N/2$ (оптимальная иерархия по числу конфигураций): $\binom{N}{N/2}$ – максимальное значение биномиального коэффициента; $I(S)$ достигает максимума, что соответствует наибольшей информационной ёмкости системы.

Экономическое толкование формулы (3).

В экономике N – это число всех возможных видов товаров, услуг, технологий, рыночных инструментов, доступных системе. k – число уровней иерархии экономической организации: уровень сырья, полуфабрикатов, комплектующих, конечных продуктов, брендов, рыночных позиций и т.д.

Высокое значение $I(S)$ означает высокую степень экономической организованности и специализации. Высокоразвитая промышленная экономика с чёткой специализацией производства и развитой иерархией (от добычи сырья до высокотехнологичного экспорта) обладает высокой системной информацией. Натуральное хозяйство, в котором каждый производит для собственного потребления без иерархии и специализации, имеет низкую системную информацию.

Численный пример 1.1.

Рассмотрим два гипотетических национальных рынка:

- Рынок А: $N = 100$ видов товаров, $k = 3$ уровня обработки;
- Рынок В: $N = 100$ видов товаров, $k = 10$ уровней обработки.

Для рынка А:

$$I(S_A) = \log_2 \binom{100}{3} = \log_2 161700 \approx 17,3 \text{ бит}$$

Для рынка В:

$$I(S_B) = \log_2 \binom{100}{10} = \log_2 17\,310\,309\,456\,440 \approx 44,0 \text{ бит}$$

Рынок В почти в 2,5 раза превосходит рынок А по системной информации при одинаковом числе базовых видов товаров. Именно глубина иерархии переработки, а не число наименований определяет информационную ёмкость экономики.

1.3. Обобщённое системное количество информации

В более общем случае системная информация определяется через биномиальную сумму по всем реализуемым уровням иерархии:

$$I(S) = \log_2 \sum_{j=0}^k \binom{N}{j} \quad (4)$$

где суммирование ведётся по всем уровням иерархии от 0 до k .

Вывод формулы (4).

Если система реализует не ровно k уровней, а любое число уровней от 0 до k , то полное число конфигураций – сумма биномиальных коэффициентов: $\sum_{j=0}^k \binom{N}{j}$. Логарифм этого числа и есть системная информация в обобщённом смысле.

При $k = N$: $\sum_{j=0}^N \binom{N}{j} = 2^N$, откуда $I(S) = \log_2 2^N = N$ – полная неопределённость.

При $k = 1$: $\sum_{j=0}^1 \binom{N}{j} = 1 + N$, откуда $I(S) = \log_2(1 + N) \approx \log_2 N$ – приближение к формуле Хартли.

1.4. Коэффициент эмерджентности

Определение 1.2 (Коэффициент эмерджентности). Коэффициент эмерджентности характеризует превышение системной информации (по СТИ) над классической информацией по формуле Хартли:

$$k_{\text{эм}} = \frac{\log_2 \sum_{j=0}^k \binom{N}{j}}{\log_2 N} \quad (5)$$

где:

- $k_{\text{эм}}$ – коэффициент эмерджентности (по Луценко): показывает, во сколько раз системная информация (СТИ) превышает классическую (Хартли);
- числитель – обобщённая системная информация;
- знаменатель – классическая информация по Хартли.

Вывод неравенства $k_{\text{эм}} \geq 1$.

При $k = 1$: $\sum_{j=0}^1 \binom{N}{j} = 1 + N > N$, откуда $k_{\text{эм}} = \log_2(1 + N) / \log_2 N > 1$. При $k > 1$: каждое слагаемое $\binom{N}{j}$ добавляется к сумме, поэтому сумма возрастает и $k_{\text{эм}} > 1$. Формально:

$$\sum_{j=0}^k \binom{N}{j} > N = \binom{N}{1} \Rightarrow k_{\text{эм}} = \frac{\log_2 \sum_{j=0}^k \binom{N}{j}}{\log_2 N} > 1$$

Экономическое толкование.

Коэффициент $k_{эм}$ характеризует уровень системности экономического объекта: насколько его информационная ёмкость (по СТИ) превышает классическую оценку (по Хартли).

При $k_{эм} = 1$ ($k = 0$): система является простым множеством без иерархической структуры. Пример – стихийный рынок с ценовой конкуренцией однородных товаров без брендинга и специализации.

При $k_{эм} > 1$: система обладает несколькими уровнями иерархии, что порождает синергетический эффект – эмерджентность. Крупный высокотехнологичный концерн с развитой иерархической структурой производства обладает большим $k_{эм}$, чем сумма изолированных мелких предприятий. Это составляет информационную основу тенденции к концентрации и централизации производства.

Численный пример 1.2.

Сравним две структуры производства:

- Структура А: $N = 50$ элементов, $k = 2$ уровня –
 $I(S_A) = \log_2 \left[\binom{50}{0} + \binom{50}{1} + \binom{50}{2} \right] = \log_2(1 + 50 + 1225) =$
 $\log_2(1276) \approx 10,32$ бит; $k_{эм,А} = 10,32 / \log_2 50 =$
 $10,32 / 5,64 \approx 1,83.$

- Структура В: $N = 50$ элементов, $k = 5$ уровней –
 $\sum_{j=0}^5 \binom{50}{j} = 1 + 50 + 1225 + 19600 + 230300 +$
 $2118760 = 2369936$; $I(S_B) = \log_2(2369936) \approx 21,18$ бит;
 $k_{эм,В} = 21,18 / 5,64 \approx 3,76.$

При одинаковом числе элементов увеличение глубины иерархии с 2 до 5 уровней более чем удвоило коэффициент эмерджентности. Это наглядно показывает, почему переход к более высокому технологическому укладу – с большей глубиной переработки и иерархией технологий – принципиально повышает информационную ёмкость экономики.

1.5. Динамика системной информации: ключевое следствие УИВП

Ключевое следствие УИВП для экономических систем может быть сформулировано следующим образом:

$$\frac{d}{dt}I(S(t)) \rightarrow \max \quad (6)$$

то есть экономические системы стремятся к траекториям развития, при которых скорость накопления системной информации максимальна.

Экономическое толкование формулы (6).

Формула (6) является информационным аналогом и обобщением марковского закона развития производительных сил: производительные силы – технологии, организация труда, знания – суть различные формы накопленной системной информации. Стремление к максимальной скорости накопления системной информации проявляется в экономике как стремление к технологическому прогрессу – от более простых к более сложным и иерархически организованным системам производства.

Это следствие УИВП объясняет *направленность* технологического прогресса: не в сторону упрощения, а в сторону нарастания сложности и иерархичности – то есть в сторону нарастания системной информации. Смена технологических укладов есть дискретная реализация этой непрерывной тенденции.

Теорема 1.1 (Об информационном характере прогресса). Если в t -й момент времени экономическая система находится в состоянии с системной информацией I_t , то при выполнении условий УИВП в следующий период $t + 1$ система перейдет в состояние с $I_{t+1} \geq I_t$.

Доказательство. Из вариационного принципа (УИВП): реальная траектория системы $\phi(t)$ реализует экстремум

(максимум) функционала $\mathcal{S}[\phi]$. Если $\delta^2\mathcal{S} < 0$ (максимум), то любое отклонение от оптимальной траектории снижает \mathcal{S} . Оптимальная траектория обеспечивает неубывание $I(S(t))$ при движении системы вперёд по времени. ▫

Следствие 1.1 (Необратимость технологического прогресса). Системная информация экономики не убывает по времени. Любой “откат” к меньшей системной информации – например, деиндустриализация – есть отклонение от оптимальной траектории УИВП и влечёт потерю конкурентоспособности.

Это следствие даёт строгое теоретическое обоснование наблюдаемой необратимости технологического прогресса – тому факту, что страны, раз освоившие индустриальные технологии, не возвращаются к аграрному укладу.

1.6. Закон ДИКВ и иерархия системной информации

Профессор Луценко формулирует закон повышения качества базиса в терминах иерархии ДИКВ – “Данные – Информация – Знания – Мудрость” (Data – Information – Knowledge – Wisdom):

$$I_{\text{Мудрость}} > I_{\text{Знания}} > I_{\text{Информация}} > I_{\text{Данные}} \quad (7)$$

Определение переменных в формуле (7):

- $I_{\text{Данные}}$ – системная информация на уровне сырых данных – неосмысленных изменений характеристик объектов;
- $I_{\text{Информация}}$ – системная информация на уровне осмысленных данных – данных, прошедших анализ и интерпретацию;
- $I_{\text{Знания}}$ – системная информация на уровне информации, полезной для достижения цели, то есть для управления;

- $I_{\text{Мудрость}}$ – системная информация на уровне знаний о закономерностях применения знаний – знаний второго порядка.

Экономическое толкование. Иерархия ДИКВ – это не просто классификационная схема, а закон нарастания системной информации при переходе от одного уровня обработки к другому. Каждый технологический уклад соответствует доминированию одного из уровней иерархии ДИКВ.

Первый–второй уклады – уровень Данных: господство физического труда и механических технологий, механически передающих форму материалу.

Третий–четвёртый уклады – уровень Информации: господство электроэнергетики и химических технологий, позволяющих целенаправленно преобразовывать вещество.

Пятый уклад – уровень Знаний: господство информационно-коммуникационных технологий, обеспечивающих накопление и передачу осмысленной информации.

Шестой уклад – уровень Мудрости: господство систем искусственного интеллекта, способных не только накапливать и передавать знания, но и автоматически извлекать новые знания из данных, оптимизировать применение знаний и порождать новые научные результаты.

Формально закон нарастания системной информации при смене укладов:

$$I_{VI} > I_V > I_{IV} > I_{III} > I_{II} > I_I \quad (8)$$

где I_n – системная информация экономики в n -м технологическом укладе.

Численный пример 1.3.

Оценим системную информацию экономики в различных укладах через параметры N (число базовых видов экономической деятельности) и k (глубина иерархии переработки):

Уклад	N	k	$I(S)$, бит
I (текстиль, пар)	20	2	$\log_2 211 \approx 7,7$
II (сталь, железные дороги)	50	3	$\log_2 20826$ $\approx 14,3$
III (электричество, химия)	100	5	$\approx 26,8$
IV (автомобили, нефть)	200	7	$\approx 38,5$
V (ИКТ, компьютеры)	500	10	$\approx 54,2$
VI (ИИ, нейротех, квантовые выч.)	1000	15	$\approx 73,6$

Таким образом, каждый новый уклад несёт с собой примерно вдвое больший прирост системной информации по сравнению с предыдущим – нарастающий темп информационного обогащения цивилизации.

1.7. Связь системной информации с производительностью труда

Важнейшее экономическое следствие СТИ состоит в том, что производительность труда есть функция системной информации:

$$P(t) = P_0 \cdot e^{\alpha \cdot I(S(t))} \quad (9)$$

где:

- $P(t)$ – производительность труда в момент t ;
- P_0 – базовая производительность (при нулевой системной информации);
- $\alpha > 0$ – коэффициент информационной отдачи, характеризующий скорость нарастания производительности при увеличении системной информации;

- $I(S(t))$ – системное количество информации экономики в момент t .

Вывод формулы (9).

Из УИВП следует, что экономическая система движется по траектории, максимизирующей $\dot{I}(S)$. Предположим, что производительность труда P пропорциональна скорости создания системной информации: $P \propto \dot{I}(S)$. Тогда из уравнения $\dot{I} = \alpha \cdot I$ (линейная модель нарастания информации) немедленно следует экспоненциальная зависимость (9).

Экономическое толкование.

Формула (9) означает: производительность труда растёт экспоненциально с накоплением системной информации. Это согласуется с эмпирически наблюдаемым законом Мура в микроэлектронике, законом Метькалфа в сетевых технологиях и с общей динамикой производительности в периоды технологических революций.

Численный пример 1.4.

Пусть $P_0 = 1$ (условных единиц), $\alpha = 0,05$. При переходе от пятого к шестому укладу системная информация возрастает с $I_V = 54,2$ до $I_{VI} = 73,6$ бит (по оценке примера 1.3). Тогда:

$$P_V = e^{0,05 \times 54,2} = e^{2,71} \approx 15,0$$

$$P_{VI} = e^{0,05 \times 73,6} = e^{3,68} \approx 39,6$$

Таким образом, переход к шестому укладу обеспечивает рост производительности труда почти в 2,6 раза – результат, сопоставимый с реально наблюдаемыми историческими ускорениями производительности при смене технологических укладов.

1.8. Системное обобщение принципа Эшби и повышение уровня системности модели объекта познания как необходимое условие адекватности процесса его познания

В предыдущих работах автора (1981) предлагается теория об информационной сущности процесса труда и вытекающая из нее информационная теория стоимости. Согласно этой теории труд, по сути, представляет собой информационный процесс записи информации из субъективного информационного образа (проекта) будущего продукта труда в предмет труда, в результате которого предмет труда преобразуется в продукт труда и приобретает заданные полезные свойства, представляющие собой его системные (эмерджентные) свойства. Процесс познания представляет собой обратный по отношению к труду информационный процесс, в котором из объекта познания извлекается информация, составляющая его сущность, как системы. При этом не важно, создан этот объект познания человеком, кем-либо еще или самой природой, т.к. от этого суть дела не меняется. Предлагается системное обобщение принципа Уильяма Росса Эшби: если взаимодействуют две системы разного уровня системности, то система с более высоким уровнем системности, адекватно отражает систему с более низким уровнем системности, а система с более низким уровнем системности упрощенно, неадекватно, ущербно отражает более сложную, т.е. по сути, отражает ее проекцию в пространство меньшего числа измерений. Рассматривается формализуемая когнитивная концепция автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализа). Данная когнитивная концепция описана математически в рамках системной теории информации (СТИ), предложенной автором (2002), для нее разработана методика численных расчетов и она полностью реализована в интеллектуальной системе «Эйдос», являющейся программным

инструментарием АСК-анализа. Показано, что процесс преобразования эмпирических данных в информацию, а ее в знания и решение на основе этих знаний задач идентификации, прогнозирования, принятия решений и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели, полностью сиротствует системному обобщению принципа Эйби и обеспечивает последовательное повышение уровня системности модели объекта моделирования и ее адекватности

Введение

В работе [9] кратко рассмотрены основные векторы движения познания:

- от эмпирического к теоретическому;
- от феноменологических моделей к содержательным;
- от формы к содержанию;
- от явления к сущности;
- от частного к общему и всеобщему;
- от познания локальных в пространстве-времени закономерностей, к познанию глобальных закономерностей.

В данной работе рассмотрены еще три вектора познания, непосредственно связанные с принципом Уильяма Росса Эшби:

- от заблуждения к истине;
- от познания простых объектов познания к познанию сложных объектов познания;
- от познания объектов с низким уровнем системности к познанию объектов с высоким уровнем системности.

Процесс труда как информационный процесс повышения уровня системности предмета труда

В предыдущих работах автора (1979-2020) [1-4] предлагается информационно-функциональная теория развития человека и средств труда в группах общественно-экономических формаций, в рамках которой развиты представления об

информационной сущности процесса труда и вытекающая из них информационная теория стоимости.

Согласно этой теории труд представляет собой информационный процесс перезаписи информации из субъективного образа (информационного проекта) будущего продукта труда в предмет труда, в результате которого предмет труда преобразуется в продукт труда [1-4].

Процесс труда представляет собой деятельность по достижению цели, т.е. процесс управления предметом труда, в результате которого предмет труда переходит в заданное целевое состояние и преобразуется в продукт труда и приобретает заданные полезные свойства, представляющие собой его системные (эмерджентные) свойства. Следовательно, повышение эффективности объекта управления в результате оказания на него управляющего воздействия, является следствием повышения уровня системности объекта управления. Это верно всегда, независимо от того, что является предметом труда и в чем заключаются цели управления. Поэтому, по сути, всегда целью управления является повышение уровня системности объекта управления. При этом уровень системности объекта управления возрастает в результате записи в него информации о его будущем целевом состоянии, содержащейся в его информационном проекте. Каналами передачи информации из субъективного образа будущего продукта труда в предмет труда является сам человек (его физическое тело и психика), а также средства труда различного функционального уровня [1-4].

Рассмотрим наглядный пример с вазой или статуей, имеющий очень древнее происхождение и восходящий еще к Аристотелю. По Аристотелю ваза (статуя) это глина которой придана форма. Труд (гончара или скульптора) это и есть процесс придания глине формы вазы (статуи).

Согласно современным научным представлениям форма представляет собой ничто иное как структуру, в которой записана

информация. По сути, процесс труда представляет собой процесс перезаписи информации из образа будущего продукта труда в предмет труда, по мере которого предмет труда структурируется и преобразуется в продукт труда [1-4].

Аристотель писал, что целое больше суммы своих частей. Что же он имел виду? Казалось бы, истинность этого высказывания гения легко проверить. Для этого достаточно разбить вазу и взвесить ее осколки. Если вес осколков окажется таким же, как вес вазы, а это так и есть, то истинность этого высказывания Аристотеля можно поставить под сомнение.

Однако Аристотель ведь ничего не говорил о весе вазы и ее осколков. Он говорил только о целом и его частях. Ясно, что осколки вазы не эквивалентны целой вазе ни функционально, ни и эстетически. Поэтому целая ваза безусловно больше, чем ее осколки, взятые по отдельности, т.е. Аристотель прав.

Но что же конкретно было потеряно, когда ваза разбилась? И возможно ли это, то, что было потеряно, восстановить? Очевидно, когда ваза была разбита, то потеряна была не глина, т.к. она никуда не делась, потеряно было именно то, что вложил в глину гончар, в результате чего глина и преобразовалась в вазу. Это информация о форме вазы, о том, как связаны ее элементы друг с другом.

Эту информацию о форме вазы, т.е. о том, как были связаны ее элементы друг с другом, когда она была целая, вполне возможно восстановить. Тут сразу вспоминается цветик-семицветик, и действительно в этом есть какое-то волшебство. Раньше археологи делали это, разложив осколки на столе и складывая их так, чтобы линии излома осколочков совпали. Теперь же осколки нумеруют маркером, сканируют и специальная программа складывает их так, как они были распложены в целой вазе, т.е. восстанавливает информацию о взаимосвязях каждого осколка с другими осколками.

Ваза представляет собой *систему*, объединяющую в единое целое особым образом связанные друг с другом элементы глины, в результате чего множество этих элементов преобразуется в целостную систему и у нее появляются новые системные (эмерджентные) свойства, как функциональные, так и эстетические, которых не было у элементов глины.

Таким образом, целая ваза имеет гораздо более высокий уровень системности, чем множество ее осколков, взятых по отдельности. Когда ваза создается гончаром, он повышает уровень системности глины, в результате чего возникает система – ваза, с полезными для людей системными свойствами. Когда же ваза разбивается, то это разрушает связи между элементами вазы и она преобразуется в исходное множество элементов, не связанных друг с другом.

Нечто подобное происходит и тогда, когда возникает жизнь или она исчезает. Информация, которая есть в человеке и превращает его в живого называется Душой. Смерть же связана с разрывом связи между Душой и телом [5].

Таким образом:

– при разрушении вазы теряется информация о форме вазы и ваза превращается из системы в множество элементов, не связанных друг с другом, и при этом исчезают все системные свойства вазы;

– труд представляет собой информационный процесс перезаписи информации из субъективного образа будущего продукта труда в предмет труда, и по мере хода этого процесса повышается уровень системности предмета труда, предмет труда преобразуется в продукт труда, т.е. в систему, у которой появляются новые системные (эмерджентные) свойства, полезные для людей, которых не было у предмета труда;

– поэтому в конечном счете целью управления всегда является повышение уровня системности объекта управления, во всяком случае когда мы хотим что-то создать, а не уничтожить.

Процесс познания как информационный процесс повышения уровня системности модели объекта познания

Процесс познания представляет собой информационный процесс обратный по отношению к труду, в котором от предмета познания к субъекту познания передается информация, *составляющая сущность предмета познания, как системы*, благодаря которой предмет познания и существует как система со своими системными (эмерджентными) свойствами. При этом не играет роли, кем создан этот предмет познания: человеком, кем-либо еще или самой природой, т.к. от этого суть процесса познания не меняется.

Модель предмета познания есть система, специально созданная для адекватного отражения объекта познания и для его исследования путем исследования его модели.

Адекватность модели как системы есть ее эмерджентное свойство, которое повышается при повышении уровня системности модели. А уровень системности тем выше, чем больше взаимосвязей между базовыми элементами системы и чем эти связи более интенсивны [6-8]1.

По мнению автора, важнейшую роль в описании процесса познания как процесса познания системной сущности предмета познания² играет принцип Эшби, точнее не сам принцип Эшби, а его системное обобщение, предложенное автором в работе [9].

Принцип Эшби: «Управление может быть обеспечено только в том случае, если *разнообразие* средств управляющего (в данном

1 Работы автора по информационным мерам сложности систем (коэффициентам эмерджентности) и системному обобщению математики: http://lc.kubagro.ru/aidos/Work_on_emergence.htm

2 Работы автора по выявлению, представлению и использованию знаний, логике и методологии научного познания: http://lc.kubagro.ru/aidos/Works_on_identification_presentation_and_use_of_knowledge.htm

случае всей системы управления) по крайней мере не меньше, чем *разнообразии* управляемой им ситуации».

В работе [9] автором предлагается следующая формулировка принципа Уильяма Росса Эшби: Если взаимодействуют две системы разного уровня сложности, то более сложная система адекватно отражает более простую систему, а более простая система неадекватно отражает более сложную, *т.е. отражает ее, но лишь в форме проекции*.

В качестве примера можно привести фотографию, которая представляет собой проекцию трехмерной сцены в двухмерное пространство и приводит к необратимой потере информации об исходной системе.

Проекция – это отображение многомерного объекта в пространство меньшего числа измерений. Проекция – это неадекватное отображение, т.к. при ней происходит необратимая потеря информации об отображаемом объекте. Так как сложность мира несопоставимо выше сложности человека, как субъекта познания, то отображение реального мира в нашем сознании также имеет характер проекции и при этом неизбежно происходит потеря информации об объекте познания.

Наиболее ярко эту форму ограниченности возможностей нашего познания описал величайший греческий философ Платон в знаменитом Мифе о Пещере³. Платон говорил о том, что люди в пещере на стене, противоположной от входа, видят лишь *тени, т.е. проекции* реальных трехмерных объектов, появляющихся перед входом, на двухмерную плоскость стены. Так и мы видим лишь проекции Эйдосов в наше трехмерное пространство. Поэтому людям сложно понять мир идей (Эйдосов) и они имеют об этом мире идей весьма упрощенное и неадекватное представление, а за реальность принимают лишь тени мира идей, а значит вообще не понимают, что они ошибочно принимают за

3 <https://yandex.ru/search/?text=Платон%20миф%20о%20пещере&lr=35>

реальность. Точно такое же превратное представление они имеют и о самих себе, в частности думая, что они – это физическое тело и что они мыслят мозгом.

Сложность систем связана с их уровнем системности фактически линейно, т.е. ***чем сложнее система, тем выше ее уровень системности и тем сложнее ее познать.***

На основе этого предлагается **системное обобщение принципа Уильяма Росса Эшби**: если взаимодействуют две системы разного уровня системности, то система с более высоким уровнем системности, адекватно отражает систему с более низким уровнем системности, а система с более низким уровнем системности упрощенно, неадекватно, ущербно отражает систему с более высоким уровнем системности, т.е. по сути, отражает ее проекцию в пространство меньшего числа измерений.

Поэтому ***повышение уровня системности модели объекта познания и самого субъекта познания является необходимым условием адекватности процесса познания.***

Поэтому чтобы модель адекватно отражала объект познания уровень ее системности должен быть не ниже, а желательно и выше, чем уровень системности объекта познания. Последовательное повышение уровня системности модели объекта познания является необходимым условием адекватности процесса его познания.

Формализуемая когнитивная концепция АСК-анализа

Кратко рассмотрим формализуемую когнитивную концепцию автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализа) [1]. Данная когнитивная концепция описана математически в рамках системной теории информации (СТИ), предложенной автором (2002), для нее разработана методика численных расчетов и она полностью реализована в интеллектуальной системе «Эйдос», являющейся программным инструментарием АСК-анализа [1, 10, 11].

Процесс преобразования эмпирических данных в информацию, а ее в знания и решение на основе этих знаний задач идентификации, прогнозирования, принятия решений и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели, полностью соответствует системному обобщению принципа Эшби и обеспечивает последовательное повышение уровня системности модели объекта моделирования и ее адекватности.

Суть предложенной когнитивной концепции состоит в том, что процесс познания рассматривается как многоуровневая иерархическая система обработки данных, информации и знаний, в которой каждый последующий уровень является результатом **интеграции** элементов предыдущего уровня и появлении новых взаимосвязей между всеми элементами модели. Это значит, что каждый следующий уровень познания является **системой**, основанной на элементах предыдущего уровня, определенным образом связанных между собой. Поэтому каждый новый уровень познания повышает уровень системности модели объекта познания и степень адекватности отражения объекта познания в этой модели (рисунок 1).

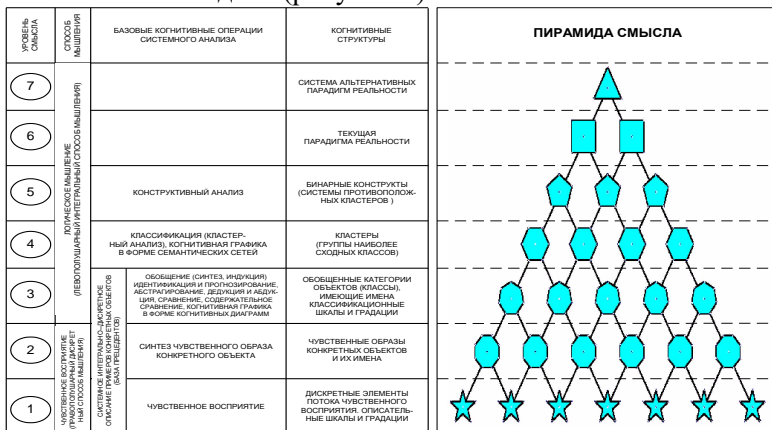


Рисунок 1. Обобщенная схема когнитивной концепции АСК-анализа [1]4

4 См, например: <http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos02/2.3.htm>

На 1-м базовом уровне этой системы находятся дискретные элементы потока чувственного восприятия.

На 2-м уровне дискретные элементы чувственного восприятия интегрируются в чувственный образ конкретного объекта.

Если продолжить рассмотрение Аристотелевского примера с вазой, сделанной гончаром, разбитой песками времени и восстановленной археологами, то *процесс синтеза конкретного образа вазы можно уподобить работе археологов. Как археологи воссоздают вазу из ее осколков, так и в процессе ее восприятия из чувственно-воспринимаемых фрагментов вазы воссоздается ее конкретный образ.* И в том и в другом случае происходит один и тот же процесс: возникновение целостной системы из разрозненных до этого элементов за счет выявления и восстановления взаимосвязей между этими элементами.

Этот процесс очень напоминает также процесс складывания картины из пазлов. В результате этого процесса кучка пазлов превращается в прекрасную картину, уровень системности которой намного выше, чем у кучки пазлов. Аналогично строительные материалы превращаются в дом. А из букв образуются слова, предложения и текст, в т.ч. текст данной статьи. Ярким примером повышения уровня системности является эмбриогенез и вообще развитие организмов. Все это примеры образования систем из элементов путем записи информации в структуру этих систем.



Во время обучения автора данной статьи в Кубанском госуниверситете в 1972-1977 годах психологию вел доцент Иван Григорьевич Кукосян, впоследствии ставший доктором психологических наук, профессором, известным ученым и организатором дополнительного образования и психологической

службы в школах и вообще в учебных заведениях [13]. Занятия он вел очень креативно, интересно и содержательно. Чувствовалось, что ему и самому все это было очень интересно, то, что он нам рассказывал. Нам его занятия очень нравились.

На одном из лекционных занятий в большой аудитории в форме амфитеатра он только поздоровавшись, сразу развернул на доске какой-то странный плакат, представлявший собой лист ватмана весь покрытый каким-то черными точками и черточками разной формы.

– Что здесь изображено? – без какого-либо предисловия или вступления сразу спросил он.

Этот вопрос нас очень удивил.

– Как что, какие-то точки и черточки, смеясь, отвечали мы.

– Да, это верно, но какое изображение создают эти точки и черточки?

Меня этот вопрос очень удивил, т.к. я ничего не видел на плакате, кроме точек и черточек. И вдруг кто-то слева внизу крикнул:

– Там пограничник с собакой!

Какую-то долю секунды я был в некотором смятении и замешательстве и вдруг совершенно неожиданно четко увидел пограничника с собакой на пологом склоне рядом с высокой сосной. Пограничник опустил на одно колено, был в фуражке, за спиной у него было видно оружие. Собака овчарка рядом с ним сидела на хвосте, и наострив уши, внимательно смотрела туда же, куда и пограничник. А он вглядывался куда-то вдаль, в бескрайнюю покрытую лесом равнину, по которой за горизонт вилась река.

И тут уже все стали кричать:

– Да, точно, там пограничник с собакой на берегу реки!

Так что же произошло? Почему изображение пограничника с собакой не осознавалось, не смотря на то, что все его элементы

были четко видны и осознаваемы, и вдруг внезапно и скачкообразно стало осознаваемым?

По мнению автора, *целостный образ конкретного объекта представляет собой систему, элементами которой являются взаимосвязанные друг с другом фрагменты чувственного восприятия этого объекта. Процесс синтеза целостного образа конкретного объекта представляет собой процесс синтеза системы из разрозненных до этого фрагментов чувственного восприятия этого объекта путем выявления и восстановления взаимосвязей между этими фрагментами. Субъективный образ объекта представляет собой модель, отражающую реальный объект, и эта модель имеет значительно более высокий уровень системности, чем не связанные друг с другом чувственно-воспринимаемые фрагменты образа объекта.*

Процесс познания начинается с чувственного восприятия фрагментов объекта познания. Затем эти фрагменты используются для синтеза конкретного образа объекта познания. Этот конкретный образ представляет собой целостную *систему*, в которой чувственно-воспринимаемые фрагменты объекта познания информационно взаимосвязаны между собой.

На 3-м уровне конкретные образы объектов *интегрируются* в обобщенные образы классов и факторов, т.е. путем обобщения конкретных образов объектов создаются обобщенные образы классов.

При этом появляется возможность определить, какие признаки являются более характерными, а какие менее характерными или вообще нехарактерными для того или иного обобщенного образа класса. Классы имеют наименования разной степени общности от очень обобщенных, до почти конкретных, например: «Животное», «Млекопитающее», «Кошка». Также могут быть созданы классы на основе одного-единственного

примера конкретного объекта, который к нему относится, например: «Мурка».

После создания обобщенных образов классов появляется возможность решения задачи **сравнения** конкретных образов объектов с обобщенными образами классов. Это задача распознавания, идентификации, классификации, диагностики и прогнозирования. При идентификации конкретного объекта с классом мы поучаем об этом конкретном объекте всю информацию, известную о классе. Нами решение этой задачи осознается как **узнавание** объектов, возможность их называния по конкретному или обобщенному имени.

На 4-м уровне обобщенные образы классов сравниваются друг с другом и образуют интегрированные структуры – кластеры различных уровней общности. Внутри кластеров вариабельность классов по признакам входящих в них классов минимальна, а между кластерами максимальна.

На 5-м уровне кластеры сравниваются друг с другом и образуют конструкторы. Конструктор – это понятие, имеющее противоположные по смыслу полюса и спектр промежуточных понятий. Промежуточные понятия ранжированы в какой-либо шкале: порядковой или числовой.

На 6-м уровне система конструкторов образуют текущую парадигму реальности (т.е. человек познает мир путем синтеза и применения конструкторов).

Мы мыслим в системе конструкторов. Система конструкторов образуют **парадигму реальности**. Они представляют собой оси когнитивного пространства. При познании увеличивается как количество конструкторов, так и их смысловой диапазон, уточняется определение позиций градаций между полюсами конструкторов (происходит переход от порядковых шкал к числовым шкалам), а значит, **увеличивается размерность когнитивного пространства и его объем**.

На 7-м же уровне обнаруживается, что текущая парадигма реальности не является единственно-возможной и существуют различные формы сознания, для которых характерны различные парадигмы реальности [4]. В конце 1978 году автором предложена критериальная периодическая классификация форм сознания, включающая 49 форм сознания [4] (рисунок 2).



Рисунок 2. Критериальная периодическая классификация форм сознания [4]

В этой классификации есть **критерий уровня развития сознания**: это объем области адекватно осознаваемого, т.е. размерность и объем когнитивного пространства, который в свете предложенного системного обобщения принципа Эшби, по сути, означает, что **чем выше форма сознания, тем выше ее уровень системности, тем выше возможности адекватного познания при этой форме сознания.**

Таким образом, можно обоснованно считать, что **уровень системности представляет собой универсальный критерий уровня развития сознания**: чем выше уровень системности формы сознания, тем выше уровень этой формы сознания.

Чем выше форма сознания, тем выше ее уровень системности и тем выше уровень системности парадигмы реальности при этой форме сознания, тем выше возможности адекватного познания при этой форме сознания. Поэтому при различных формах сознания свои формы и методы познания, с совершенно различными возможностями.

Например, *истина*, которая при обычной форме сознания является пределом, к которому бесконечно стремится процесс познания, при более высоких формах сознания является предметом непосредственного чувственного восприятия.

Существует четыре варианта взаимодействия людей с разной размерностью и объемом когнитивных пространств:

- они не пересекаются;
- частично пересекаются;
- полностью совпадают;
- одно когнитивное пространство полностью внутри другого и представляет собой его подпространство.

Понятно, что в соответствии с системным обобщением принципа Эшби люди с разными объемами когнитивных пространств, находящимися в различных соотношениях друг с другом, по-разному осознают друг друга.

По этому поводу уместно вспомнить одну восточную притчу про ученика, который всю жизнь искал Учителя, а когда нашел его, то оказалось, что он с детства жил рядом с Учителем, видел его почти каждый день, и при этом совершенно не догадывался о том, кого он видит⁵. Видел не видя, и слышал не слыша... К всему сказанному прямое отношение имеет 3-х теоремный шедевр Клейна о неврубающемся человеке: <http://klein.zen.ru/old/Vrubb.htm>.

⁵ <http://klein.zen.ru/old/Vrubb.htm>

Ключевым для когнитивной концепции является понятие факта, под которым понимается соответствие дискретного и интегрального элементов познания (т.е. элементов разных уровней интеграции-иерархии), обнаруженное на опыте. Например, фактом является обнаружение определенного признака (значения свойства или значения фактора) у объекта, относящегося к определенному классу.

Факт рассматривается как квант смысла, что является основой для его формализации. Таким образом, происхождение смысла связывается со своего рода "разностью потенциалов", существующей между смежными уровнями интеграции-иерархии обработки информации в процессах познания.

1. Процесс познания начинается с чувственного восприятия. Различные органы восприятия дают качественно-различную чувственную информацию в форме дискретного потока элементов восприятия. Эти элементы формализуются с помощью описательных шкал и градаций.

2. В процессе накопления опыта выявляются взаимосвязи между элементами чувственного восприятия: одни элементы часто наблюдаются с другими (имеет место их пространственно-временная корреляция), другие же вместе встречаются достаточно редко. Существование устойчивых связей между элементами восприятия говорит о том, что они отражают некую реальность, интегральную по отношению к этим элементам. Эту реальность будем называть объектами восприятия. Рассматриваемые в единстве с объектами элементы восприятия будем называть признаками объектов. Таким образом, органы восприятия дают чувственную информацию о признаках наблюдаемых объектов, процессов и явлений окружающего мира (объектов). Чувственный образ конкретного объекта представляет собой систему, возникающую как результат процесса синтеза признаков этого объекта. В условиях усложненного восприятия синтез чувственного образа объекта

может быть существенно замедленным и даже не завершаться в реальном времени.

3. Человек присваивает конкретным объектам названия (имена) и сравнивает объекты друг с другом. При сравнении выясняется, что одни объекты в различных степенях сходны по их признакам, а другие отличаются. Сходные объекты объединяются в обобщенные категории (классы), которым присваиваются имена, производные от имен входящих в категорию конкретных объектов. Классы формализуются с помощью классификационных шкал и градаций и обеспечивают интегральный способ описания действительности. Путем обобщения (синтеза, индукции) информации о признаках конкретных объектов, входящих в те или иные классы, формируются обобщенные образы классов. Накопление опыта и сравнение обобщенных образов классов друг с другом позволяет определить степень характерности признаков для классов, смысл признаков и ценность каждого признака для идентификации конкретных объектов с классами и сравнения классов, а также исключить наименее ценные признаки из дальнейшего анализа без существенного сокращения количества полезной информации о предметной области (абстрагирование). Абстрагирование позволяет существенно сократить затраты внутренних ресурсов системы на анализ информации. Идентификация представляет собой процесс узнавания, т.е. установление соответствия между чувственным описанием объекта, как совокупности дискретных признаков, и неделимым (целостным) именем класса, которое ассоциируется с местом и ролью воспринимаемого объекта в природе и обществе. Дискретное и целостное восприятие действительности поддерживаются как правило различными полушариями мозга: соответственно, правым и левым (доминантность полушарий). Таким образом именно системное взаимодействие интегрального (целостного) и дискретного способов восприятия обеспечивает возможность установление

содержательного смысла событий. При выполнении когнитивной операции "содержательное сравнение" двух классов определяется вклад каждого признака в их сходство или различие.

4. После идентификации уникальных объектов с классами возможна их классификация и присвоение обобщающих имен группам похожих классов. Для обозначения группы похожих классов используем понятие "кластер". Но и сами кластеры в результате выполнения когнитивной операции "генерация конструктов" могут быть классифицированы по степени сходства друг с другом. Для обозначения системы двух противоположных кластеров, с "спектром" промежуточных кластеров между ними, будем использовать термин "бинарный конструкт", при этом сами противоположные кластеры будем называть "полюса бинарного конструкта". Бинарные конструкты классов и атрибутов, т.е. конструкты с двумя полюсами, наиболее типичны для человека и представляет собой когнитивные структуры, играющие огромную роль в процессах познания. Достаточно сказать, что познание можно рассматривать как процесс генерации, совершенствования и применения конструктов. Качество конструкта тем выше, чем сильнее отличаются его полюса, т.е. чем больше диапазон его смысла.

Адаптация и пересинтез модели как увеличение размерности когнитивного пространства модели и уровня системности модели

Результаты идентификации и прогнозирования, осуществленные с помощью модели, путем выполнения когнитивной операции "верификация" сопоставляются с опытом, после чего определяется целесообразность выполнения когнитивной операции "обучение". При этом может возникнуть три основных варианта:

1. Объект, входит в обучающую выборку и достоверно идентифицируется (внутренняя валидность, в адаптации нет необходимости).

2. Объект, не входит в обучающую выборку, но входит в исходную генеральную совокупность, по отношению к которой эта выборка репрезентативна, и достоверно идентифицируется (внешняя валидность, добавление объекта к обучающей выборке и адаптация модели приводит к количественному уточнению смысла признаков и образов классов).

3. Объект не входит в исходную генеральную совокупность и идентифицируется недостоверно (внешняя валидность, добавление объекта к обучающей выборке и синтез модели приводит к качественному уточнению смысла признаков и образов классов, исходная генеральная совокупность расширяется).

К ПОЯСНЕНИЮ ПОНЯТИЙ: "АДАПТАЦИЯ И СИНТЕЗ МОДЕЛИ":
"ВНУТРЕННЯЯ И ВНЕШНЯЯ ВАЛИДНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ"

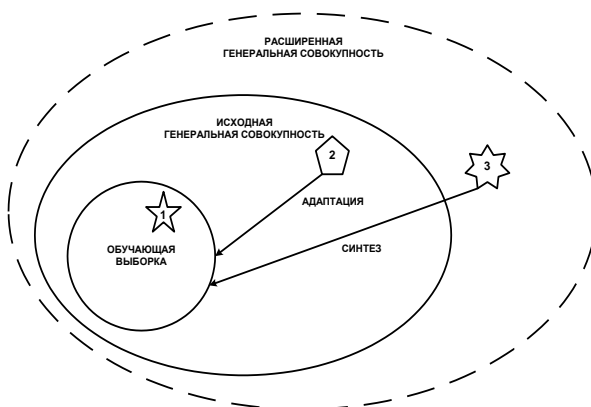


Рисунок 3. К пояснению смысла понятий: "Адаптация и синтез системно-когнитивной модели предметной области", "Внутренняя и внешняя валидность системно-когнитивной модели"

Если какие-то объекты распознаваемой выборки плохо распознаются, т.е. мало похожи на обобщенные образы классов, существующих в модели, то это означает, что вектора состояний этих объектов практически ортонормированны

(перпендикулярны) к векторам классов. Значит, эти распознаваемые объекты не относятся к генеральной совокупности, по отношению к которой обучающая выборка репрезентативна. Если мы добавим их к обучающей выборке и создадим для этого соответствующие классы, к которым они фактически относятся, то этим самым увеличим размерность когнитивного пространства модели, его объем и уровень системности, а значит, модель получит более развитые возможности по адекватному отражению более широкой области познания.

Поддержка процесса познания в системе «Эйдос»

В данном разделе на простом примере лабораторной работы 3.03 кратко рассмотрим основные режимы интеллектуальной системы «Эйдос» и их выходные формы, соответствующие различным этапам и иерархическим уровням процесса познания. На рисунке 4 в обобщенной и схематичной форме представлен этот процесс.

Интеллектуальная система «Эйдос» является программным инструментарием АСК-анализа и полностью реализует его формализованную когнитивную концепцию, представленную на рисунке 1. Конечно, необходимо отметить, что система «Эйдос» сама не мыслит, но она является инструментом мышления, многократно увеличивающими возможности естественного интеллекта. Примерно также микроскоп или телескоп сами не видят, но многократно увеличивают возможности естественного зрения (правда, если оно есть).

В системе «Эйдос» каждый этап познания добавляет в модель объекта познания новые интегрированные структуры более высокого иерархического уровня познания, которые связаны между собой и структурами других уровне новыми связями. В результате уровень системности модели и ее возможность адекватного отражения объекта познания возрастают [9].

**Последовательность обработки данных, информации и знаний в системе «Эйдос»,
повышение уровня системности данных, информации и знаний,
повышение уровня системности моделей**

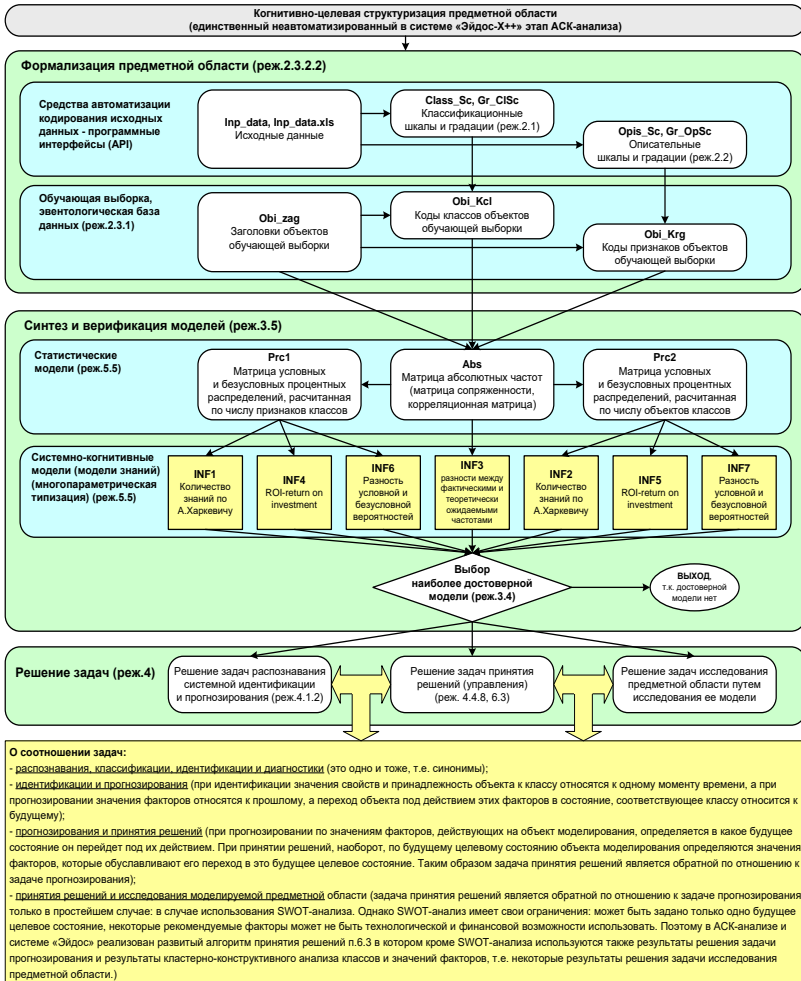


Рисунок 4. Обобщенная схема обработки данных, информации и знаний в интеллектуальной системе «Эйдос»

Исходные данные этой лабораторной работы приведены в таблице 1:

Таблица 1. Исходные данные

Объект	Конкретный класс	Обобщающий класс	Цвет	Материал	Размер-1	Размер-2	Наличие экрана	Наличие кнопок	Наличие проводов	Формы	Наличие ножек
Мышь1	мышка	элемент компьютера	Черный	Пластмаса	под руку	8,0	нет	есть	есть	округлая	нет
Мышь2	мышка	элемент компьютера	Белый	Пластмаса	под руку	8,0	нет	есть	есть	округлая	нет
мышь3	мышка	элемент компьютера	серый	Пластмаса	под руку	8,0	нет	есть	есть	округлая	нет
клавиатура1	клавиатура	элемент компьютера	черная	Пластмаса	средний	30,0	нет	есть	есть	прямоугольная	нет
клавиатура2	клавиатура	элемент компьютера	белая	Пластмаса	средний	32,0	нет	есть	есть	прямоугольная	нет
сумка1	сумка	аксессуар	бежевая	кожа	большой	41,0	нет	нет	нет	прямоугольная	нет
сумка2	сумка	аксессуар	черная	силикон	средний	42,0	нет	нет	нет	овальная	нет
сумка3	сумка	аксессуар	красная	кожзам	средний	38,0	нет	нет	нет	прямоугольная	нет
монитор1	монитор	элемент компьютера	черный	Пластмаса	средний	40,0	есть	есть	есть	квадратная	нет
монитор2	монитор	элемент компьютера	серый	Пластмаса	средний	37,0	есть	есть	есть	квадратная	нет
стул	стул	мебель	серый	метал	средний	60,0	нет	нет	нет	сложная	есть
стол	стол	мебель	коричневый	деревяный	большой	150,0	нет	нет	нет	прямоугольная	есть
вешалка	вешалка	мебель	светло коричневая	деревяный	большая	200,0	нет	нет	нет	сложная	нет
телефон1	телефон	средство связи	белый	Пластмаса	под руку	7,0	есть	есть	нет	прямоугольная	нет
телефон2	телефон	средство связи	черный	Пластмаса	под руку	7,0	есть	есть	нет	прямоугольная	нет
телефон3	телефон	средство связи	серый	Пластмаса	под руку	8,0	есть	есть	нет	прямоугольная	нет
мяч пинг-понг	мяч	спорт инвентарь	белый	пластмаса	маленький	20,0	нет	нет	нет	круглая	нет
мяч теннис	мяч	спорт инвентарь	желтый	резина	средний	25,0	нет	нет	нет	круглая	нет
мяч футбол	мяч	спорт инвентарь	черно-белый	кожа	большой	24,0	нет	нет	нет	круглая	нет
мяч баскетбол	мяч	спорт инвентарь	оранжевый	резина	большой	30,0	нет	нет	нет	круглая	нет

На 1-м базовом уровне этой системы находятся дискретные элементы потока чувственного восприятия.

В системе «Эйдос» эти элементы чувственного восприятия или результаты измерений представляют собой значения свойств или значения факторов, т.е. признаки объектов (таблица 2).

Таблица 2. Описательные шкалы и градации

KOD_ATR	NAME_ATR
1	ЦВЕТ-бежевая
2	ЦВЕТ-белая
3	ЦВЕТ-Белый
4	ЦВЕТ-желтый
5	ЦВЕТ-коричневый
6	ЦВЕТ-красная
7	ЦВЕТ-оранжевый
8	ЦВЕТ-светло коричневая
9	ЦВЕТ-серый
10	ЦВЕТ-черная
11	ЦВЕТ-черно-белый
12	ЦВЕТ-Черный
13	МАТЕРИАЛ-деревяный

14	МАТЕРИАЛ-кожа
15	МАТЕРИАЛ-кожзам
16	МАТЕРИАЛ-метал
17	МАТЕРИАЛ-Пластмаса
18	МАТЕРИАЛ-резина
19	МАТЕРИАЛ-силикон
20	РАЗМЕР-1-большая
21	РАЗМЕР-1-большой
22	РАЗМЕР-1-маленький
23	РАЗМЕР-1-под руку
24	РАЗМЕР-1-средний
25	РАЗМЕР-2-1/12-{7.0000000, 23.0833333}
26	РАЗМЕР-2-2/12-{23.0833333, 39.1666667}
27	РАЗМЕР-2-3/12-{39.1666667, 55.2500000}
28	РАЗМЕР-2-4/12-{55.2500000, 71.3333333}
29	РАЗМЕР-2-5/12-{71.3333333, 87.4166667}
30	РАЗМЕР-2-6/12-{87.4166667, 103.5000000}
31	РАЗМЕР-2-7/12-{103.5000000, 119.5833333}
32	РАЗМЕР-2-8/12-{119.5833333, 135.6666667}
33	РАЗМЕР-2-9/12-{135.6666667, 151.7500000}
34	РАЗМЕР-2-10/12-{151.7500000, 167.8333333}
35	РАЗМЕР-2-11/12-{167.8333333, 183.9166667}
36	РАЗМЕР-2-12/12-{183.9166667, 200.0000000}
37	НАЛИЧИЕ ЭКРАНА-есть
38	НАЛИЧИЕ ЭКРАНА-нет
39	НАЛИЧИЕ КНОПОК-есть
40	НАЛИЧИЕ КНОПОК-нет
41	НАЛИЧИЕ ПРОВОДОВ-есть
42	НАЛИЧИЕ ПРОВОДОВ-нет
43	ФОРМЫ-квадратная
44	ФОРМЫ-круглая
45	ФОРМЫ-овальная
46	ФОРМЫ-округлая
47	ФОРМЫ-прямоугольная
48	ФОРМЫ-сложная
49	НАЛИЧИЕ НОЖЕК-есть
50	НАЛИЧИЕ НОЖЕК-нет

Таблица 1 представляет собой базу данных: Attributes.dbf, которая открывается в MS Excel. Эта база данных формируется, например, в результате работы автоматизированного программного интерфейса (API) 2.3.2.2. Свойства объекта

моделирования или факторы формализуются с помощью описательных шкал [17]. Градации описательных шкал представляют собой значения свойств, значения факторов (признаки).

Новые элементы модели на 1-м уровне процесса познания – это элементы чувственного восприятия (признаки).

Новые связи между новыми элементами отсутствуют.

На 2-м уровне дискретные элементы чувственного восприятия интегрируются в чувственный образ конкретного объекта.

В системе «Эйдос» математической моделью конкретного объекта, т.е. функцией, описывающей его состояние, является *множество* его признаков (значений свойств или значений факторов). По сути, функция объекта – это вектор, координатами которого являются коды его признаков в различных описательных шкалах (таблица 3).

Таблица 3. Функции объектов обучающей выборки

NAME_OBJ	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
Мышь1	12	17	23	25	38	39	41	46	50
Мышь2	3	17	23	25	38	39	41	46	50
мышь3	9	17	23	25	38	39	41	46	50
клавиатура1	10	17	24	26	38	39	41	47	50
клавиатура2	2	17	24	26	38	39	41	47	50
сумка1	1	14	21	27	38	40	42	47	50
сумка2	10	19	24	27	38	40	42	45	50
сумка3	6	15	24	26	38	40	42	47	50
монитор1	12	17	24	27	37	39	41	43	50
монитор2	9	17	24	26	37	39	41	43	50
стул	9	16	24	27	38	40	42	48	49
стол	5	13	21	33	38	40	42	47	49
вещалка	8	13	20	36	38	40	42	48	50
телефон1	3	17	23	25	37	39	42	47	50
телефон2	12	17	23	25	37	39	42	47	50
телефон3	9	17	23	25	37	39	42	47	50
мяч пинг-понг	3	17	22	25	38	40	42	44	50
мяч теннис	4	18	24	26	38	40	42	44	50
мяч футбол	11	14	21	26	38	40	42	44	50
мяч баскетбол	7	18	21	26	38	40	42	44	50

Таблица 3 представляет собой базу данных: Obi_Kpr.dbf, которая открывается в MS Excel. Эта база данных формируется, например, в результате работы автоматизированного программного интерфейса (API) 2.3.2.2.

Новые элементы модели на 2-м уровне процесса познания – это образы конкретных объектов.

Новые связи между элементами модели – это связи между признаками, связывающие их в образ конкретного объекта. По сути, эти связи между элементами модели образуются за счет того, что признаки конкретного объекта представляют собой координаты векторной функции этого объекта.

На 3-м уровне конкретные образы объектов *интегрируются* в обобщенные образы классов и факторов, т.е. путем *обобщения* конкретных образов объектов *создаются обобщенные образы классов* (рисунок 4). При этом используется априорная информация, содержащаяся в обучающей выборке (таблицы 4 и 5), о принадлежности объектов к классам. Источником этой информации является эксперт, эмпирический опыт или результаты кластерного анализа объектов обучающей выборки.

Таблица 4. Классификационные шкалы и градации

KOD_CLS	NAME_CLS
1	КОНКРЕТНЫЙ КЛАСС-вещалка
2	КОНКРЕТНЫЙ КЛАСС-клавиатура
3	КОНКРЕТНЫЙ КЛАСС-монитор
4	КОНКРЕТНЫЙ КЛАСС-Мышка
5	КОНКРЕТНЫЙ КЛАСС-мяч
6	КОНКРЕТНЫЙ КЛАСС-стол
7	КОНКРЕТНЫЙ КЛАСС-стул
8	КОНКРЕТНЫЙ КЛАСС-сумка
9	КОНКРЕТНЫЙ КЛАСС-телефон
10	ОБОБЩАЮЩИЙ КЛАСС-аксессуар
11	ОБОБЩАЮЩИЙ КЛАСС-мебель
12	ОБОБЩАЮЩИЙ КЛАСС-спорт инвентарь
13	ОБОБЩАЮЩИЙ КЛАСС-средство связи
14	ОБОБЩАЮЩИЙ КЛАСС-элемент компьютера

Таблица-5. Обучающая выборка

NAME_OBJ	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
Мышь1	4	14	12	17	23	25	38	39	41	46	50
Мышь2	4	14	3	17	23	25	38	39	41	46	50
мышь3	4	14	9	17	23	25	38	39	41	46	50
клавиатура1	2	14	10	17	24	26	38	39	41	47	50
клавиатура2	2	14	2	17	24	26	38	39	41	47	50
сумка1	8	10	1	14	21	27	38	40	42	47	50
сумка2	8	10	10	19	24	27	38	40	42	45	50
сумка3	8	10	6	15	24	26	38	40	42	47	50
монитор1	3	14	12	17	24	27	37	39	41	43	50
монитор2	3	14	9	17	24	26	37	39	41	43	50
стул	7	11	9	16	24	27	38	40	42	48	49
стол	6	11	5	13	21	33	38	40	42	47	49
вешалка	1	11	8	13	20	36	38	40	42	48	50
телефон1	9	13	3	17	23	25	37	39	42	47	50
телефон2	9	13	12	17	23	25	37	39	42	47	50
телефон3	9	13	9	17	23	25	37	39	42	47	50
мяч пинг-понг	5	12	3	17	22	25	38	40	42	44	50
мяч теннис	5	12	4	18	24	26	38	40	42	44	50
мяч футбол	5	12	11	14	21	26	38	40	42	44	50
мяч баскетбол	5	12	7	18	21	26	38	40	42	44	50

На основе обучающей выборки в системе «Эйдос» создается 10 моделей: 3 статистических и 7 системно-когнитивных (рисунок 4) [17]. Фрагмент одной из этих моделей приведен на рисунке 5.

5.5. Модель: "INF3 - частный критерий: Хи-квадрат: равенств между фактическими и ожидаемыми абсолютными частотами"

Код признака	Наименование описательно (имя/аббревиатура)	1. КОНКРЕТНЫЙ КЛАСС РЕЗЬБА	2. КОНКРЕТНЫЙ КЛАСС КВАДРАТУРА	3. КОНКРЕТНЫЙ КЛАСС МОНИТОР	4. КОНКРЕТНЫЙ КЛАСС МЫШЬ	5. КОНКРЕТНЫЙ КЛАСС МЯЧ	6. КОНКРЕТНЫЙ КЛАСС СТОЛ	7. КОНКРЕТНЫЙ КЛАСС СТУЛ	8. КОНКРЕТНЫЙ КЛАСС СУМКА	9. КОНКРЕТНЫЙ КЛАСС ТЕЛЕФОН	10. ОБОБЩАЮЩИЙ КЛАСС АКСЕССОР	11. ОБОБЩАЮЩИЙ КЛАСС НЕБЕЛА	12. ОБОБЩАЮЩИЙ КЛАСС ИНВЕНТА
1	ЦВЕТ белая	+0.050	+0.100	+0.100	+0.150	+0.200	+0.050	+0.050	0.850	+0.150	0.850	+0.150	<
2	ЦВЕТ белый	+0.050	0.900	+0.100	+0.150	+0.200	+0.050	+0.050	+0.150	+0.150	+0.150	+0.150	<
3	ЦВЕТ белый	+0.150	+0.300	+0.300	0.550	0.400	+0.150	+0.150	+0.450	0.550	+0.450	+0.450	<
4	ЦВЕТ желтый	+0.050	+0.100	+0.100	+0.150	0.800	+0.050	+0.050	+0.150	+0.150	+0.150	+0.150	<
5	ЦВЕТ коричневый	+0.050	+0.100	+0.100	+0.150	+0.200	+0.050	0.950	+0.150	+0.150	+0.150	0.850	<
6	ЦВЕТ красный	+0.050	+0.100	+0.100	+0.150	+0.200	+0.050	+0.050	0.850	+0.150	0.850	+0.150	<
7	ЦВЕТ оранжевый	+0.050	+0.100	+0.100	+0.150	0.800	+0.050	+0.050	+0.150	+0.150	+0.150	+0.150	<
8	ЦВЕТ серый коричневый	0.800	+0.100	+0.100	+0.150	+0.200	+0.050	+0.050	+0.150	+0.150	+0.150	0.850	<
9	ЦВЕТ серый	+0.200	+0.400	0.600	0.400	+0.600	+0.200	0.800	+0.400	0.400	+0.600	0.400	<
10	ЦВЕТ черный	+0.100	0.800	+0.200	+0.300	+0.400	+0.100	+0.100	0.700	+0.300	+0.300	+0.300	<
11	ЦВЕТ черно-белый	+0.050	+0.100	+0.100	+0.150	0.800	+0.050	+0.050	+0.150	+0.150	+0.150	+0.150	<
12	ЦВЕТ черный	+0.150	+0.300	0.700	0.550	+0.600	+0.150	+0.150	+0.450	0.550	+0.450	+0.450	<
13	МАТЕРИАЛ бумажный	+0.300	+0.200	+0.200	+0.300	+0.400	0.300	+0.100	+0.300	+0.300	+0.300	1.700	<
14	МАТЕРИАЛ кожа	+0.100	+0.200	+0.200	+0.300	0.600	+0.100	+0.100	0.700	+0.300	0.700	+0.300	<
15	МАТЕРИАЛ текстиль	+0.050	+0.100	+0.100	+0.150	+0.200	+0.050	+0.050	0.850	+0.150	0.850	+0.150	<
16	МАТЕРИАЛ металл	+0.050	+0.100	+0.100	+0.150	+0.200	+0.050	0.950	+0.150	+0.150	+0.150	0.850	<
17	МАТЕРИАЛ пластик	+0.850	0.900	0.900	1.350	+1.200	+0.850	+0.850	+1.450	1.350	+1.450	+1.450	<
18	МАТЕРИАЛ резина	+0.100	+0.200	+0.200	+0.300	1.800	+0.100	+0.100	+0.300	+0.300	+0.300	+0.300	<
19	МАТЕРИАЛ дерево	+0.050	+0.100	+0.100	+0.150	+0.200	+0.050	+0.050	0.850	+0.150	0.850	+0.150	<
20	РАЗМЕР 1-большая	0.950	+0.100	+0.100	+0.150	+0.200	+0.050	+0.050	+0.150	+0.150	+0.150	0.850	<
21	РАЗМЕР 1-большая	+0.200	+0.400	+0.400	+0.600	1.200	0.800	+0.200	0.400	+0.600	0.400	0.400	<
22	РАЗМЕР 1-маленький	+0.050	+0.100	+0.100	+0.150	+0.200	+0.050	+0.050	+0.150	+0.150	+0.150	+0.150	<

Рисунок 5. Системно-когнитивная модель INF3 (фрагмент)

После создания обобщенных образов классов появляется возможность решения следующих задач:

Задача 3.1. Определить, какие признаки являются более *характерными*, а какие менее характерными или вообще нехарактерными для того или иного обобщенного образа класса

(рисунки 6 и 7) [18]. В другой интерпретации: какие значения факторов способствуют, а какие препятствуют и в какой степени переходу объекта управления в состояние, соответствующее классу [18].

Задача 3.2. Определить какие количество информации содержится в признаке о принадлежности и непринадлежности объекта с этим признаком к различным классам (рисунок 8) [18]. В другой интерпретации: переходам в какие будущие состояния, соответствующие классам, способствует или препятствует данное значение фактора и в какой степени [18].

Задача 3.3. Сравнить конкретные образы объектов с обобщенными образами классов. Это задача распознавания, идентификации, классификации, диагностики и прогнозирования (рисунок 10) [16].

Задача 3.1:

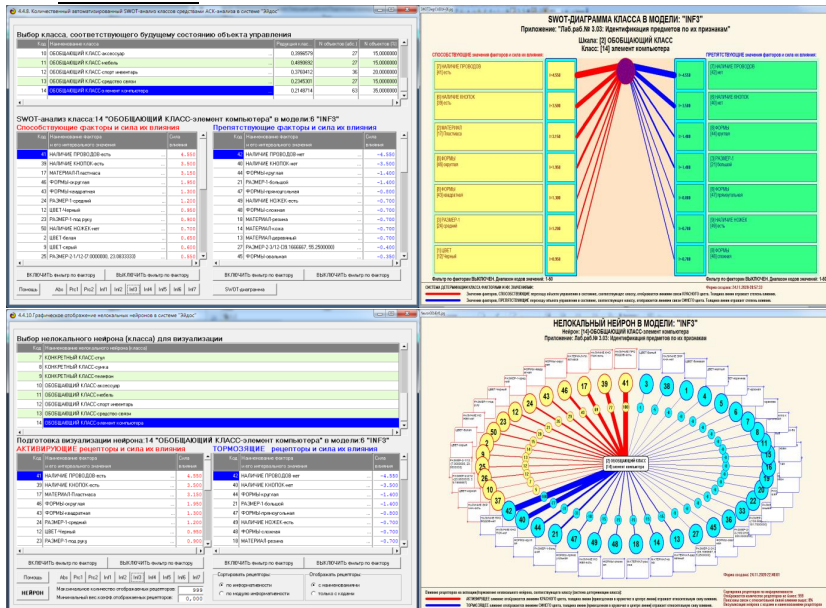


Рисунок 6. Экранные формы режимов 4.4.8 и 4.4.10 системы «Эйдос», показывающие степень характерности признаков для класса [18]

Знания – это информация, полезная для достижения целей, т.е. управления, т.к. управление – это деятельность по достижению целей (рисунок 9).

О соотношении содержания понятий: «Данные», «Информация» и «Знания»

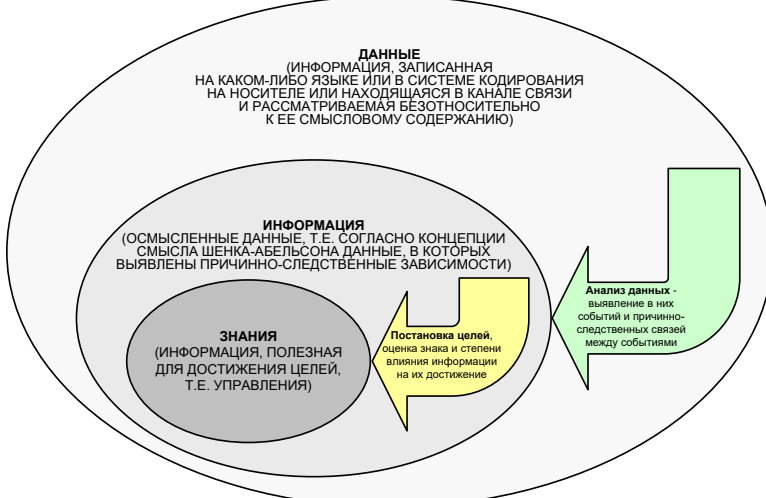


Рисунок 9. О соотношении содержания понятий: «Данные», «Информация» и «Знания»

Из этого следует, что в СК-модели на рисунке 5 мы видим уже информацию, а в более ранних таблицах и графических формах – еще данные. На рисунках же 6 и 7 представлены знания, т.к. это уже информация, полезная для достижения цели.

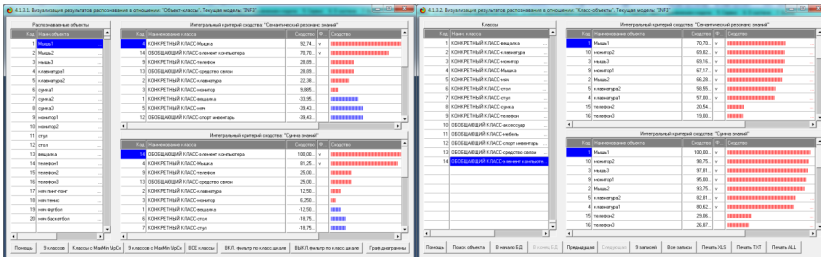


Рисунок 10. Экранные формы режимов 4.1.3.1 и 4.1.3.2. системы «Эйдос» с результатами распознавания [16]

Новые элементы модели на 3-м уровне процесса познания – это обобщенные образы классов, обобщенные образы признаков (рисунок 5), когнитивные структуры: «Обобщенный образ класса – признаки» (рисунок 6), «Признак – обобщенные образы классов» (рисунок 7), «Конкретный объект – обобщенные образы классов» (рисунок 8), «Обобщенный образ класса – образы конкретных объектов» (рисунок 8).

Новые связи между элементами модели:

– на 3-м уровне процесса познания это связи между признаками и обобщенными образами классов. По сути, эти связи между элементами модели образуются за счет того, что в строке матрицы системно-когнитивной модели (СК-модели) содержится количество информации, которое мы получаем о принадлежности или непринадлежности объекта с этим признаком к каждому из классов. Колонка матрицы СК-модели представляет собой вектор функции соответствующего этой колонке класса. Иначе говоря, обобщенным образом класса является вектор соответствующей ему колонки матрицы СК-модели, представленной на рисунке 5;

– в задаче 3.1 – это связи между обобщенным образом класса и признаками (рисунки 6 и 7);

– в задаче 3.2 – это связи между признаком и обобщенными образами классов (рисунок 8);

– в задаче 3.3 – это связи между конкретным образом объекта и обобщенными образами классов, а также между обобщенным образом класса и конкретными образами объектов (рисунок 10).

На 4-м уровне обобщенные образы классов сравниваются друг с другом и образуют интегрированные структуры – 2d-когнитивные диаграммы и **кластеры** различных уровней общности (рисунок 11) [19].

Также и обобщенные образы признаков (значений свойств или значений факторов) сравниваются друг с другом и образуют интегрированные структуры – 2d-когнитивные диаграммы и **кластеры** различных уровней общности (рисунок 12) [19].

Внутри кластеров варибельность классов по признакам входящих в них классов минимальна, а между кластерами максимальна.

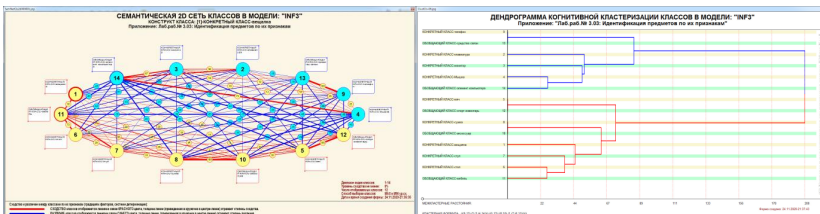


Рисунок 11. Экранные формы режимов 4.2.2.2 и 4.2.2.3 системы «Эйдос» с результатами сравнения обобщенных образов классов друг с другом

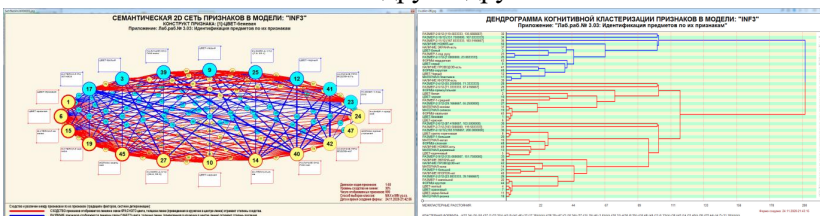


Рисунок 12. Экранные формы режимов 4.3.2.2 и 4.3.2.3 системы «Эйдос» с результатами сравнения обобщенных образов признаков друг с другом

3d-интегральная когнитивная карта (рисунок 13) представляет собой суперпозицию 2d-когнитивных диаграмм (рисунки 11 и 12) и слоя нейронной сети (рисунок 7):

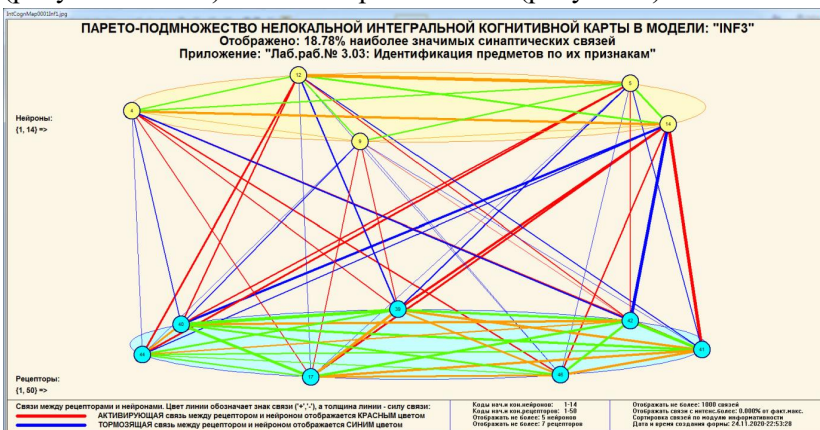


Рисунок 13. 3d-интегральная когнитивная карта (фрагмент)

Новые элементы модели на 4-м уровне процесса познания – это 2d-когнитивные диаграммы и **кластеры** различных уровней общности классов и признаков.

Новые связи между элементами модели – это различные по знаку и модулю связи между обобщенными образами классов и аналогичные связи между обобщенными образами признаков, а также между всеми классами и всеми признаками.

На 5-м уровне кластеры сравниваются друг с другом и образуют **конструкты**. Конструкт – это понятие, имеющее противоположные по смыслу полюса и спектр промежуточных понятий. Промежуточные понятия в конструкте ранжируются в порядковой или числовой шкале.

На рисунках 11 мы видим конструкт классов. На 2d-когнитивной диаграмме полюса конструкта видно в верхней и нижней частях когнитивной диаграммы, внутри которых классы соединены красными линиями, означающими сходство по их признакам, и между которыми есть только синие линии, означающие различия по признакам. В агломеративной когнитивной дендрограмме классов кластеры, находящиеся на противоположных по системе детерминации полюсах конструкта классов выделены синими и красным цветами.

На рисунках 12 мы видим конструкт признаков. На 2d-когнитивной диаграмме полюса конструкта видно в верхней и нижней частях когнитивной диаграммы, внутри которых признаки соединены красными линиями, означающими сходство по их классам, для которых они характерны и нехарактерны, и между которыми есть только синие линии, означающие различия по признакам. В агломеративной когнитивной дендрограмме признаков кластеры, находящиеся на противоположных по системе детерминации полюсах конструкта классов выделены синими и красным цветами.

Практически все рассмотренные выше когнитивные структуры используются в развитии алгоритме принятия решений (рисунок 15)

в интеллектуальных адаптивных системах управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос» (рисунок 14).



Рисунок 14. Принципиальная схема интеллектуальной адаптивной системы управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос»

Развитый алгоритм принятия решений в адаптивной интеллектуальной системе управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос»:

Шаг 1-й. Ставим цели управления, т.е. определяем целевые состояния объекта управления. Обычно в натуральном выражении целевые состояния - это количество и качество продукции, а в стоимостном выражении - прибыль и рентабельность. Объект управления как система, эффективность объекта управления как системное свойство, повышение уровня системности объекта управления как цель управления. Модель отражает определенный уровень технологий, поэтому целевые состояния, недостижимые в одной модели, могут быть достижимы в другой модели с большим числом классов и факторов.

Развитый алгоритм принятия решений в адаптивных интеллектуальных системах управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос»

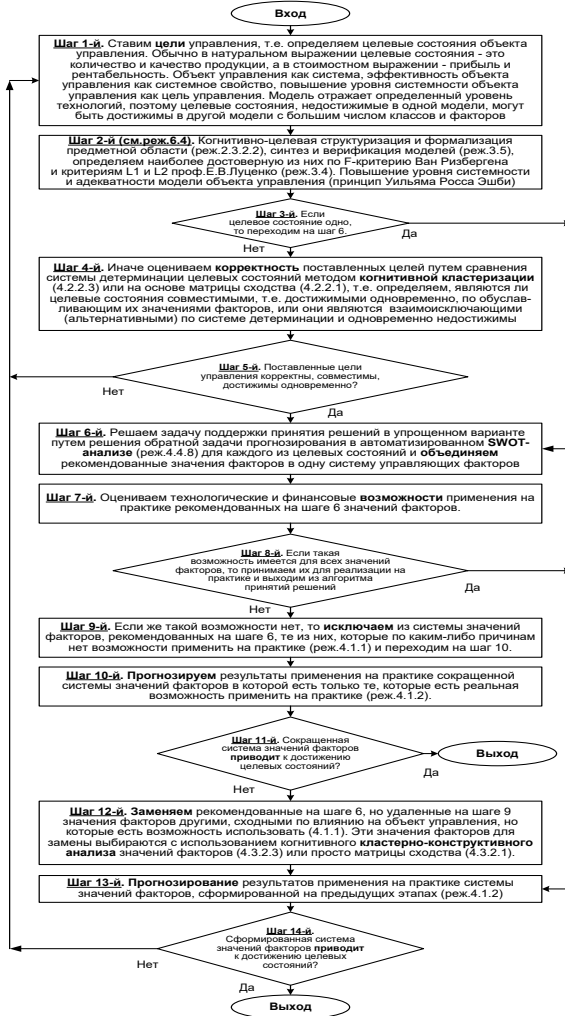


Рисунок 15. Развитый алгоритм принятия решений в адаптивной интеллектуальной системе управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос»

Шаг 2-й (см.реж.6.4). Когнитивно-целевая структуризация и формализация предметной области (реж.2.3.2.2), синтез и верификация моделей (реж.3.5), определяем наиболее достоверную из них по F-критерию Ван Ризбергена и критериям L1 и L2 проф.Е.В.Луценко (реж.3.4). Повышение уровня системности и адекватности модели объекта управления (принцип Уильяма Росса Эшби).

Шаг 3-й. Если целевое состояние одно, то переходим на шаг 6, иначе на шаг 1.

Шаг 4-й. Иначе оцениваем **корректность** поставленных целей путем сравнения системы детерминации целевых состояний методом **когнитивной кластеризации** (4.2.2.3) или на основе матрицы сходства (4.2.2.1), т.е. определяем, являются ли целевые состояния совместимыми, т.е. достижимыми одновременно, по обуславливающим их значениями факторов, или они являются взаимоисключающими (альтернативными) по системе детерминации и одновременно недостижимы

Шаг 5-й. Поставленные цели управления корректны, совместимы, достижимы одновременно? Если да, то переходим на шаг 6, иначе на шаг 1.

Шаг 6-й. Решаем задачу поддержки принятия решений в упрощенном варианте путем решения обратной задачи прогнозирования в автоматизированном **SWOT-анализе** (реж.4.4.8) для каждого из целевых состояний и **объединяем** рекомендованные значения факторов в одну систему управляющих факторов.

Шаг 7-й. Оцениваем технологические и финансовые **возможности** применения на практике рекомендованных на шаге 6 значений факторов.

Шаг 8-й. Если такая возможность имеется для всех значений факторов, то принимаем их для реализации на практике и **выходим** из алгоритма принятий решений.

Шаг 9-й. Если же такой возможности нет, то **исключаем** из системы значений факторов, рекомендованных на шаге 6, те из них, которые по каким-либо причинам нет возможности применить на практике (реж.4.1.1) и переходим на шаг 10.

Шаг 10-й. **Прогнозируем** результаты применения на практике сокращенной системы значений факторов, в которой есть только те, которые есть реальная возможность применить на практике (реж.4.1.2).

Шаг 11-й. Сокращенная система значений факторов **приводит** к достижению целевых состояний? Если да, **выходим** из алгоритма принятия решений, иначе переходим на шаг 12.

Шаг 12-й. **Заменяем** рекомендованные на шаге 6, но удаленные на шаге 9 значения факторов другими, сходными по влиянию на объект управления, но которые есть возможность использовать (4.1.1). Эти значения факторов для замены выбираются с использованием когнитивного **кластерно-конструктивного анализа** значений факторов (4.3.2.3) или просто матрицы сходства (4.3.2.1).

Шаг 13-й. **Прогнозирование** результатов применения на практике системы значений факторов, сформированной на предыдущих этапах (реж.4.1.2). Отметим, что прогнозирование практически не отличается от идентификации по математическим моделям и алгоритма и по сути представляет собой идентификацию состояний, относящихся к другому времени, чем действующие факторы.

Шаг 14-й. Сформированная система значений факторов **приводит** к достижению целевых состояний? Если да, **выходим** из алгоритма принятия решений, иначе переходим на шаг 1.

Выход

Новые элементы модели на 5-м уровне процесса познания – это 2d-когнитивные диаграммы и **кластеры** различных уровней общности классов и признаков.

Новые связи между элементами модели – это различные по знаку и модулю связи между обобщенными образами классов и аналогичные связи между обобщенными образами признаков, а также между всеми классами и всеми признаками.

На 6-м уровне система конструкторов образуют текущую парадигму реальности, представляющую собой многомерное не ортонормированное когнитивное пространство, метрика и топология которого могут быть различными и отличаться в различных частях этого пространства, в котором конструкторы классов и факторов представляют собой оси координат (т.е. человек познает мир путем синтеза и применения конструкторов).

Мы мыслим в системе конструкторов. Система конструкторов образуют *текущую парадигму реальности*. Конструкторы представляют собой оси когнитивного пространства. При познании увеличивается как количество конструкторов, так и их смысловой диапазон, уточняется определение позиций градаций между полюсами конструкторов (происходит переход от порядковых шкал к числовым шкалам), а значит, *увеличивается размерность когнитивного пространства и его объем*.

На 7-м же уровне обнаруживается, что текущая парадигма реальности не является единственно-возможной и существуют различные формы сознания, для которых характерны различные парадигмы реальности [4]. В критериальной периодической классификации форм сознания, предложенной автором в 1978 году, есть *критерий уровня развития сознания*: это объем области адекватно осознаваемого, т.е. размерность и объем когнитивного пространства, который в свете предложенного системного обобщения принципа Эшби, по сути, означает, что *чем выше форма сознания, тем выше ее уровень системности, тем выше возможности адекватного познания при этой форме сознания*.

Выводы

Модель предмета познания есть система, специально созданная для адекватного отражения объекта познания и для его исследования путем исследования его модели. Адекватность модели как системы есть ее эмерджентное свойство, которое повышается при повышении уровня системности модели. Предлагается системное обобщение принципа Уильяма Росса Эшби: если взаимодействуют две системы разного уровня системности, то система с более высоким уровнем системности, адекватно отражает систему с более низким уровнем системности, а система с более низким уровнем системности упрощенно, неадекватно, ущербно отражает систему с более высоким уровнем системности, т.е. по сути, отражает ее проекцию в пространство меньшего числа измерений. Поэтому чтобы модель адекватно отражала объект познания уровень ее системности должен быть выше, чем уровень системности объекта познания. Последовательное повышение уровня системности модели объекта познания является необходимым условием адекватности процесса его познания. Рассматривается формализуемая когнитивная концепция автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализа). Данная когнитивная концепция описана математически в рамках системной теории информации (СТИ), предложенной автором (2002), для нее разработана методика численных расчетов и она полностью реализована в интеллектуальной системе «Эйдос», являющейся программным инструментарием АСК-анализа. Показано, что процесс преобразования эмпирических данных в информацию, а ее в знания и решение на основе этих знаний задач идентификации, прогнозирования, принятия решений и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели, полностью сиротствует системному обобщению принципа Эшби и обеспечивает последовательное

повышение уровня системности модели объекта моделирования и степени ее адекватности.

Интеллектуальная система «Эйдос» представляет собой мощный и универсальный (независящий от предметной области) инструмент моделирования реальности и ее познания, реализует все рассмотренные выше когнитивные операции и многократно увеличивает когнитивные возможности естественного интеллекта.

Список использованных источников

1. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем): Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2002. – 605 с. <http://elibrary.ru/item.asp?id=18632909>

2. Луценко Е.В. Универсальный информационный вариационный принцип развития систем / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №07(041). С. 117 – 193. – Шифр Информрегистра: 0420800012\0091, IDA [article ID]: 0410807010. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/07/pdf/10.pdf>, 4,812 у.п.л.

3. Lutsenko E. V. System analysis and decision-making (Automated system-cognitive analysis and solving problems of identification, decision-making and research of the simulated subject area): textbook / E. V. Lutsenko. - Krasnodar: ECSC "Eidos", 2020. - 1031 p. // August 2020, DOI: 10.13140/RG.2.2.27247.05289, License CC BY-SA 4.0, https://www.researchgate.net/publication/343998862_SYSTEM_ANALYSIS_AND_DECISION_MAKING_Automated_system-cognitive_analysis_and_solving_problems_of_identification_decision-making_and_research_of_the_simulated_subject_area, см. учебный вопрос-2.8.5. Повышение уровня системности объекта управления как цель управления.

4. Lutsenko E.V. On higher forms of consciousness, the prospects of man, technology and society (selected works) // August 2019, DOI: 10.13140/RG.2.2.21336.24320, License CC BY-SA 4.0,

https://www.researchgate.net/publication/335057548_On_HIGHER_FORMS_of_CONSCIOUSNESS_the_PROSPECTS_of_MAN_TECHNOLOGY_AND_SOCIETY_selected_works

5. Lutsenko E.V. ABOUT THE INTERFACE: "SOUL-COMPUTER» (artificial intelligence: problems and solutions within the system information and functional paradigm of society development) // April 2019, DOI: 10.13140/RG.2.2.23132.85129,

https://www.researchgate.net/publication/332464278_ABOUT_THE_INTERFA CE_SOUL-

COMPUTER_artificial_intelligence_problems_and_solutions_within_the_syste m_information_and_functional_paradigm_of_society_development

6. Орлов А.И., Луценко Е.В. Системная нечеткая интервальная математика. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2014. – 600 с. ISBN 978-5-94672-757-0. <http://elibrary.ru/item.asp?id=21358220>

7. Луценко Е.В. Количественные меры возрастания эмерджентности в процессе эволюции систем (в рамках системной теории информации) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2006. – №05(021). С. 355 – 374. – Шифр Информрегистра: 0420600012\0089, IDA [article ID]: 0210605031. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2006/05/pdf/31.pdf>, 1,25 у.п.л.

8. Луценко Е.В. Существование, несуществование и изменение как эмерджентные свойства систем // Квантовая Магия, том 5, вып. 1, стр. 1215-1239, 2008. <http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL512008/p1215.html>

9. Луценко Е.В. Проблемы и перспективы теории и методологии научного познания и автоматизированный системно-когнитивный анализ как автоматизированный метод научного познания, обеспечивающий содержательное феноменологическое моделирование / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №03(127). С. 1 – 60. – IDA [article ID]: 1271703001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/03/pdf/01.pdf>, 3,75 у.п.л.

10. Сайт проф.Е.В.Луценко: <http://lc.kubagro.ru/>

11. Страничка

Е.В.Луценко:

https://www.researchgate.net/profile/Eugene_Lutsenko

12. Луценко Е.В. Моделирование сложных многофакторных нелинейных объектов управления на основе фрагментированных зашумленных эмпирических данных большой размерности в системно-когнитивном анализе и интеллектуальной системе «Эйдос-Х++» / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №07(091). С. 164 – 188. – IDA [article ID]: 0911307012. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/12.pdf>, 1,562 у.п.л.

13. ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА О.Г. КУКОСЯНА // – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20266263>

14. Луценко Е.В. Формирование субъективных (виртуальных) моделей физической и социальной реальности сознанием человека и неоправданное придание им онтологического статуса (гипостазирование) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №09(113). С. 1 – 32. – IDA [article ID]: 1131509001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/01.pdf>, 2 у.п.л.

15. Луценко Е.В. Принципы и перспективы корректной содержательной интерпретации субъективных (виртуальных) моделей физической и социальной реальности, формируемых сознанием человека / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №01(115). С. 22 – 75. – IDA [article ID]: 1151601003. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/01/pdf/03.pdf>, 3,375 у.п.л.

16. Луценко Е.В. Сценарный АСК-анализ как метод разработки на основе эмпирических данных базисных функций и весовых коэффициентов для разложения в ряд функции состояния объекта или ситуации по теореме А.Н.Колмогорова (1957) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – №07(161). С. 76 – 120. – IDA [article ID]: 1612007009. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2020/07/pdf/09.pdf>, 2,812 у.п.л.

17. Луценко Е.В. Метризация измерительных шкал различных типов и совместная сопоставимая количественная обработка разнородных факторов в системно-когнитивном анализе и системе «Эйдос» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №08(092). С. 859 – 883. – IDA [article ID]: 0921308058. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/58.pdf>, 1,562 у.п.л.

18. Луценко Е.В. Количественный автоматизированный SWOT- и PEST-анализ средствами АСК-анализа и интеллектуальной системы «Эйдос-Х++» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №07(101). С. 1367 – 1409. – IDA [article ID]: 1011407090. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/90.pdf>, 2,688 у.п.л.

19. Луценко Е.В. Метод когнитивной кластеризации или кластеризация на основе знаний (кластеризация в системно-когнитивном анализе и интеллектуальной системе «Эйдос») / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №07(071). С. 528 – 576. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0253, IDA [article ID]: 0711107040. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/07/pdf/40.pdf>, 3,062 у.п.л.

1.9. Эффективность объекта управления как его эмерджентное свойство и повышение уровня системности как цель управления

Система – это множество базовых элементов, взаимосвязанных друг с другом, за счет чего система приобретает новые, так называемые системные или эмерджентные свойства, которых нет у множества базовых элементов и которые обеспечивают системе преимущества в достижении цели. Эмерджентные свойства систем тем более ярко выражены, чем сильнее взаимосвязи между элементами

множества и чем их больше, тем сильнее свойства системы отличаются от свойств множества базовых элементов, из которых состоит система, т.е. чем выше уровень системности. Эффективность системы в достижении цели представляет собой ее эмерджентное свойство. Поэтому повышение эффективности достигается путем повышения уровня системности. Если предприятие рассматривать как систему, то системный эффект – это эффективность его работы. В результате повышения уровня системности предприятия оно за то же время производит больше продукции и услуг в расчете на одного работника и на единицу затрат, причем продукции более высокого качества

Данный материал можно рассматривать как прямое и непосредственное продолжение статьи [17].

1. Энтропийная мера информации Л.Больцмана

Фраза: «Целое больше суммы своих частей», приписывается Аристотелю. Маркс писал, что работники объединяются в предприятия, т.к. это способствует повышению производительности труда.

Таким образом, предприятие – это система, а системный эффект – повышение эффективности его работы. В результате система работников за то же время может произвести больше продукции в расчете на одного работника, т.к. на производство единицы продукции затрачивается меньшее время и других видов затрат.

Когда речь идет об очень сложных и масштабных продуктах производства, например, таких как корабль дальней морской зоны или космический корабль, один человек вообще не может его произвести, т.к. это потребует времени десятков или сотен и тысяч обычных человеческих жизней. Но на предприятии это вполне возможно.

По этой же причине люди образуют семьи, а также совместные поселения, такие как села и города [2].

Известно, что масса и энергия всех вещественных и полевых систем связаны простым соотношением: $E=MC^2$. Напрашивается интригующий вопрос о том, не существует ли подобного простого соотношения между энергией и информацией?

Почему же возникает это вопрос?

Для этого есть несколько убедительных причин:



Людвиг Больцман
1844-1906

1. Одной из наиболее убедительных теоретических интерпретаций сущности информации является энтропийная интерпретация, основанная на термодинамике, разработанной Людвигом Больцманом. В термодинамике понятие энтропии связано с понятиями температуры и энергии.

2. На энтропийной интерпретации сущности информации основана энтропийная мера информации Больцмана количественная мера измерения информации.

3. Понятие энтропии играет огромную роль в теории информации Клода Шеннона.

Под энтропией можно понимать степень неопределенности (хаотичности) состояния системы. Если система имеет N равновероятных состояний, то по Больцману ее энтропия равна логарифму от N .

Энтропийная мера информации Больцмана Количество информации о состоянии системы можно измерять степенью уменьшения ее энтропии.

Если начальное состояние системы является одним из N_1 равновероятных состояний, а конечное одним из N_2 , то для

измерения количества информации I_{12} можно использовать формулу:

$$I_{12} = \text{Log}_2 N_1 - \text{Log}_2 N_2$$

Больцман использовал натуральные логарифмы, но мы написали логарифм по основанию 2, чтобы измерять количество информации в битах, а не в нитах.

2. Примеры применения энтропийной меры информации

Пример 1-й: «игральный кубик»

Это классический пример. У кубика 6 граней, выпадение любой из них при бросании кубика равновероятно, т.е. $N_1=6$. После бросания кубика его состояние становится *полностью определенным*, и.к. выпадает одна из граней, т.е. $N_2=1$. По приведенной выше формуле получается, что если нам сообщили, какая грань кубика выпала, то в этом сообщении содержится примерно 2,584963 бит информации:

$$I_{12} = \text{Log}_2 N_1 - \text{Log}_2 N_2 = \text{Log}_2 6 - \text{Log}_2 1 = 2,584963 \text{ (бит);}$$
$$(\text{Log}_2 1 = 0)$$

Но если нам лишь сказали, что выпало четное, то неопределенность в наших представлениях о том, какая грань кубика выпала, уменьшилась, но не до нуля, т.к. все равно осталась некоторая неопределенность: непонятно, какая из трех четных граней выпала: 2, 4 или 6. Таким образом, во втором случае $N_2=3$, и по той же формуле получается, что в этом случае мы получили 1 бит информации:

$$I_{12} = \text{Log}_2 N_1 - \text{Log}_2 N_2 = \text{Log}_2 6 - \text{Log}_2 3 = \log_2 \frac{6}{3} = \text{Log}_2 2 = 1 \text{ (бит)}$$

По сути если у кубика рассматривать только четные и нечетные грани, то он представляет собой систему из двух равновероятных состояний, как монета.

Пример 2-й: «Лед и вода»

Под энтропией можно понимать степень неопределенности (хаотичности) состояния системы. *Хаотичность*

противоположна структурированности. Если мы сообщаем энергию куску льда, то она тает и превращается в воду. Лед – это кристалл, т.е. высокоупорядоченная структура. В воде молекулы движутся на много более хаотично, чем в кристалле льда. Энтропия воды гораздо выше, энтропии льда.

Получается, что если сообщить воде определенное количество информации, то ее энтропия уменьшится, из нее выделится энергия, вода остынет (ее температура уменьшится), вода структурируется, т.е. превратится в лед.

Для этого конкретного примера представляется вполне возможным сделать конкретный расчет и получить конкретное выражение, отражающее взаимосвязь между переданным воде объемом информации I и количеством выделившейся в результате этого энергии E вида: $I=f(E)$, аналогичного выражению $E=MC^2$.

Здесь очень важно отметить, что человек может быть и источником, и приемником информации. Получение информации человеком от некоторого источника – это познание этого источника, передача информации человеком некоторому приемнику – это труд, придание определенной структуры этому приемнику информации. Представление о том, что труд – это информационный процесс, сегодня практически очевидно для всех, хотя последствия этого не до конца осознаны. Но 40 лет назад, когда автор предложил теорию об информационной сущности процесса труда, информационную теорию времени и информационную теорию стоимости, это было далеко не так очевидно.

Пример 3-й: «Ваза»

Рассмотрим наглядный пример с вазой или статуей, имеющий очень древнее происхождение и восходящий еще к Аристотелю. По Аристотелю ваза (статуя) это глина которой придана форма. Труд (гончара или скульптора) это и есть процесс придания глине формы вазы (статуи).

Согласно современным научным представлениям форма представляет собой ничто иное как структуру, в которой записана информация. По сути, процесс труда представляет собой процесс перезаписи информации из образа будущего продукта труда в предмет труда, по мере которого предмет труда структурируется и преобразуется в продукт труда [1-4].

Аристотель писал, что целое больше суммы своих частей. Что же он имел в виду? Казалось бы, истинность этого высказывания гения легко проверить. Для этого достаточно разбить вазу и взвесить ее осколки. Если вес осколков окажется таким же, как вес вазы, а это так и есть, то истинность этого высказывания Аристотеля можно поставить под сомнение.

Однако Аристотель ведь ничего не говорил о весе вазы и ее осколков. Он говорил только о целом и его частях. Ясно, что осколки вазы не эквивалентны вазе функционально и эстетически. Поэтому целая ваза безусловно больше, чем ее осколки, взятые по отдельности, т.е. Аристотель прав.

Но что же конкретно было потеряно, когда ваза разбилась? И возможно ли это, то, что было потеряно, восстановить? Очевидно, когда ваза была разбита, то потеряна была не глина, т.к. она никуда не делась, а именно то, что вложил в глину гончар, в результате чего глина и преобразовалась в вазу. Это информация о форме вазы, о том, как связаны ее элементы друг с другом.

Эту информацию о форме вазы, т.е. о том, как были связаны ее элементы друг с другом, когда она была целая, вполне возможно восстановить. Раньше археологи делали это, разложив осколки на столе и складывая их так, чтобы линии излома осколочков совпали. Теперь же осколки нумеруют маркером, сканируют и специальная программа складывает их так, как они были распложены в целой вазе, т.е. восстанавливает информацию об взаимосвязях с другими осколками.

Ваза представляет собой систему, объединяющую в единое целое особым образом связанные друг с другом элементы глины, в результате чего множество этих элементов преобразуется в целостную систему и у нее появляются новые системные (эмерджентные) свойства, как функциональные, так и эстетические, которых не было у элементов глины.

Таким образом, целая ваза имеет гораздо более высокий уровень системности, чем множество ее осколков, взятых по отдельности. Когда ваза создается гончаром, он повышает уровень системности глины, в результате чего возникает система – ваза, с полезными для людей свойствами. Когда же ваза разбивается, то это разрушает связи между элементами вазы и она преобразуется в исходное множество элементов, не связанных друг с другом. Таким образом, при разрушении вазы теряется информация о форме вазы и ваза превращается из системы в множество элементов, не связанных друг с другом, и при этом исчезают все системные свойства вазы.

Пример 4-й: «Информационная сущность туда и основы информационной теории развития производительных сил»

Процесс перезаписи информации из субъективного образа в продукт труда осуществляется по каналу передачи информации, в качестве которого выступает организм человека и средства труда. Средства труда выполняют те же самые функции по передаче и преобразованию формы представления информации (системы кодирования), что и организм человека, но выполняют их вне психофизиологических ограничений организма человека. К тому же технологический прогресс осуществляется несопоставимо быстрее, чем биологический. Технологический прогресс представляет собой процесс последовательной передачи трудовых функций от человека к средствам труда.

Психофизический парадокс состоит в том, что современной науке неизвестно, как происходит преобразование объективного в субъективное при познании и субъективного в объективное в

труде. Автор 40 лет назад предложил развитые представления о том, как это происходит, используя естественнонаучную постановку и решение основного вопроса философии и представления об относительно объективном и относительно субъективном.

Закон повышения качества базиса (Луценко 1979): развитие любой системы происходит путем разрешения противоречий между системой и средой на низшем качественном уровне системы, в котором они еще не разрешены. Этот уровень называется базисом (базисным). Разрешение противоречия в базисном уровне осуществляется поэтапно, путем перераспределения функций по преобразованию формы информации между внешним и внутренним.

Это перераспределение может осуществляться в двух формах:

- 1) в форме внешнего отчуждения (развитие средств труда и технологии);
- 2) путем внутреннего отчуждения (развитие сознания).

Причем развитие технологии детерминирует соответствующее развитие сознания, а уровень сознания определяет функциональный уровень технологии.

При отчуждении каждой очередной функции базисного уровня (передаче ее средствам труда или осознания ее как "не-Я") происходит количественное изменение системы. При отчуждении всех функций некоторого базисного уровня происходит качественное изменение системы, и она начинает развиваться благодаря разрешению противоречий на следующем, более глубоком, чем предыдущий, уровне, который и становится базисным.

Когда средствам труда полностью и в массовом масштабе передается последняя функция некоторого относительно автономного уровня организации организма человека, то это вызывает переход к следующей группе общественно-

экономических формаций и к следующему типу сознания. При этом человек как объективное начинает осознавать соответствующий качественно новый уровень реальности и постепенно действовать на нем, используя принцип свободы воли, в частности сначала пользоваться тем, что "лежит на поверхности и ждет, когда его возьмут", а затем трудиться и производить для потребления то, чего "на поверхности" не оказалось, и, наконец, производить средства производства. Таким образом, при переходе к следующей группе формаций технологический базис общества повышается качественно, т.е. включает в себя средства труда, созданные на тех уровнях реальности, которые ранее осознавались основной массой людей как субъективные и относились к информационным.

Пример 5-й: Развитая система: «цепочки продаж услуг» (таксисты)

Несистемный период, множество автономных таксистов

Когда-то данным давно, когда еще не было не только интернета и мобильной связи, но даже и общей мобильной громкоговорящей селекторной связи (например, в СССР в 70-х годах XX века) таксисты были автономны, т.е. ездили каждый сам по себе и *не образовывали никакой системы*. Каждый таксист сам ездил по городу и искал клиентов, которые пытались остановить его просто подняв руку. Конечно таксисты знали места, где вероятность найти клиента выше, например вокзалы после прибытия поезда. Но проблема в том, что их все знали и там образовывались уже очереди не только из клиентов, но и из таксистов. А что такое очередь таксистов? Это место. В котором они просто тратят время не получая никакой прибыли за это время. Это значит, что очень долго стоять в очереди нет для них никакого смысла.

Примитивная система: «разовые продажи услуг»

Затем у таксистов появилась общая громкоговорящая селекторная связь (как в спецслужбах) с диспетчерами.

Диспетчера – это обычно девушки в помещении с телефонами с общим номером (номер на все телефоны один, а звонит первый из свободных телефонов). Благодаря этому в диспетчерскую легко дозвониться. Клиенты и звонят и делают заказы. Диспетчер по общей громкоговорящей селекторной связи озвучивает очередной заказ: «Есть клиент со Ставропольской 151 на Юбилейный. Кто возьмет?». Это слышат все таксисты. Некоторые из них как раз подъезжают к Ставропольской 151. А кто-то живет в Юбилейном микрорайоне и как раз собирался ехать туда на обед. Он сразу отвечает: «143-й беру». Понятно, что даже такая примитивная система существенно повышает эффективность работы таксистов, т.к. решает главную для них проблему поиска клиентов, и это с лихвой окупает затраты на содержание диспетчерской и системы связи.

Развитая система: «цепочка продажи услуг

В настоящее время у таксиста установлен планшет, на котором он видит поступающие заказы от клиентов в виде таблицы, в которой сверху добавляются строки с новыми заказами. Он может просто нажать пальцем на нужный заказ и этим взять его себе. Но этого мало. Система с учетом текущей и даже прогнозируемой дорожной ситуации прогнозирует *время* выполнения заказа и *место*, где в это время будет находиться данный таксист и предлагает ему создать цепочку заказов. Если таксист соглашается, то при появлении клиента, собирающегося ехать из точки окончания предыдущего заказа во время его окончания, то его заказ автоматически передается данному таксисту. В результате таксист может практически весь рабочий день почти непрерывно ездить по городу с клиентами, т.е. порожний пробег существенно снижается почти до нуля.

Некоторые выводы

Получение дополнительной прибыли – это эмерджентное свойство системы.

Эффективность работы таксиста (прибыль на единицу затрат) тем выше, чем выше доля пробега с клиентом за определенное время.

Таксисты представляют собой базовые элементы, т.е. множество таксистов. Это множество таксистов преобразуется в систему путем добавления к ним диспетчера и образования информационных взаимосвязей между таксистами и диспетчером.

Диспетчер сообщает таксистам *информацию* о местонахождении клиентов и о том, куда им надо ехать. В результате исходное множество таксистов структурируется, его уровень энтропии (хаотичности) уменьшается, эффективность работы таксистов повышается, т.е. система охлаждается и из нее **выделяется энергия.**

Что же это за энергия и как ее измерить?

Чтобы ответить на этот вопрос имеет смысл сравнивать систему таксистов с исходным множеством таксистов. Пусть, например, исходное множество таксистов получает за день определенную прибыль P_m и несет определенные связанные с технологическим процессом затраты (прежде всего это затраты Z_m на *топливо*, а также на другие расходные материалы, такие как масло, резина и т.д.). В системе таксистов соответственно получена прибыль P_c и понесены затраты Z_c .

Из вышесказанного ясно, что:

– при тех же затратах что в множестве таксистов в их системе будет получена гораздо большая прибыль, чем в множестве: $P_c \gg P_m$ при $Z_c = Z_m$;

– та же прибыль что в множестве таксистов в их системе будет получена при гораздо меньших затратах: $Z_c \ll Z_m$ при $P_c = P_m$.

Эффективность системы, т.е. ее уровень системности или эмерджентности, можно оценить выражениями:

– коэффициент повышения прибыли:
$$\Pi = \frac{\Pi_c}{\Pi_m} 100\%, \text{ при } Z_c = Z_m$$

– коэффициент снижения затрат: $Z = \frac{Z_m}{Z_c} 100\%, \text{ при } \Pi_c = \Pi_m.$

– общая эффективность перехода от множества к системе при произвольных прибылях и затратах может быть оценена мультипликативным интегральным критерием, представляющим собой произведение коэффициент повышения прибыли и коэффициент снижения затрат:

$$P = \frac{\Pi_c Z_m}{\Pi_m Z_c}.$$

Посчитать объем информации, сообщаемой диспетчерскими службами и автоматизированными системами управления таксистам не сложно: это просто объем информации, переданной им по каналам связи. Прибыль и затраты в множестве таксистов и системе таксистов с диспетчером как мы видим тоже посчитать не сложно.

Пример 6-й: «Уборка урожая»

Этот пример сходен с предыдущим. По этой причине, а также потому, что он подробнейшим образом описан в монографии автора [3] мы не будем здесь его описывать. Скажем лишь, что применение автоматизированной системы оперативного управления уборочно-заготовительными кампаниями в АПК обеспечило существенную экономию топлива в процессе уборки: примерно 400-500 тыс. долларов США в одном сельскохозяйственном районе за период уборки (менее месяца). Объем управляющей информации, генерируемой системой управления и переданной исполнителям, известен. Количество энергии, выделившейся из объекта управления за счет повышения его уровня системности, тоже известен. Поэтому и для этой системы несложно **определить взаимосвязь вида: $I=f(E)$ (аналогичного выражению $E=MC^2$) между объемом**

информации I , сообщенной транспортно-заготовительной системе, и экономией топлива (и соответствующей энергии E) за счет получения системой этой информации.

Пример 7-й: «Ядерный распад и термоядерный синтез, как переход к химической эволюции. Переход химической эволюции к белковой эволюции»

Термоядерный синтез

Выделение энергии при термоядерном синтезе связано с системной целесообразностью усложнения химических элементов для сверхлёгких элементов.

Количество энергии, выделяемой при термоядерном синтезе, соответствует разнице уровней системности новой системы, возникающей в результате термоядерного синтеза и суммой уровней системности объединяемых элементов, взятых по отдельности.

Термоядерный синтез наиболее эффективен для первых элементов таблицы Д.И.Менделеева, затем при приближении к середине таблицы его эффективность быстро снижается.

Ядерный распад

Выделение энергии в ядерном распаде связано с целесообразностью перехода к химической эволюции для сверхтяжелых элементов. Иначе говоря синтез молекул из продуктов распада сверхтяжелых элементов обеспечивает более значительное повышение уровня системности, чем синтез еще более тяжелых элементов.

Количество энергии, выделяемой при ядерном распаде, соответствует разнице уровней системности новой системы, возникающей в результате ядерного распада, и суммарного уровня системности распавшихся атомов, взятых по отдельности.

Ядерный распад наиболее эффективен для последних наиболее тяжелых элементов таблицы Д.И.Менделеева, затем при приближении к середине таблицы его эффективность быстро снижается.

Переход химической эволюции к белковой эволюции

Системная целесообразность как термоядерного синтеза, так и ядерного распада состоит в том, что они создают благоприятные условия для химической эволюции.

В центральной части таблицы Д.И.Менделеева находятся сверхстабильные элементы, для которых отсутствует системная целесообразность как в ядерном распаде, так и в термоядерном синтезе. Из всех этих элементов выделяются углерод и кремний, но особенно углерод. Именно этот элемент и лежит в основе биологической эволюции белковой формы жизни.

Некоторые выводы

Как ядерный распад, так и термоядерный синтез, а также переход от химической эволюции к биологической эволюции, осуществляются в полном соответствии с "Универсальным информационным вариационным принципом развития систем" (Луценко Е.В., 2008) [2].

Принцип системной целесообразности (Луценко Е.В., 2021): В соответствии с Универсальным информационным вариационным принципом развития систем (Луценко Е.В., 2008) [2] реально осуществляются те процессы и явления, которые приводят к максимальному повышению их уровня системности.

Может быть, это позволит найти универсальное соотношение между количеством системной информации в системе и энергией, аналогичное соотношению между энергией и массой ($E=MC^2$)?

Пример 8-й: «Сверхпроводимость как эмерджентное свойство проводника с током»

Чем выше температура, тем больше сопротивление проводника.

При повышении температуры энтропия системы «проводник – ток» возрастает, а уровень системности уменьшается, система приближается к множеству элементов, из

которых она состоит: атомов и электронов. При дальнейшем повышении температуры меняется само фазовое состояние эта системы: она переходит сначала в жидкое, а затем и в газообразное состояние или состояние плазмы.

При понижении температуры в проводнике с током в полном соответствии с принципом системной целесообразности (Луценко Е.В., 2021) возникают новые устойчивые *подсистемы*, так называемые Куперовские пары электронов, которым *энергетически невыгодно рассеивать энергию на атомах проводника*. В результате эти подсистемы движутся в проводнике без сопротивления.

Пример 9-й: «Боеспособность как эмерджентное свойство воинского соединения»

В работе [7] приведен пример, показывающий различие с точки зрения теории систем между вооруженной толпой и высокоорганизованными воинскими построениями, типа фаланг Александра Македонского. Как известно войска Александра Македонского проходили через войска противника как нож сквозь масло. Их высочайшая боеспособность является ярко-выраженным системным эффектом.

3. Развитый алгоритм принятия решений, как поэтапный процесс повышения уровня системности объекта управления

На рисунке 1 приведена обобщенная схема цикла управления в адаптивной интеллектуальной системе управления.

Эта схема интуитивно понятна и не требует особых комментариев. Вместе с тем необходимо отметить следующие моменты:

1. Решения всегда принимаются на основе модели. Модели могут быть различной степени формализации: интуитивные неформализованные модели, вербализованные модели, лингвистические модели (различные структуры текста),

алгоритмические модели, статистические и информационные модели, аналитические модели.

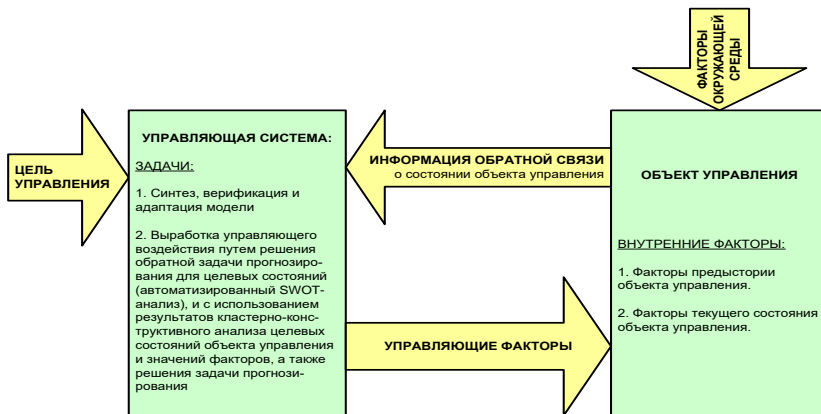


Рисунок 1. Обобщенная схема цикла управления в адаптивной интеллектуальной системе управления

2. Виды управления: оперативное, тактическое, стратегическое. Что это значит в экономических и технических системах управления.

3. Различие между АСУ и САУ: участие человека в реальном времени в принятии решений. Кто несет ответственность за ошибочные решения. Физические, юридические и электронные лица. Адаптивность: принцип дуальности управления Александра Фельдбаума.

4. Критерий различия управляющих факторов от факторов окружающей среды с точки зрения управляющей системы и объекта управления. Иерархическая структура окружающей среды. Мы прогнозируем курс рубля на завтра, а ЦБ принимает решение об этом, для нас это фактор окружающей среды, а для ЦБ - это управляющий фактор.

5. Решение задачи принятия решений путем многократного многовариантного решения задачи прогнозирования быстро приводит к комбинаторному взрыву при увеличении количества

факторов. Обычно в реальных задачах очень большое количество факторов. Поэтому при реальном количестве факторов задача принятия решений может быть решена только путем решения обратной задачи прогнозирования, т.е. SWOT-анализа. Однако в SWOT-анализе задается только одно целевое состояние и некоторые рекомендуемые значения факторов не могут быть применены по технологическим и финансовым причинам. Поэтому необходимо их исключить или заменить на основе результатов кластерно-конструктивного анализа значений факторов и спрогнозировать результаты применения такой измененной системы значений факторов.

Поэтому ниже кратко рассмотрим **развитый алгоритм принятия решений в адаптивной интеллектуальной системе управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос»** (рисунок 2) [18].

Шаг 1-й. Ставим цели управления, т.е. определяем целевые состояния объекта управления. Обычно в натуральном выражении целевые состояния - это количество и качество продукции, а в стоимостном выражении - прибыль и рентабельность. Объект управления как система, эффективность объекта управления как системное свойство, повышение уровня системности объекта управления как цель управления. Модель отражает определенный уровень технологий, поэтому целевые состояния, недостижимые в одной модели, могут быть достижимы в другой модели с большим числом классов и факторов.

Шаг 2-й (см.реж.6.4). Когнитивно-целевая структуризация и формализация предметной области (реж.2.3.2.2), синтез и верификация моделей (реж.3.5), определяем наиболее достоверную из них по F-критерию Ван Ризбергена и критериям L1 и L2 проф.Е.В.Луценко (реж.3.4). Повышение уровня системности и адекватности модели объекта управления (принцип Уильяма Росса Эшби).

Шаг 3-й. Если целевое состояние одно, то переходим на шаг 6, иначе на шаг 1.

Шаг 4-й. Иначе оцениваем **корректность** поставленных целей путем сравнения системы детерминации целевых состояний методом **когнитивной кластеризации** (4.2.2.3) или на основе матрицы сходства (4.2.2.1), т.е. определяем, являются ли целевые состояния совместимыми, т.е. достижимыми одновременно, по обуславливающим их значениями факторов, или они являются взаимоисключающими (альтернативными) по системе детерминации и одновременно недостижимы

Шаг 5-й. Поставленные цели управления корректны, совместимы, достижимы одновременно? Если да, то переходим на шаг 6, иначе на шаг 1.

Шаг 6-й. Решаем задачу поддержки принятия решений в упрощенном варианте путем решения обратной задачи прогнозирования в автоматизированном **SWOT-анализе** (реж.4.4.8) для каждого из целевых состояний и **объединяем** рекомендованные значения факторов в одну систему управляющих факторов.

Шаг 7-й. Оцениваем технологические и финансовые **возможности** применения на практике рекомендованных на шаге 6 значений факторов.

Шаг 8-й. Если такая возможность имеется для всех значений факторов, то принимаем их для реализации на практике и **выходим** из алгоритма принятий решений.

Шаг 9-й. Если же такой возможности нет, то **исключаем** из системы значений факторов, рекомендованных на шаге 6, те из них, которые по каким-либо причинам нет возможности применить на практике (реж.4.1.1) и переходим на шаг 10.

Шаг 10-й. **Прогнозируем** результаты применения на практике сокращенной системы значений факторов, в которой есть только те, которые есть реальная возможность применить на практике (реж.4.1.2).

Развитый алгоритм принятия решений в адаптивных интеллектуальных системах управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос»

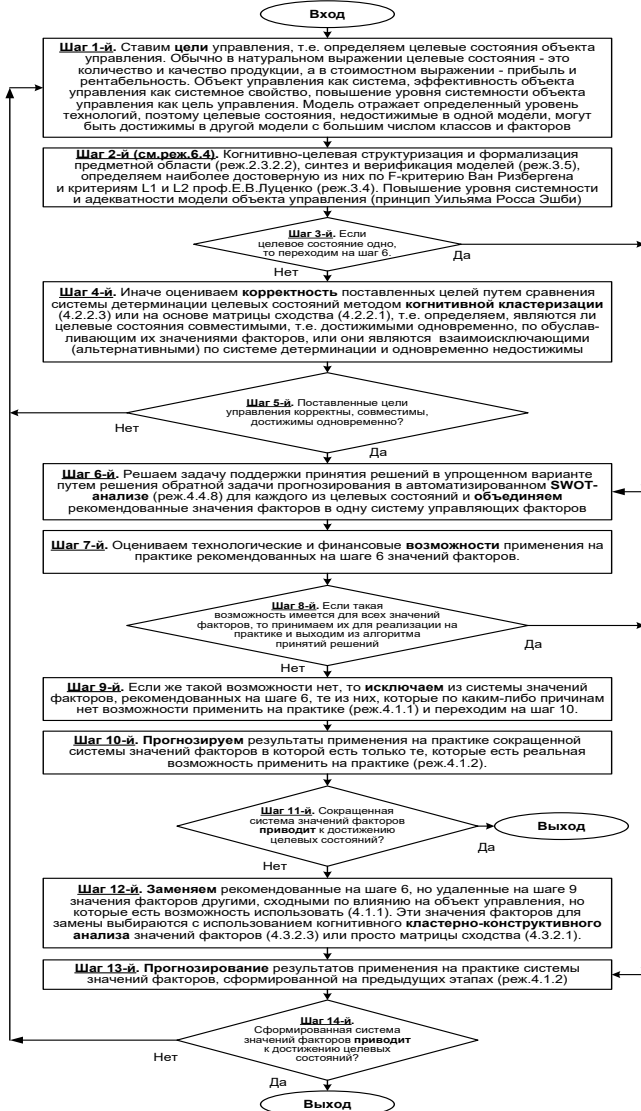


Рисунок 2. Развитый алгоритм принятия решений в адаптивной интеллектуальной системе управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос»

Шаг 11-й. Сокращенная система значений факторов **приводит** к достижению целевых состояний? Если да, **выходим** из алгоритма принятия решений, иначе переходим на шаг 12.

Шаг 12-й. Заменяем рекомендованные на шаге 6, но удаленные на шаге 9 значения факторов другими, сходными по влиянию на объект управления, но которые есть возможность использовать (4.1.1). Эти значения факторов для замены выбираются с использованием когнитивного **кластерно-конструктивного анализа** значений факторов (4.3.2.3) или просто матрицы сходства (4.3.2.1).

Шаг 13-й. **Прогнозирование** результатов применения на практике системы значений факторов, сформированной на предыдущих этапах (реж.4.1.2). Отметим, что прогнозирование практически не отличается от идентификации по математическим моделям и алгоритма и по сути представляет собой идентификацию состояний, относящихся к другому времени, чем действующие факторы.

Шаг 14-й. Сформированная система значений факторов **приводит** к достижению целевых состояний? Если да, **выходим** из алгоритма принятия решений, иначе переходим на шаг 1.

Выход

4. Детализация шага 2 развитого алгоритма принятия решений

На рисунке 3 приведена детализация шага 2 развитого алгоритма принятия решений, т.е. последовательность обработки данных, информации и знаний в системе «Эйдос», повышение уровня системности данных, информации знаний, повышение уровня системности моделей.

Рассмотрим соотношение задач идентификации, прогнозирования, принятия решений и исследования моделируемой предметной области:

- *распознавание, классификация, идентификация и диагностика* (это одно и то же, т.е. синонимы);

**Последовательность обработки данных, информации и знаний в системе «Эйдос»,
повышение уровня системности данных, информации и знаний,
повышение уровня системности моделей**

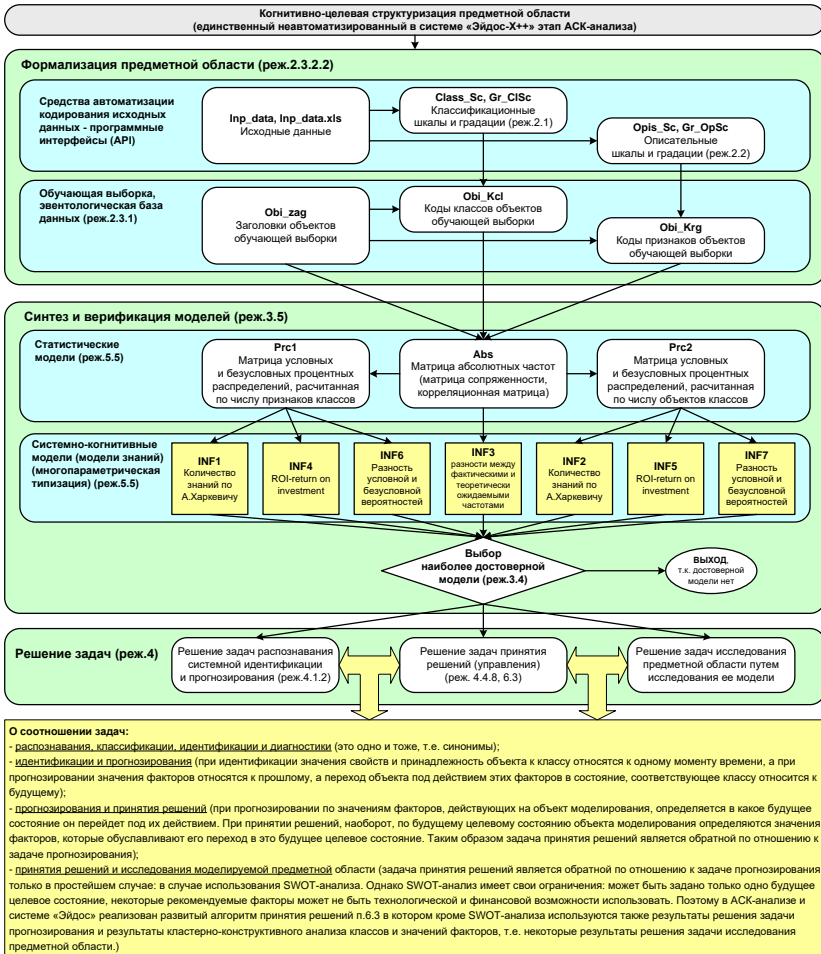


Рисунок 3. Последовательность обработки данных, информации и знаний в системе «Эйдос», повышение уровня системности данных, информации и знаний, повышение уровня системности моделей

- идентификация и прогнозирование (при идентификации значения свойств и принадлежность объекта к классу относятся к одному моменту времени, а при прогнозировании значения факторов относятся к прошлому, а переход объекта под действием этих факторов в состояние, соответствующее классу относится к будущему);

- прогнозирование и принятие решений (при прогнозировании по значениям факторов, действующих на объект моделирования, определяется в какое будущее состояние он перейдет под их действием.

При принятии решений, наоборот, по будущему целевому состоянию объекта моделирования определяются значения факторов, которые обуславливают его переход в это будущее целевое состояние. Таким образом задача принятия решений является обратной по отношению к задаче прогнозирования);

- принятие решений и исследование моделируемой предметной области (задача принятия решений является обратной по отношению к задаче прогнозирования только в простейшем случае: в случае использования SWOT-анализа.

Однако SWOT-анализ имеет свои ограничения: может быть задано только одно будущее целевое состояние, некоторые рекомендуемые факторы может не быть технологической и финансовой возможности использовать.

Поэтому в АСК-анализе и системе «Эйдос» и реализован развитый алгоритм принятия решений (режим 6.3 системы «Эйдос») в котором кроме SWOT-анализа используются также результаты решения задачи прогнозирования и результаты кластерно-конструктивного анализа классов и значений факторов, т.е. некоторые результаты решения задачи исследования предметной области.)

Выводы

Система – это множество базовых элементов, взаимосвязанных друг с другом, за счет чего система приобретает

новые так называемые системные или эмерджентные свойства, которых нет у множества базовых элементов и которые обеспечивают системе преимущества в достижении цели.

Эмерджентные свойства систем тем более ярко выражены, чем сильнее взаимосвязи между элементами множества и чем их больше, чем сильнее свойства системы отличаются от свойств множества базовых элементов, из которых состоит система, т.е. чем выше уровень системности.

Таким образом, на основе вышеизложенного можно сделать обоснованные выводы том, что:

1. Предприятие – это система, объединяющая различные виды капитала (физический, финансовый, интеллектуальный).

2. Повышение эффективности работы предприятия – это системный эффект. В результате повышения уровня системности предприятие обеспечивает производство большего объема продукции более высокого качества в расчете на единицу затраченного времени и других видов затрат.

3. Целью управления фактически является повышение уровня системности объекта управления, т.к. это и есть его перевод в целевое состояние.

Следовательно, для конкретной технологической, организационной и экономической системы не сложно определить взаимосвязь вида: $I=f(E)$ (аналогичного выражению $E=MC^2$) между объемом информации I , сообщенной системе, и экономией топлива (и соответствующей энергии E) за счет получения системой этой информации.

Принцип системной целесообразности (Луценко Е.В., 2021): В соответствии с Универсальным информационным вариационным принципом развития систем (Луценко Е.В., 2008) [2] реально осуществляются те процессы и явления, которые приводят к максимальному повышению их уровня системности.

Список использованных источников

1. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем): Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2002. – 605 с. <http://elibrary.ru/item.asp?id=18632909>

2. Луценко Е.В. Универсальный информационный вариационный принцип развития систем / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №07(041). С. 117 – 193. – Шифр Информрегистра: 0420800012/0091, IDA [article ID]: 0410807010. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/07/pdf/10.pdf>, 4,812 у.п.л.

3. Lutsenko E. V. System analysis and decision-making (Automated system-cognitive analysis and solving problems of identification, decision-making and research of the simulated subject area): textbook / E. V. Lutsenko. - Krasnodar: ECSC "Eidos", 2020. - 1031 p. // August 2020, DOI: 10.13140/RG.2.2.27247.05289, License CC BY-SA 4.0, https://www.researchgate.net/publication/343998862_SYSTEM_ANALYSIS_AND_DECISION_MAKING_Automated_system-cognitive_analysis_and_solving_problems_of_identification_decision-making_and_research_of_the_simulated_subject_area, см. учебный вопрос-2.8.5. Повышение уровня системности объекта управления как цель управления.

4. Lutsenko E.V. On higher forms of consciousness, the prospects of man, technology and society (selected works) // August 2019, DOI: 10.13140/RG.2.2.21336.24320, License CC BY-SA 4.0, https://www.researchgate.net/publication/335057548_On_HIGHER_FORMS_of_CONSCIOUSNESS_the_PROSPECTS_of_MAN_TECHNOLOGY_AND_SOCIETY_selected_works

5. Lutsenko E.V. ABOUT THE INTERFACE: "SOUL-COMPUTER» (artificial intelligence: problems and solutions within the system information and functional paradigm of society development) // April 2019, DOI: 10.13140/RG.2.2.23132.85129, [https://www.researchgate.net/publication/332464278_ABOUT_THE_INTERFA](https://www.researchgate.net/publication/332464278_ABOUT_THE_INTERFACE_SOUL-)
CE_SOUL-

COMPUTER_artificial_intelligence_problems_and_solutions_within_the_system_information_and_functional_paradigm_of_society_development

6. Орлов А.И., Луценко Е.В. Системная нечеткая интервальная математика. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2014. – 600 с. ISBN 978-5-94672-757-0. <http://elibrary.ru/item.asp?id=21358220>

7. Луценко Е.В. Количественные меры возрастания эмерджентности в процессе эволюции систем (в рамках системной теории информации) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2006. – №05(021). С. 355 – 374. – Шифр Информрегистра: 0420600012\0089, IDA [article ID]: 0210605031. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2006/05/pdf/31.pdf>, 1,25 у.п.л.

8. Луценко Е.В. Существование, несуществование и изменение как эмерджентные свойства систем // Квантовая Магия, том 5, вып. 1, стр. 1215-1239, 2008. <http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL512008/p1215.html>

9. Луценко Е.В. Проблемы и перспективы теории и методологии научного познания и автоматизированный системно-когнитивный анализ как автоматизированный метод научного познания, обеспечивающий содержательное феноменологическое моделирование / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №03(127). С. 1 – 60. – IDA [article ID]: 1271703001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/03/pdf/01.pdf>, 3,75 у.п.л.

10. Сайт проф.Е.В.Луценко: <http://lc.kubagro.ru/>

11. Страничка проф.Е.В.Луценко:
https://www.researchgate.net/profile/Eugene_Lutsenko

12. Луценко Е.В. Моделирование сложных многофакторных нелинейных объектов управления на основе фрагментированных зашумленных эмпирических данных большой размерности в системно-когнитивном анализе и интеллектуальной системе «Эйдос-Х++» / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №07(091). С. 164 – 188. – IDA [article ID]: 0911307012. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/12.pdf>, 1,562 у.п.л.

13. ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА О.Г. КУКОСЯНА // – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20266263>

14. Луценко Е.В. Формирование субъективных (виртуальных) моделей физической и социальной реальности сознанием человека и неоправданное придание им онтологического статуса (гипостазирование) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №09(113). С. 1 – 32. – IDA [article ID]: 1131509001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/01.pdf>, 2 у.п.л.

15. Луценко Е.В. Принципы и перспективы корректной содержательной интерпретации субъективных (виртуальных) моделей физической и социальной реальности, формируемых сознанием человека / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №01(115). С. 22 – 75. – IDA [article ID]: 1151601003. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/01/pdf/03.pdf>, 3,375 у.п.л.

16. Луценко Е.В. Сценарный АСК-анализ как метод разработки на основе эмпирических данных базисных функций и весовых коэффициентов для разложения в ряд функции состояния объекта или ситуации по теореме А.Н.Колмогорова (1957) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – №07(161). С. 76 – 120. – IDA [article ID]: 1612007009. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2020/07/pdf/09.pdf>, 2,812 у.п.л.

17. Луценко Е.В. Системное обобщение принципа Эшби и повышение уровня системности модели объекта познания как необходимое условие адекватности процесса его познания / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – №09(163). С. 100 – 134. – IDA [article ID]: 1632009009. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2020/09/pdf/09.pdf>, 2,188 у.п.л.

18. Луценко Е.В. Развитый алгоритм принятия решений в интеллектуальных системах управления на основе АСК-анализа и системы

«Эйдос» / Е.В. Луценко, Е.К. Печурина, А.Э. Сергеев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – №06(160). С. 95 – 114. – IDA [article ID]: 1602006009. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2020/06/pdf/09.pdf>, 1,25 у.п.л.

19. Ссылка на подборку публикаций проф.Е.В.Луценко с соавторами по информационным мерам сложности систем (коэффициентам эмерджентности) и системному обобщению математики: http://lc.kubagro.ru/aidos/Work_on_emergence.htm

2. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ВАРИАЦИОННЫЙ ПРИНЦИП, КАК МЕТАТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ФУНДАМЕНТ НАУКИ

2.1. Исторический контекст и место УИВП в системе науки

Вариационные принципы занимают центральное место в современной теоретической физике. Принцип наименьшего действия Гамильтона:

$$\delta S = \delta \int_{t_1}^{t_2} L(q_i, \dot{q}_i, t) dt = 0 \quad (10)$$

где L – лагранжиан системы, q_i – обобщённые координаты, – объединяет в единую форму всю классическую механику. Аналогичную роль принцип стационарного действия играет в квантовой теории поля, общей теории относительности и стандартной модели физики элементарных частиц.

Определение переменных в формуле (10):

- S – функционал действия (интеграл от лагранжиана);
- $L(q_i, \dot{q}_i, t)$ – лагранжиан – функция, кодирующая динамику системы через зависимость от координат q_i , скоростей \dot{q}_i и времени t ;
- δ – символ вариации – бесконечно малого отклонения от оптимальной траектории;
- t_1, t_2 – начальный и конечный моменты времени.

До работ проф. Луценко вариационные принципы применялись преимущественно в физике. Экономические приложения вариационного исчисления существовали в задачах оптимального управления (теория Понтрягина) и динамического программирования (Беллман), однако носили прикладной, а не фундаментальный характер. Между физическими принципами,

лежащими в основе бытия, и экономическими законами, управляющими хозяйственной жизнью, оставался методологический разрыв.

УИВП является метатеоретическим обобщением принципа стационарного действия на системы любой природы путём замены конкретного физического лагранжиана информационным функционалом. Это обобщение не является формальным – оно проводится содержательно, через понятие системной информации, измеряющей степень организации системы.

2.2. Общая постановка вариационной задачи в рамках УИВП

2.2.1. Функционал системной информации

Определение 2.1 (Интегральный функционал системной информации). Интегральный функционал системной информации (информационное действие) определяется выражением:

$$S[\phi] = \int_{t_1}^{t_2} \mathcal{L}(\phi(t), \dot{\phi}(t), t) dt \quad (11)$$

где:

- $S[\phi]$ – функционал (скаляр), зависящий от траектории $\phi(t)$;
- $\mathcal{L}(\phi, \dot{\phi}, t)$ – плотность системной информации (информационный лагранжиан);
- $\phi(t)$ – обобщённые координаты системы;
- $\dot{\phi}(t)$ – обобщённые скорости;
- t_1, t_2 – начальный и конечный моменты.

Экономическое толкование. В экономическом приложении $\phi(t)$ – это координаты экономической системы в пространстве состояний: объёмы производства по отраслям, цены на товары, уровень технологий, концентрация капитала. $\dot{\phi}$ – скорости изменения этих величин. \mathcal{L} – плотность системной

информации, которую система “накапливает” в единицу времени. Интеграл – суммарная системная информация, накопленная за период $[t_1, t_2]$.

2.2.2. Формулировка УИВП

Аксиома 2.1 (Универсальный информационный вариационный принцип). Реальная траектория эволюции системы $\phi(t)$ реализуется из условия экстремума (как правило, максимума) интегрального функционала системной информации:

$$\delta S[\phi] = 0, \quad S[\phi] \rightarrow \max \quad (12)$$

при фиксированных граничных условиях $\phi(t_1) = \phi^{(1)}$, $\phi(t_2) = \phi^{(2)}$.

Экономическое толкование УИВП. УИВП утверждает: из всех возможных путей развития экономической системы (из точки $\phi^{(1)}$ в точку $\phi^{(2)}$) реализуется тот, при котором суммарная накопленная системная информация максимальна. Экономика “стремится” к траекториям максимального информационного обогащения при заданных ресурсных и институциональных ограничениях.

Это утверждение является информационным обобщением принципа максимума производительных сил – центрального закона материалистической теории истории. Производительные силы развиваются к максимуму потому, что это есть следствие УИВП применительно к социально-экономическим системам.

2.3. Вывод уравнений Эйлера–Лагранжа из УИВП

2.3.1. Вариация функционала

Рассмотрим допустимую вариацию траектории:

$$\phi_\varepsilon(t) = \phi(t) + \varepsilon\eta(t) \quad (13)$$

где $\eta(t)$ – произвольные гладкие функции, удовлетворяющие граничным условиям:

$$\eta(t_1) = 0, \quad \eta(t_2) = 0 \quad (14)$$

Вычислим приращение функционала:

$$\mathcal{S}[\phi + \varepsilon\eta] - \mathcal{S}[\phi] = \int_{t_1}^{t_2} \left[\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \phi} \eta + \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\phi}} \dot{\eta} \right] dt + O(\varepsilon^2) \quad (15)$$

Первая вариация:

$$\delta \mathcal{S} = \int_{t_1}^{t_2} \left[\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \phi} \eta + \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\phi}} \dot{\eta} \right] dt \quad (16)$$

2.3.2. Интегрирование по частям

Второй член в (16) интегрируется по частям:

$$\int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\phi}} \dot{\eta} dt = \left[\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\phi}} \eta \right]_{t_1}^{t_2} - \int_{t_1}^{t_2} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\phi}} \right) \eta dt \quad (17)$$

Граничный член обращается в нуль вследствие условий (14):

$$\left[\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\phi}} \eta \right]_{t_1}^{t_2} = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\phi}} \Big|_{t_2} \cdot \eta(t_2) - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\phi}} \Big|_{t_1} \cdot \eta(t_1) = 0 \quad (18)$$

Подставляя в (16):

$$\delta \mathcal{S} = \int_{t_1}^{t_2} \left[\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \phi} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\phi}} \right) \right] \eta dt \quad (19)$$

2.3.3. Уравнения Эйлера–Лагранжа для экономической системы

Из условия $\delta \mathcal{S} = 0$ и произвольности $\eta(t)$ по основной лемме вариационного исчисления:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\phi}_i} \right) - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \phi_i} = 0, \quad i = 1, \dots, n \quad (20)$$

Определение всех переменных в формуле (20):

- $\mathcal{L}(\phi_i, \dot{\phi}_i, t)$ – информационный лагранжиан экономической системы – плотность системной информации;

- ϕ_i – i -я обобщённая координата экономического состояния (например: объём выпуска i -й отрасли, уровень цен, уровень технологий);

- $\dot{\phi}_i = d\phi_i/dt$ – скорость изменения i -й координаты;

- $\partial\mathcal{L}/\partial\phi_i$ – “обобщённая сила”: скорость изменения информационной плотности с изменением положения системы;

- $\partial\mathcal{L}/\partial\dot{\phi}_i$ – “обобщённый импульс”: информационный отклик системы на изменение скорости.

Экономическое толкование уравнений Эйлера–Лагранжа. Уравнение (20) утверждает: вдоль реальной траектории экономической системы скорость изменения информационного импульса в точности компенсируется информационной силой. Это информационный аналог второго закона Ньютона.

В экономическом смысле: изменение информационного содержания экономического процесса определяется разностью между “притягивающей силой” информационного потенциала и инерцией накопленной информации. Если ϕ_i – уровень технологии в i -й отрасли, то уравнение (20) описывает оптимальную траекторию технологического развития – ту самую, на которой суммарная накопленная системная информация максимальна.

Численный пример 2.1.

Рассмотрим однокоординатную модель. Пусть ϕ – объём производства высокотехнологичной продукции. Предположим, что информационный лагранжиан имеет вид:

$$\mathcal{L}(\phi, \dot{\phi}) = 1/2 A \dot{\phi}^2 - 1/2 B \phi^2$$

(кинетический член – выгода от расширения производства; потенциальный член – ограничения ресурсов и рынков).

Уравнение Эйлера–Лагранжа (20):

$$A \ddot{\phi} + B \phi = 0$$

Это уравнение гармонического осциллятора с решением:

$$\phi(t) = \phi_0 \cos(\omega t + \psi), \quad \omega = \sqrt{B/A}$$

Данное решение описывает циклические колебания объёма производства – кондратьевские волны! Период цикла $T = 2\pi/\omega = 2\pi\sqrt{A/B}$.

При $A = 100$, $B = 0,1$: $T = 2\pi\sqrt{100/0,1} = 2\pi\sqrt{1000} \approx 198$ лет. При $A = 100$, $B = 0,4$: $T = 2\pi\sqrt{100/0,4} = 2\pi\sqrt{250} \approx 99$ лет.

Таким образом, при разумных значениях параметров УИВП воспроизводит порядок величин кондратьевских длинных волн (50–60 лет для полуцикла).

2.4. Гамильтонова форма уравнений движения

Введём обобщённый информационный импульс:

$$p_i = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\phi}_i} \quad (21)$$

Экономическое толкование p_i . Обобщённый импульс – это “информационная инерция” системы по -му направлению. Он характеризует, насколько интенсивно изменение скорости $\dot{\phi}_i$ сказывается на информационной плотности. В производственном контексте, если ϕ_i – объём выпуска, то p_i – информационная “напряжённость” процесса производства, характеризующая сопротивление системы изменению темпа выпуска.

Введём информационный гамильтониан (функцию Гамильтона):

$$\mathcal{H}(\phi_i, p_i, t) = \sum_i p_i \dot{\phi}_i - \mathcal{L}(\phi_i, \dot{\phi}_i, t) \quad (22)$$

(суммирование по повторяющемуся индексу i).

Вывод гамильтоновых уравнений. Вычислим полный дифференциал \mathcal{H} :

$$d\mathcal{H} = \sum_i \dot{\phi}_i dp_i + \sum_i p_i d\dot{\phi}_i - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \phi_i} d\phi_i - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\phi}_i} d\dot{\phi}_i - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial t} dt$$

Используя $p_i = \partial \mathcal{L} / \partial \dot{\phi}_i$: члены с $d\dot{\phi}_i$ сокращаются. Получаем гамильтоновы уравнения:

$$\dot{\phi}_i = \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial p_i}, \quad \dot{p}_i = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \phi_i} \quad (23)$$

Экономическое толкование системы (23).

Первое уравнение говорит: скорость изменения координаты (например, уровня производства) равна производной гамильтониана по соответствующему импульсу. Это – “закон скорости”: чем выше информационный “потенциал изменения”, тем быстрее движется система в данном направлении.

Второе уравнение – “закон силы”: изменение информационного импульса (инерции) определяется информационным “полем сил” – градиентом гамильтониана по координатам. Экономическая система “движется” в направлении наибольшего убывания гамильтониана (наибольшего возрастания системной информации).

Теорема 2.1 (Закон сохранения информационной “энергии”). Если информационный лагранжиан \mathcal{L} не зависит явно от времени ($\partial \mathcal{L} / \partial t = 0$), то гамильтониан \mathcal{H} сохраняется вдоль оптимальной траектории:

$$\frac{d\mathcal{H}}{dt} = 0 \quad (24)$$

Доказательство. $\frac{d\mathcal{H}}{dt} = \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial t} + \sum_i \left(\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \phi_i} \dot{\phi}_i + \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial p_i} \dot{p}_i \right) = \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial t} + \sum_i (-\dot{p}_i \dot{\phi}_i + \dot{\phi}_i \dot{p}_i) = \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial t} = 0$, если $\partial \mathcal{L} / \partial t = 0$. ◻

Экономическое толкование теоремы 2.1. В условиях стационарной экономической среды (институциональные правила и технологические параметры не меняются) суммарная “информационная энергия” системы сохраняется. Это –

информационная форма закона сохранения стоимости в устойчивых экономических условиях.

2.5. Применение УИВП к анализу технологических укладов

2.5.1. Функционал системной информации технологического уклада

Пусть $\phi^{(n)}(t)$ – вектор координат экономики в n -м технологическом укладе, $t \in [T_n, T_{n+1}]$ – период существования n -го уклада. Функционал системной информации n -го уклада:

$$\mathcal{S}_n = \int_{T_n}^{T_{n+1}} \mathcal{L}_n(\phi^{(n)}, \dot{\phi}^{(n)}, t) dt \quad (25)$$

Внутри уклада траектория $\phi^{(n)}(t)$ реализует максимум \mathcal{S}_n .

2.5.2. Критерий истощения уклада и бифуркация

Технологический уклад истощается, когда функционал \mathcal{S}_n перестаёт возрастать – то есть когда оптимальная траектория в рамках данного лагранжиана \mathcal{L}_n уже не может обеспечить положительный прирост системной информации:

$$\exists T^*: \frac{d}{dt} \mathcal{S}_n(T^*) = 0 \quad (26)$$

В момент T^* система переходит в состояние информационной бифуркации: существующий лагранжиан \mathcal{L}_n более не описывает нарастания системной информации, и система ищет новый технологический базис – новый лагранжиан \mathcal{L}_{n+1} .

Экономическое толкование.

Условие (26) – это математическое выражение Шумпетеровского “созидательного разрушения”. Когда возможности текущей технологической парадигмы исчерпаны (норма прибыли в лидирующих отраслях падает, инновации перестают давать значимые приращения производительности), система переходит к новому технологическому базису.

В терминах УИВП: переход от n -го к $(n + 1)$ -му укладу есть переключение с лагранжиана \mathcal{L}_n на лагранжиан \mathcal{L}_{n+1} в момент T^* , определяемый условием (26).

2.5.3. Информационный критерий VI технологического уклада

Конкретизируем условие (26) для перехода от V к VI укладу. Лагранжиан пятого уклада – информационно-коммуникационного – имеет вид:

$$\mathcal{L}_V = \frac{A_V}{2} \dot{\phi}_{\text{ИКТ}}^2 - \frac{B_V}{2} \phi_{\text{ИКТ}}^2 \quad (27)$$

где $\phi_{\text{ИКТ}}$ – обобщённая координата ИКТ-сектора экономики. Параметр $B_V > 0$ характеризует насыщение ИКТ-рынка – убывание отдачи от дополнительных инвестиций в рамках пятого уклада.

Условие исчерпания:

$$\phi_{\text{ИКТ}}(T^*) = \sqrt{A_V/B_V} \cdot \phi_0 \quad (28)$$

Когда объём ИКТ-сектора достигает уровня (28), дальнейший рост системной информации в рамках пятого уклада невозможен, и система переходит к шестому укладу с лагранжианом:

$$\mathcal{L}_{VI} = \frac{A_{VI}}{2} \dot{\phi}_{\text{ИИ}}^2 - \frac{B_{VI}}{2} \phi_{\text{ИИ}}^2 + C \phi_{\text{ИКТ}} \phi_{\text{ИИ}} \quad (29)$$

где $\phi_{\text{ИИ}}$ – координата ИИ-сектора, $C > 0$ – коэффициент синергии между ИКТ-инфраструктурой и ИИ-технологиями.

Экономическое толкование формулы (29).

Лагранжиан (29) отличается от (27) принципиальным новым элементом – членом $C \phi_{\text{ИКТ}} \phi_{\text{ИИ}}$, описывающим синергию. Шестой уклад не отбрасывает пятый: накопленная ИКТ-инфраструктура становится фундаментом для ИИ-технологий. Чем выше $\phi_{\text{ИКТ}}$, тем больший вклад в системную информацию даёт единица $\phi_{\text{ИИ}}$. Это – строгое математическое выражение того наблюдаемого факта, что страны с развитой цифровой

инфраструктурой (пятый уклад) имеют наибольшие темпы внедрения ИИ-технологий (шестой уклад).

Численный пример 2.2.

Оценим момент перехода T^* к VI укладу. Пусть $A_V = 100$, $B_V = 0,04$, $\phi_0 = 10$. Уравнение Эйлера–Лагранжа для (27): $A_V \ddot{\phi} + B_V \phi = 0$, откуда $\phi(t) = \phi_0 \cos(\omega t)$, $\omega = \sqrt{B_V/A_V} = 0,02$. Уровень насыщения: $\phi^* = \sqrt{A_V/B_V} \cdot \phi_0 = \sqrt{2500} \cdot 10 = 500$. Момент достижения: $\phi_0 \cos(\omega T^*) = \phi_0$ при $T^* = 0$ – нет, это начало. При экспоненциальном росте $\phi(t) = \phi_0 e^{\gamma t}$: $T^* = \ln(\phi^*/\phi_0)/\gamma = \ln(50)/\gamma$. При $\gamma = 0,08$ (8%/год): $T^* = \ln(50)/0,08 \approx 3,91/0,08 \approx 49$ лет.

Это соответствует историческому периоду доминирования пятого ИКТ-уклада (примерно 1970–2020 гг.) – наблюдаемой длительности порядка 50 лет.

3. СИСТЕМНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ПОЛЯ (СЭКТП): ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО-ВРЕМЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЛАГРАНЖИАН

3.1. Экономическое пространство-время (ЭПВ)

Определение 3.1 (Экономическое пространство-время). Экономическое пространство-время (ЭПВ) есть $(n + 1)$ -мерное псевдориманово многообразие с координатами:

$$x^\mu = (x^0, x^1, x^2, \dots, x^n), \quad \mu = 0, 1, \dots, n \quad (30)$$

где:

- $x^0 = \tau$ – экономическое время (экономический “хронос”);
- x^1, \dots, x^n – экономические степени свободы – координаты в пространстве рынков, регионов, секторов производства, ценовых уровней.

Метрика ЭПВ задаётся метрическим тензором:

$$ds^2 = g_{\mu\nu}(x) dx^\mu dx^\nu \quad (31)$$

где:

- ds^2 – квадрат элемента “экономического расстояния”;
- $g_{\mu\nu}(x)$ – метрический тензор ЭПВ, зависящий от координат (анизотропное, неоднородное пространство);
- суммирование по повторяющимся индексам μ, ν ведётся от 0 до n .

Экономическое толкование метрического тензора.

Метрический тензор $g_{\mu\nu}(x)$ описывает геометрические свойства экономического пространства – его “кривизну” в экономическом смысле. Его неоднородность отражает анизотропию – различные транзакционные издержки, институциональные барьеры, тарифы и таможенные пошлины в разных “точках” экономики.

В однородной изотропной экономике $g_{\mu\nu} = \eta_{\mu\nu}$ – метрика Минковского (диагональная матрица $\text{diag}(+1, -1, -1, \dots, -1)$). Реальная экономика всегда анизотропна: $g_{\mu\nu}(x) \neq \eta_{\mu\nu}$.

Численный пример 3.1.

Рассмотрим двухмерное ЭПВ (время τ + одна пространственная координата x : например, уровень ИИ-технологий). При наличии санкционного барьера в точке $x = x_0$ метрический тензор может иметь вид:

$$g_{\mu\nu} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -(1 + \lambda e^{-(x-x_0)^2/\sigma^2}) \end{pmatrix}$$

где $\lambda > 0$ – амплитуда барьера, σ – его ширина.

При $\lambda = 2$, $\sigma = 0,5$ барьер утраивает “расстояние” в точке x_0 , что означает трёхкратное удорожание транзакций в этой зоне – например, переноса технологий через санкционную границу.

3.2. Построение информационного лагранжиана СЭКТП

Определение 3.2 (Информационный лагранжиан экономической системы). Информационный лагранжиан экономической системы в ЭПВ:

$$\mathcal{L} = g_{\mu\nu}(x) \dot{x}^\mu \dot{x}^\nu - V(x) - \Phi(x) \quad (32)$$

где:

- $g_{\mu\nu}(x)$ – метрический тензор ЭПВ;
- $\dot{x}^\mu = dx^\mu/d\tau$ – скорость движения в ЭПВ (τ – собственное экономическое время);
- $V(x)$ – потенциал стоимости (внутренние издержки, определяемые технологическим уровнем);
- $\Phi(x)$ – функция неинвариантности (институциональный потенциал, нарушающий однородность ЭПВ – тарифы, санкции, геополитические барьеры).

Обоснование формы лагранжиана (32).

Кинетический член $g_{\mu\nu}\dot{x}^\mu\dot{x}^\nu$ описывает интенсивность экономического движения – скорость изменения экономического состояния. Аналогично кинетической энергии в механике, он квадратичен по скоростям. Коэффициент $g_{\mu\nu}$ учитывает анизотропию: движение в различных направлениях ЭПВ (по разным рынкам, в разных регионах) имеет разную “стоимость” (транзакционные издержки).

Потенциальный член $-V(x)$ описывает внутреннее “поле сил” экономики – распределение технологических возможностей. Знак “минус” обеспечивает движение в сторону убывающего потенциала, то есть к более выгодным точкам.

Член $-\Phi(x)$ вносит нарушение симметрии ЭПВ: в однородной экономике $\Phi = 0$; в анизотропной (с тарифами, санкциями, геополитическими барьерами) $\Phi \neq 0$.

3.3. Вариационный вывод уравнений движения в ЭПВ

3.3.1. Функционал действия

$$\mathcal{S}_{\text{ЭК}}[x(\tau)] = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \mathcal{L}(x^\mu, \dot{x}^\mu) d\tau \quad (33)$$

3.3.2. Вычисление первой вариации и уравнения Эйлера–Лагранжа

Вариация функционала (аналогично разделу 2.3):

$$\delta\mathcal{S}_{\text{ЭК}} = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \left[\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial x^\lambda} - \frac{d}{d\tau} \left(\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial \dot{x}^\lambda} \right) \right] \delta x^\lambda d\tau = 0 \quad (34)$$

Из $\delta\mathcal{S}_{\text{ЭК}} = 0$ и произвольности δx^λ :

$$\frac{d}{d\tau} \left(\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial \dot{x}^\lambda} \right) - \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial x^\lambda} = 0 \quad (35)$$

3.3.3. Явная форма уравнений движения в ЭПВ

Вычислим производные лагранжиана (32).

Производная по \dot{x}^λ :

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{x}^\lambda} = g_{\mu\lambda} \dot{x}^\mu + g_{\lambda\nu} \dot{x}^\nu = 2 g_{\lambda\mu} \dot{x}^\mu \quad (36)$$

Полная производная по τ :

$$\frac{d}{d\tau} (2 g_{\lambda\mu} \dot{x}^\mu) = 2 g_{\lambda\mu} \ddot{x}^\mu + 2 \frac{\partial g_{\lambda\mu}}{\partial x^\nu} \dot{x}^\nu \dot{x}^\mu \quad (37)$$

Производная по x^λ :

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x^\lambda} = \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x^\lambda} \dot{x}^\mu \dot{x}^\nu - \frac{\partial V}{\partial x^\lambda} - \frac{\partial \Phi}{\partial x^\lambda} \quad (38)$$

Подставляя в (35) и умножая на контравариантный тензор $g^{\sigma\lambda}$:

$$\ddot{x}^\sigma + \Gamma_{\mu\nu}^\sigma \dot{x}^\mu \dot{x}^\nu = -g^{\sigma\lambda} \frac{\partial V}{\partial x^\lambda} - g^{\sigma\lambda} \frac{\partial \Phi}{\partial x^\lambda} \quad (39)$$

где символы Кристоффеля:

$$\Gamma_{\mu\nu}^\sigma = \frac{1}{2} g^{\sigma\lambda} \left(\frac{\partial g_{\mu\lambda}}{\partial x^\nu} + \frac{\partial g_{\nu\lambda}}{\partial x^\mu} - \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x^\lambda} \right) \quad (40)$$

Определение всех величин в уравнении (39):

- $\ddot{x}^\sigma = d^2 x^\sigma / d\tau^2$ – ускорение в ЭПВ (вторая производная координаты по собственному экономическому времени);

- $\Gamma_{\mu\nu}^\sigma$ – символы Кристоффеля, описывающие искривление ЭПВ – инерционные силы, возникающие из-за неоднородности метрики;

- $g^{\sigma\lambda}$ – контравариантный метрический тензор (обратный к $g_{\mu\nu}$);

- $-g^{\sigma\lambda} \partial V / \partial x^\lambda$ – “информационная сила” потенциала стоимости;

- $-g^{\sigma\lambda} \partial \Phi / \partial x^\lambda$ – “институциональная сила”, обусловленная анизотропией ЭПВ.

Экономическое толкование уравнения (39).

Уравнение (39) есть уравнение геодезической в искривлённом ЭПВ с дополнительными силами. Его структура

аналогична второму закону Ньютона в общей теории относительности.

Левая часть $\ddot{x}^\sigma + \Gamma_{\mu\nu}^\sigma \dot{x}^\mu \dot{x}^\nu$ – ускорение в искривлённом ЭПВ с учётом “инерционных сил”, возникающих из-за неоднородности метрики. Экономический аналог силы Кориолиса – это дополнительные транзакционные затраты, возникающие из-за неоднородности рыночной среды.

Правая часть содержит два типа сил:

- Градиент потенциала стоимости ($-\nabla V$): товарные и капитальные потоки движутся в сторону убывания потенциала – туда, где производство дешевле, где ресурсы доступнее.
- Градиент институциональной неинвариантности ($-\nabla \Phi$): потоки движутся вдоль градиента институциональных различий – тарифов, барьеров, санкций.

Уравнение (39) в целом утверждает: товарные и капитальные потоки движутся по геодезическим ЭПВ – кратчайшим в информационном смысле путям, – отклоняясь от них под действием информационных сил и институциональных потенциалов.

Численный пример 3.2.

Рассмотрим одномерное ЭПВ (одна пространственная координата x – уровень технологии). Пусть:

- $g_{00} = 1, g_{11} = -1$ (плоское ЭПВ);
- $V(x) = \frac{1}{2} B x^2$ (квадратичный потенциал стоимости);
- $\Phi(x) = \Phi_0 e^{-x/x_0}$ (санкционный барьер, убывающий с удалением от рынка с высокими санкциями при $x = 0$).

Уравнение движения (39) принимает вид:

$$\ddot{x} = -Bx + \frac{\Phi_0}{x_0} e^{-x/x_0}$$

При $B = 0,1$, $\Phi_0 = 5$, $x_0 = 3$, начальное условие $x(0) = 0$, $\dot{x}(0) = 0,5$:

- При малых x санкционная сила $\approx \Phi_0/x_0 = 5/3 \approx 1,67$ доминирует над потенциальной $Bx \ll 1,67$;
- Система ускоряется: технология развивается быстрее, чем предсказывает изолированная модель;
- При больших x потенциальная сила Bx начинает компенсировать санкционную, и система выходит на новое равновесие.

Это описывает реальный экономический феномен: санкционное давление может стимулировать технологическое развитие страны – эффект импортозамещения.

3.4. Теорема Нётер для экономических систем

3.4.1. Классическая теорема Нётер

Теорема Эмми Нётер (1918) устанавливает глубокую связь между симметриями динамической системы и законами сохранения.

Классическая формулировка. Если лагранжиан \mathcal{L} инвариантен относительно однопараметрической группы преобразований $x^\mu \rightarrow x^\mu + \varepsilon \xi^\mu$, то существует сохраняющийся ток J^μ :

$$J^\mu = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial (\partial_\mu \phi)} \delta \phi - \xi^\mu \mathcal{L} \quad (41)$$

удовлетворяющий уравнению непрерывности:

$$\partial_\mu J^\mu = 0 \quad (42)$$

3.4.2. Экономическая теорема Нётер

Теорема 3.1 (Нётер для СЭКТП). Каждой непрерывной симметрии информационного лагранжиана экономической системы соответствует сохраняющаяся экономическая величина. Сохраняющийся ток:

$$J^\mu(x) = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial(\partial_\mu \phi)} \delta\phi - \delta x^\mu \mathcal{L} \quad (43)$$

удовлетворяет уравнению непрерывности:

$$\partial_\mu J^\mu = 0 \quad (44)$$

Определение переменных в формулах (43)–(44):

- J^μ – компоненты сохраняющегося тока (J^0 – плотность заряда, J^i – пространственные компоненты тока);
- ϕ – поле (экономическая переменная, например, поле стоимости);
- $\partial_\mu \phi = \partial\phi / \partial x^\mu$ – пространственно-временная производная поля;
- $\delta\phi$ – вариация поля при рассматриваемой симметрии;
- δx^μ – вариация координат.

3.4.3. Конкретные экономические законы сохранения

Симметрия	Сохраняемая величина	Условие
Временные сдвиги ($x^0 \rightarrow x^0 + \varepsilon$)	Стоимость (экономическая “энергия”)	$\partial \mathcal{L} / \partial \tau = 0$
Пространственные сдвиги ($x^i \rightarrow x^i + \varepsilon$)	Экономический “импульс” (товарный поток)	$\partial \mathcal{L} / \partial x^i = 0$
Калибровочная симметрия ($\phi \rightarrow \phi e^{i\varepsilon}$)	Экономический “заряд” (денежный агрегат)	Конформный лагранжиан
Масштабная симметрия ($x^\mu \rightarrow \lambda x^\mu$)	Дилатационный заряд	Конформный лагранжиан

Экономическое толкование.

Симметрия времени и сохранение стоимости. В условиях стационарной экономической среды (постоянные технологии и

институты) общая стоимость системы сохраняется – эквивалент первого начала термодинамики.

Симметрия пространства и сохранение товарного потока. В однородной экономике (одинаковые условия во всех регионах) товарные потоки консервативны – аналог закона сохранения импульса.

3.4.4. *Нарушение симметрии и функция неинвариантности*

В реальной анизотропной экономике ($\Phi \neq 0$) симметрии нарушаются. Законы сохранения нарушаются на величину:

$$\partial_{\mu} J^{\mu} = \int \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \Phi} \frac{\partial \Phi}{\partial x^{\mu}} d^n x = Q[\Phi] \quad (45)$$

Экономическое толкование. При наличии тарифов ($\Phi \neq 0$) стоимость не сохраняется при движении товара через границу. Товар, перемещаясь из зоны низких в зону высоких тарифов, “приобретает” стоимость без дополнительных трудовых затрат – информационное описание механизма международной торговли в условиях институциональной анизотропии ЭПВ.

3.5. Тензор институционального напряжения

3.5.1. *Аналогия с физическим тензором напряжений*

В механике сплошных сред тензор напряжений σ_{ij} описывает распределение механических сил внутри деформируемого тела. По аналогии, в экономическом пространстве существует тензор институционального напряжения, описывающий распределение деформирующих экономику сил.

3.5.2. *Определение тензора*

Определение 3.3 (Тензор институционального напряжения). Тензор институционального напряжения определяется через функцию неинвариантности $\Phi(x)$:

$$T_{\text{эк}}^{\mu\nu}(x) = \partial^{\mu} \Phi \partial^{\nu} \Phi - \frac{1}{2} g^{\mu\nu} (\partial_{\lambda} \Phi)(\partial^{\lambda} \Phi) - g^{\mu\nu} V(\Phi) \quad (46)$$

где:

- $T_{\text{ЭК}}^{\mu\nu}$ – (μ, ν) -компоненты тензора институционального напряжения;
- $\partial^\mu \Phi = g^{\mu\nu} \partial_\nu \Phi$ – контравариантный градиент функции неинвариантности;
- $g^{\mu\nu}$ – контравариантный метрический тензор ЭПВ;
- $V(\Phi)$ – потенциал институционального поля.

Экономическое толкование компонент тензора.

Компоненты $T_{\text{ЭК}}^{0i}$ ($i \neq 0$) – напряжения между временным и пространственными измерениями ЭПВ. Описывают временную анизотропию – различную скорость оборота капитала в разных секторах.

Компоненты $T_{\text{ЭК}}^{ij}$ ($i, j \neq 0$) – напряжения между различными пространственными измерениями ЭПВ. Например, $T_{\text{ЭК}}^{12}$ описывает напряжение между рыночными координатами x^1 (рынок труда) и x^2 (рынок капитала).

3.5.3. Классовое противоречие как тензорное напряжение

В марксовой теории классовое противоречие – это антагонизм между владельцами средств производства и продавцами рабочей силы. В СЭКТП:

$$K_{\text{бурж}} \gg K_{\text{пролет}} \quad (47)$$

где $K_{\text{бурж}}$ и $K_{\text{пролет}}$ – информационные потенциалы (капиталы) буржуазии и пролетариата соответственно.

Тензор $T_{\text{класс}}^{ij}$ характеризует “силы”, поддерживающие эту поляризацию:

$$T_{\text{класс}}^{ij} = (\partial^i K_{\text{бурж}})(\partial^j K_{\text{бурж}}) - (\partial^i K_{\text{бурж}})(\partial^j K_{\text{пролет}}) \quad (48)$$

Экономическое толкование. Градиент информационного потенциала капитала в пространстве ЭПВ создаёт “институциональное напряжение” – тенденцию к перераспределению информационного потенциала. Именно это напряжение является движущей силой классовой борьбы.

3.6. Уравнения инфляционной нестабильности

3.6.1. Физическая аналогия

В физике поле φ , подчиняющееся уравнению Клейна–Гордона: $(\square + m^2)\varphi = 0$, – описывает скалярное поле с массой m (пион, бозон Хиггса). При $m^2 > 0$ – устойчивые колебания; при $m^2 < 0$ – неустойчивость, спонтанное нарушение симметрии.

По аналогии, поле неинвариантности $\Phi(x)$ в ЭПВ описывает институциональные флуктуации – отклонения от равновесного состояния.

3.6.2. Волновое уравнение поля неинвариантности

Теорема 3.2 (Уравнение инфляционной нестабильности). В условиях нарушения симметрии ЭПВ поле неинвариантности $\Phi(x)$ удовлетворяет уравнению:

$$\square \Phi - \lambda^2 \Phi = \mathcal{J}_{\text{инст}}(x) \quad (49)$$

где:

- $\square = g^{\mu\nu} \nabla_\mu \nabla_\nu$ – ковариантный оператор Даламбера в метрике ЭПВ;
- λ – параметр инфляционной нестабильности: при $\lambda^2 > 0$ – устойчивый режим (инфляция демпфируется), при $\lambda^2 < 0$ – нарастающая нестабильность;
- $\mathcal{J}_{\text{инст}}(x)$ – плотность источников (институциональные деформации ЭПВ – тарифы, санкции, монетарная политика).

Вывод уравнения (49).

Запишем лагранжиан для поля Φ в ЭПВ:

$$\mathcal{L}_\Phi = \frac{1}{2} g^{\mu\nu} (\partial_\mu \Phi)(\partial_\nu \Phi) - \frac{\lambda^2}{2} \Phi^2 - \mathcal{J}_{\text{инст}} \Phi \quad (50)$$

Уравнение Эйлера–Лагранжа для поля Φ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}_\Phi}{\partial \Phi} - \partial_\mu \left(\frac{\partial \mathcal{L}_\Phi}{\partial (\partial_\mu \Phi)} \right) &= 0 \\ -\lambda^2 \Phi - \mathcal{J}_{\text{инст}} - \partial_\mu (g^{\mu\nu} \partial_\nu \Phi) &= 0 \\ \square \Phi - \lambda^2 \Phi &= \mathcal{J}_{\text{инст}} \end{aligned}$$

что и есть уравнение (49). ▫

3.6.3. Анализ решений

Свободные волны (при $J_{\text{инст}} = 0$):

$$\Phi(x) = \Phi_0 e^{ik_\mu x^\mu}, \quad k_\mu k^\mu = \lambda^2 \quad (51)$$

При $\lambda^2 > 0$: волновой вектор k^μ вещественен – устойчивые незатухающие колебания институционального поля – “деловые циклы”.

При $\lambda^2 < 0$ (запишем $\lambda^2 = -|\lambda|^2$): k^μ становится мнимым, и решение принимает экспоненциально нарастающий характер:

$$\Phi(x) \sim e^{|\lambda|\tau} \quad (52)$$

Экспоненциальный рост Φ означает нарастающую институциональную нестабильность – гиперинфляцию или иной нарастающий дисбаланс.

3.6.4. Кризисы как информационные бифуркации

Теорема 3.3 (Кризис как бифуркация). Экономический кризис наступает в момент $T_{\text{кр}}$, когда параметр нестабильности меняет знак: $\lambda^2(T_{\text{кр}}) = 0$.

При $\tau < T_{\text{кр}}$: $\lambda^2 > 0$ – система устойчива. При $\tau > T_{\text{кр}}$: $\lambda^2 < 0$ – система переходит в режим нарастающей нестабильности.

Экономическое толкование. Экономический кризис – это точка смены знака параметра инфляционной нестабильности – переход от устойчивого режима накопления системной информации к режиму её убывания. После кризиса система либо переходит на новый технологический уклад (что возвращает $\lambda^2 > 0$), либо продолжает деградировать.

Численный пример 3.3.

Рассмотрим модель экономического кризиса. Пусть $\lambda^2(\tau) = \lambda_0 - \alpha\tau$. Момент кризиса: $T_{\text{кр}} = \lambda_0/\alpha$. При $\lambda_0 = 5$, $\alpha = 0,1$: $T_{\text{кр}} = 50$ лет.

Решение до кризиса ($\tau < T_{\text{кр}}$):

$$\Phi(\tau) = \Phi_0 \cos(\sqrt{\lambda_0 - \alpha\tau} \cdot x + \varphi_0)$$

Непосредственно перед кризисом ($\tau \rightarrow T_{\text{кр}}$): колебания замедляются и удлиняются – известный феномен “критического замедления” накануне экономических кризисов.

4. ИНФОРМАЦИОННАЯ ГРАВИТАЦИЯ СТОИМОСТИ И УРАВНЕНИЯ ЭЙНШТЕЙНА ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ

4.1. Аналогия между гравитационным полем и стоимостным полем

Одним из наиболее глубоких результатов СЭКТП является установление формального изоморфизма между гравитационным полем в общей теории относительности (ОТО) и стоимостным полем в экономическом пространстве-времени. Этот изоморфизм – не метафора, а строгое математическое тождество, выводимое из единого УИВП.

В ОТО источником гравитационного поля является масса (точнее, тензор энергии-импульса). В СЭКТП источником стоимостного поля является плотность системной информации. Заменяя везде масса → системная информация, мы получаем из уравнений Эйнштейна полевые уравнения ЭПВ.

4.2. Уравнение типа Пуассона для стоимостного поля

По аналогии с гравитационной теорией, где массы создают гравитационное поле, описываемое уравнением Пуассона:

$$\Delta \Psi_{\text{Грав}} = 4\pi G \rho_{\text{масс}}$$

в ЭПВ плотность системной информации создаёт поле стоимости:

$$\Delta W(x) = \kappa_{\text{эк}} \rho(x) \quad (53)$$

где:

- Δ – оператор Лапласа в пространственных координатах ЭПВ;
- $W(x)$ – потенциал стоимостного поля в точке x ЭПВ;

- $\kappa_{\text{ЭК}}$ – информационная гравитационная постоянная (характеризует силу взаимодействия между информационными “массами”);

- $\rho(x) = dI(S)/dV$ – плотность системной информации в данной точке ЭПВ (dV – элемент объёма ЭПВ).

Вывод уравнения (53).

Рассмотрим лагранжиан стоимостного поля:

$$\mathcal{L}_W = \frac{1}{2\kappa_{\text{ЭК}}} (\nabla W)^2 - \rho W \quad (54)$$

Уравнение Эйлера–Лагранжа для поля W из (54):

$$\frac{\partial \mathcal{L}_W}{\partial W} - \partial_i \left(\frac{\partial \mathcal{L}_W}{\partial (\partial_i W)} \right) = 0 \Rightarrow -\rho - \frac{1}{\kappa_{\text{ЭК}}} \partial_i (\partial^i W) = 0 \Rightarrow \Delta W = \kappa_{\text{ЭК}} \rho$$

что и есть уравнение (53). ◻

Экономическое толкование.

Источником поля стоимости является плотность системной информации. Регионы с высокой плотностью информации – развитые промышленные и технологические центры (Бостонский коридор высоких технологий, Кремниевая долина, промышленный Рур) – создают вокруг себя “гравитационное поле стоимости”, притягивающее к себе капитальные и трудовые ресурсы.

Это – информационная формулировка *закона неравномерного развития капитализма*: концентрация системной информации (технологий, знаний, организационных решений) в определённых центрах порождает нарастающее неравенство регионов. Богатые информационно (технологически развитые) регионы становятся богаче, бедные – беднее. Уравнение (53) количественно описывает эту зависимость.

Численный пример 4.1.

Пусть экономический “объект” ($n = 3$ координаты) характеризуется сферически симметричной плотностью системной информации:

$$\rho(r) = \rho_0 e^{-r/r_0}$$

где $r = |x|$ – расстояние от центра, ρ_0 – центральная плотность, r_0 – радиус “информационного ядра”.

Уравнение (53) в сферических координатах:

$$\frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dW}{dr} \right) = \kappa_{\text{эк}} \rho_0 e^{-r/r_0}$$

Решение:

$$W(r) = -\frac{\kappa_{\text{эк}} \rho_0 r_0^2}{r} (r_0 + r_0 e^{-r/r_0} + r e^{-r/r_0}) + C$$

При $r \gg r_0$: $W(r) \approx -\kappa_{\text{эк}} \rho_0 r_0^3 / r$ – кулоновский (гравитационный) потенциал. Капитал притягивается к информационному центру по тому же закону, что планеты – к Солнцу.

При $\kappa_{\text{эк}} = 1$, $\rho_0 = 10$, $r_0 = 5$: $W(0) \approx -\kappa_{\text{эк}} \rho_0 r_0^2 / 1 = -250$ – глубина информационного гравитационного колодца в центре экономической агломерации.

4.3. Уравнения Эйнштейна для экономического пространства-времени

Теорема 4.1 (Полевые уравнения ЭПВ). Полевые уравнения экономического пространства-времени имеют вид:

$$G_{\mu\nu}(x) = \kappa_{\text{эк}} T_{\mu\nu}^{(\text{эк})}(x) \quad (55)$$

где:

- $G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R$ – тензор Эйнштейна экономического пространства-времени;
- $R_{\mu\nu}$ – тензор Риччи ЭПВ;
- $R = g^{\mu\nu} R_{\mu\nu}$ – скалярная кривизна ЭПВ;

- $\kappa_{\text{ЭК}}$ – информационная гравитационная постоянная;

- $T_{\mu\nu}^{(\text{ЭК})}(x)$ – тензор энергии-импульса системной информации.

Вывод уравнений (55).

Функционал мировой экономики:

$$\mathcal{S}_{\text{мир}} = \int d^{n+1}x \sqrt{|g|} \left[\frac{1}{\kappa_{\text{ЭК}}} R + \mathcal{L}_{\text{ЭК}} \right] \quad (56)$$

где $g = \det(g_{\mu\nu})$, R – скалярная кривизна.

Варьируем по метрическому тензору $g^{\mu\nu}$:

$$\frac{\delta \mathcal{S}_{\text{мир}}}{\delta g^{\mu\nu}} = 0$$

Первое слагаемое даёт тензор Эйнштейна:

$$\frac{\delta}{\delta g^{\mu\nu}} (\sqrt{|g|} R) = \sqrt{|g|} \left(R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R \right) = \sqrt{|g|} G_{\mu\nu} \quad (57)$$

Второе слагаемое даёт тензор энергии-импульса:

$$T_{\mu\nu}^{(\text{ЭК})} = - \frac{2}{\sqrt{|g|}} \frac{\delta (\sqrt{|g|} \mathcal{L}_{\text{ЭК}})}{\delta g^{\mu\nu}} \quad (58)$$

Из условия экстремума (56):

$$G_{\mu\nu} = \kappa_{\text{ЭК}} T_{\mu\nu}^{(\text{ЭК})}$$

что и есть уравнение (55). ▫

Экономическое толкование уравнений Эйнштейна для ЭПВ.

Это – глубочайшее обобщение в рамках СЭКТП. Уравнения (55) говорят о том, что концентрация системной информации (тензор $T_{\mu\nu}^{(\text{ЭК})}$) *искривляет* экономическое пространство-время (тензор $G_{\mu\nu}$). Это искривление, в свою очередь, определяет геодезические – реальные траектории движения товарных и капитальных потоков.

Практический смысл. Мощные экономические агломерации (Нью-Йорк, Лондон, Шанхай, Токио) с высокой

концентрацией системной информации создают вокруг себя “информационную гравитацию”, искривляющую ЭПВ и притягивающую к себе ресурсы. Периферийные экономики подчиняются этой гравитации.

В терминах VI технологического уклада – технологические гиганты (GAFAM, крупнейшие китайские техкомпании), концентрирующие наибольшую системную информацию (данные, алгоритмы, патенты), создают исключительно глубокий информационный гравитационный колодец, притягивающий к себе высококвалифицированные кадры, инвестиции и стартапы со всего мира.

Численный пример 4.2.

Рассмотрим плоское ЭПВ ($R_{\mu\nu} = 0$, $G_{\mu\nu} = 0$) с малым возмущением $h_{\mu\nu}$: $g_{\mu\nu} = \eta_{\mu\nu} + h_{\mu\nu}$.

В линеаризованном приближении:

$$\square \bar{h}_{\mu\nu} = -2\kappa_{\text{ЭК}} T_{\mu\nu}^{(\text{ЭК})} \quad (59)$$

где $\bar{h}_{\mu\nu} = h_{\mu\nu} - \frac{1}{2}\eta_{\mu\nu}h$ – след-обращённая метрика, $h = \eta^{\mu\nu}h_{\mu\nu}$.

Решение – волны метрики ЭПВ – “гравитационные волны” стоимостного поля:

$$\bar{h}_{\mu\nu}(x) = -2\kappa_{\text{ЭК}} \int \frac{T_{\mu\nu}^{(\text{ЭК})}(x')}{|x - x'|} d^3x' \quad (60)$$

Эта формула – точный экономический аналог решения Лиенара–Вихерта для электромагнитного поля. Волны метрики ЭПВ – это реальные явления: деловые циклы, “заражение” одних национальных экономик кризисами других, мировые финансовые цунами.

4.4. Квантовая экономика: волновая функция и уравнение Шрёдингера

4.4.1. Обоснование квантового подхода

Квантовые эффекты в экономике – не метафора, а строгое следствие применения аппарата УИВП к экономическим системам. Их природа – дискретность экономических событий (сделок, инвестиционных решений), принципиальная неустранимость неопределённости рыночных ожиданий.

Ключевые аналогии:

- *Квант действия в физике $\hbar \leftrightarrow$ Минимальный экономический квант $\hbar_{\text{эк}}$* (наименьшая неделимая экономическая транзакция).

- *Принцип неопределённости Гейзенберга \leftrightarrow Невозможность одновременно точно знать “цену” и “скорость изменения цены” актива.*

- *Суперпозиция квантовых состояний \leftrightarrow “Рыночные ожидания”*: экономический агент одновременно рассматривает множество возможных сценариев, пока не принято конкретное решение.

4.4.2. Экономическая волновая функция

Определение 4.1 (Экономическая волновая функция).

Экономическая волновая функция $\Psi_{\text{эк}}(x, \tau)$ есть комплекснозначное поле, амплитуда квадрата которого даёт плотность вероятности нахождения экономической системы в состоянии x :

$$\rho_{\text{вер}}(x, \tau) = |\Psi_{\text{эк}}(x, \tau)|^2 \quad (61)$$

Теорема 4.2 (Экономическое уравнение Шрёдингера).

Экономическая волновая функция удовлетворяет уравнению:

$$i \hbar_{\text{эк}} \frac{\partial \Psi_{\text{эк}}}{\partial \tau} = \hat{H}_{\text{эк}} \Psi_{\text{эк}} \quad (62)$$

где:

- i – мнимая единица;

- $\hbar_{\text{ЭК}}$ – экономическая квантовая постоянная (характеризует минимальный квант экономического действия – минимальную неустранимую “зернистость” экономических решений);

- $\hat{H}_{\text{ЭК}}$ – оператор экономического гамильтониана.

4.4.3. Оператор экономического гамильтониана

$$\hat{H}_{\text{ЭК}} = -\frac{\hbar_{\text{ЭК}}^2}{2m_{\text{ЭК}}} \Delta + V(x) + \Phi(x) \quad (63)$$

Определение всех членов в (63):

- $-\frac{\hbar_{\text{ЭК}}^2}{2m_{\text{ЭК}}} \Delta$ – квантовая кинетическая энергия в ЭПВ (аналог $\hat{p}^2/2m$ в квантовой механике);

- $m_{\text{ЭК}}$ – информационная “масса” экономического агента (инерционность его решений – чем крупнее агент, тем медленнее он адаптируется);

- Δ – оператор Лапласа в ЭПВ;

- $V(x)$ – потенциал стоимости (технологические ограничения);

- $\Phi(x)$ – потенциал институциональных барьеров.

Вывод уравнения (62).

Применим УИВП к информационному функционалу с комплексной волновой функцией:

$$\begin{aligned} & \mathcal{S}_{\text{ЭК}} \\ & = \int dt d^n x \left[i\hbar_{\text{ЭК}} \Psi_{\text{ЭК}}^* \partial_t \Psi_{\text{ЭК}} - \frac{\hbar_{\text{ЭК}}^2}{2m_{\text{ЭК}}} (\nabla \Psi_{\text{ЭК}}^*) (\nabla \Psi_{\text{ЭК}}) \right. \\ & \quad \left. - (V + \Phi) |\Psi_{\text{ЭК}}|^2 \right] \quad (64) \end{aligned}$$

Вариация по $\Psi_{\text{ЭК}}^*$:

$$i\hbar_{\text{ЭК}} \partial_t \Psi_{\text{ЭК}} + \frac{\hbar_{\text{ЭК}}^2}{2m_{\text{ЭК}}} \Delta \Psi_{\text{ЭК}} - (V + \Phi) \Psi_{\text{ЭК}} = 0$$

что непосредственно даёт уравнение (62) с гамильтонианом (63). ◻

Экономическое толкование.

Уравнение (62) описывает эволюцию распределения вероятностей экономических состояний. Экономическая система не движется по одной жёсткой траектории (детерминизм классической экономики), а “расплывается” по всему доступному фазовому пространству с определёнными вероятностями. Параметр $\hbar_{\text{эк}}$ определяет степень этого квантового “расплывания”.

Численный пример 4.3.

Рассмотрим квантовую модель рынка. Пусть агент имеет “информационную массу” $m_{\text{эк}} = 1$ и находится в потенциале гармонического осциллятора: $V(x) = \frac{1}{2}m_{\text{эк}}\omega^2x^2$.

Уровни энергии (стационарные состояния):

$$E_n = \hbar_{\text{эк}} \omega \left(n + \frac{1}{2} \right), \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (65)$$

При $\hbar_{\text{эк}} = 0,1$ (в условных единицах), $\omega = 1$:

- Наименьший уровень (нулевые колебания):
 $E_0 = 0,1 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,05$ – минимальная неустранимая нестабильность рынка (“рыночный шум”);
- $E_1 = 0,15$, $E_2 = 0,25$ – дискретные уровни рыночной активности (соответствуют различным режимам торговли).

Это – строгое математическое обоснование наблюдаемого факта: реальные рынки никогда не достигают идеального равновесия (нулевой уровень $E_0 > 0$ существует всегда) и переходят между дискретными режимами активности.

4.5. Информационная природа VI технологического уклада в свете уравнений ЭПВ

Применим полученные результаты – уравнения Эйнштейна для ЭПВ и квантовое уравнение Шрёдингера – к анализу VI технологического уклада.

4.5.1. Уравнение Эйнштейна для смены укладов

Переход от V к VI укладу описывается как изменение метрического тензора ЭПВ:

$$g_{\mu\nu}^{(V)}(x) \rightarrow g_{\mu\nu}^{(VI)}(x) \quad (66)$$

Это изменение происходит в момент $\tau = T^*$ и описывается уравнением:

$$G_{\mu\nu}[g^{(VI)}] - G_{\mu\nu}[g^{(V)}] = \kappa_{\text{эк}} \Delta T_{\mu\nu}^{(\text{эк})} \quad (67)$$

где $\Delta T_{\mu\nu}^{(\text{эк})}$ – прирост тензора энергии-импульса системной информации при смене уклада.

Экономическое толкование. Формула (67) говорит: смена технологического уклада есть изменение кривизны ЭПВ, вызванное скачкообразным приростом системной информации. Новый уклад – это новая геометрия экономического пространства: иные расстояния между рынками (новые транзакционные издержки), иные геодезические (иные оптимальные торговые маршруты).

4.5.2. Квантование VI технологического уклада

Состояния VI технологического уклада описываются квантовыми числами:

$$|\Psi_{VI}\rangle = \sum_{n=0}^{\infty} c_n |n\rangle \quad (68)$$

где $|n\rangle$ – n -й уровень технологического развития, c_n – амплитуды вероятностей нахождения экономики на данном уровне.

Среднее значение технологического уровня:

$$\langle \phi_{ИИ} \rangle = \langle \Psi_{VI} | \hat{\phi}_{ИИ} | \Psi_{VI} \rangle = \sum_n |c_n|^2 \phi_n \quad (69)$$

где ϕ_n – собственное значение оператора уровня ИИ-технологии в n -м состоянии.

Экономическое толкование. Формула (69) означает: реально наблюдаемый уровень развития ИИ-технологий в

экономике – это квантово-механическое среднее, взвешенное по вероятностям нахождения экономики в различных технологических состояниях. Разные страны и регионы находятся в суперпозиции различных состояний VI уклада, а их реальный технологический уровень – это математическое ожидание по этому распределению.

Численный пример 4.4.

Пусть национальная экономика в VI укладе описывается двух-уровневой системой: $|\Psi\rangle = c_1|1\rangle + c_5|5\rangle$, $|c_1|^2 = 0,7$, $|c_5|^2 = 0,3$, $\phi_1 = 20$ (низкий уровень внедрения ИИ), $\phi_5 = 80$ (высокий уровень).

Средний уровень:

$$\langle \phi_{ИИ} \rangle = 0,7 \times 20 + 0,3 \times 80 = 14 + 24 = 38$$

Это – средний по экономике уровень проникновения ИИ: 38 условных единиц. Дисперсия: $\sigma^2 = 0,7(20 - 38)^2 + 0,3(80 - 38)^2 = 0,7 \times 324 + 0,3 \times 1764 = 226,8 + 529,2 = 756$, $\sigma \approx 27,5$ – значительная неопределённость, отражающая неоднородность внедрения ИИ в разных секторах одной экономики.

ЧАСТЬ II
VI ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД В СВЕТЕ УИВП И
СЭКТП: КОЛЛЕКТИВНАЯ МОНОГРАФИЯ
(Луценко Е. В., Орешкин М. В. и др., 2025)

ВВЕДЕНИЕ

Методологический разрыв между теорией технологических укладов и современным математическим аппаратом

Концепция технологических укладов, сформулированная в трудах Н. Д. Кондратьева, Й. Шумпетера, С. Глазьева и развитая впоследствии многочисленными исследователями, занимает особое место в теоретической экономике и социальной философии. Шесть технологических укладов, сменявших друг друга начиная с конца XVIII века, образуют ритмическую структуру исторической динамики цивилизации. Шестой технологический уклад (VI ТУ или 6-й ТУ), разворачивающийся на наших глазах в первой половине XXI века, характеризуется беспрецедентной конвергенцией технологий – нано-, био-, информационных и когнитивных, – которые в своей совокупности образуют принципиально новую технологическую матрицу производства и общественной жизни.

Вместе с тем теория технологических укладов в своём нынешнем состоянии излагается преимущественно в описательно-аналитическом ключе. Математический аппарат, которым пользуются исследователи, ограничивается корреляционным анализом, регрессионными моделями и экстраполяцией трендов. Между тем глубинный механизм технологических революций – периодической смены устойчивых парадигм производства – остаётся за пределами строгого математического описания. Традиционные методы

прогнозирования, основанные исключительно на ретроспективных данных, принципиально неспособны предсказывать абсолютно новое: революционные изменения именно потому и являются революционными, что выходят за рамки ранее действовавших закономерностей.

Этот методологический разрыв – между глубиной содержательной теории технологических укладов и уровнем её математической формализации – является центральной научной проблемой, которую призвана преодолеть настоящая монография.

Универсальный информационный вариационный принцип как метатеоретическое основание

В ряде работ профессора Е. В. Луценко разработан Универсальный информационный вариационный принцип (УИВП) – метатеоретическое основание науки, согласно которому реальная траектория развития любой системы – физической, химической, биологической, социально-экономической или когнитивной – соответствует экстремуму интегрального функционала системной информации. УИВП позволил строго вывести из единого принципа уравнения классической механики, закон всемирного тяготения, уравнения квантовой механики, законы биологического отбора и технологического прогресса. На основе УИВП построена Системно-экономическая квантовая теория поля (СЭКТП), рассматривающая глобальную экономику как анизотропное экономическое пространство-время (ЭПВ).

Цель, задачи и структура монографии

Цель монографии – продемонстрировать, что все существенные аспекты VI технологического уклада, рассматриваемые в коллективной монографии под редакцией проф. М. В. Орешкина «Вопросы VI технологического уклада: инновации» (Луганск, 2025), допускают строгую математическую интерпретацию в рамках УИВП и СЭКТП. Монография

сохраняет структуру исходного коллективного труда: от разделов до мельчайших подразделов, – дополняя каждую тематическую область информационно-вариационным анализом с полным выводом математических выражений, определением всех переменных, экономическим толкованием формул и численными примерами расчётов.

РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МЕТОДОЛОГИИ

Глава 1. ЗАКРЫВАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК НЕОТЪЕМЛЕМЫЙ АТТРИБУТ ШЕСТОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА

1.1. Постановка проблемы и понятие закрывающей технологии

Согласно А. Тоффлеру, в настоящее время имеет место третья волна развития человечества, которая хронологически полностью соответствует шестому технологическому укладу. Все направления технологического развития человечества за последние 140 лет – это постепенное совершенствование технологий как процесс, ведущий к появлению закрывающих технологий. Особо актуализировался данный аспект технологического и промышленного развития в период шестого технологического уклада.

Определение 8. *Закрывающей технологией* называется такая технология, параметры которой являются предельными для данной области применения и практически не допускают дальнейшего улучшения конкурирующими средствами. Иными словами, закрывающая технология – это итог развития каждой отрасли науки и техники. Дальнейшее развитие мира возможно только в том случае, если бизнес начнёт производство «неломашей лампы накаливания» – изделия с таким качеством, что его замена конкурентами становится экономически невозможной.

Почему это требует УИВП, а не традиционных экономических моделей. Традиционная микроэкономика описывает конкуренцию через кривые спроса и предложения, не имея инструмента для анализа *необратимых* технологических

переходов. Закрывающая технология по природе своей нелинейна: она не просто снижает издержки, но *уничтожает нишу* всех конкурентов. Именно это делает её принципиально отличной от «лучшей технологии» в рамках неоклассических моделей.

УИВП даёт строгий критерий: закрывающая технология достигнута тогда и только тогда, когда технологическое поле Φ попадает в *глобальный* минимум потенциала $V(\Phi)$, а не в локальный. Локальный минимум – это «хорошая технология», которая ещё может быть вытеснена. Глобальный минимум – это закрывающая технология, вытеснение которой требует преодоления потенциального барьера ΔV , пропорционального суммарным инвестициям всех конкурентов в мире. Пока ни один конкурент не способен аккумулировать инвестиции, превышающие ΔV , закрывающая технология остаётся непобедимой.

Формальная связь с принципом наименьшего действия.

Система (перечень конкурирующих технологий) эволюционирует по траектории, минимизирующей функционал действия $\mathcal{S}[\Phi]$. Из всех возможных траекторий реализуется та, которая быстрее всего снижает системное количество информации, расходуемой впустую (диссипация). Закрывающая технология – предел этого процесса: состояние нулевой диссипации $I_{\text{дис}} \rightarrow 0$.

Определение 9 (УИВП). *Закрывающая технология* в терминах УИВП – это устойчивое состояние Φ_0 технологического поля (15), соответствующее глобальному минимуму потенциала $V(\Phi)$. В этом состоянии дальнейшая вариация $\delta\Phi$ не снижает потенциал: $\delta^2 V(\Phi_0) > 0$.

Содержательное обоснование УИВП-определения через три принципиальных вопроса.

Вопрос 1: почему именно глобальный минимум, а не локальный? Обычная «лучшая технология» занимает *локальный*

минимум потенциала: она лучше ближайших альтернатив, но существуют принципиально иные конфигурации с более низким потенциалом. Переход к ним требует преодоления барьера. Закрывающая технология занимает *глобальный* минимум: ниже неё нет никакого другого состояния. Это принципиальное различие: локальный оптимум конкурентоспособен временно, глобальный – в рамках всего данного технологического уклада.

Вопрос 2: что означает $\delta^2 V(\Phi_0) > 0$ на практике? Любое малое отклонение от закрывающей технологии – в любую сторону – *ухудшает* характеристики. Отклонение в сторону дешевизны снижает надёжность; отклонение в сторону сложности повышает стоимость без прироста функциональности. Закрывающая технология находится в точке оптимального баланса всех параметров.

Вопрос 3: почему блокирование закрывающих технологий описывается через потенциальный барьер? В квантовой механике «туннелирование» сквозь барьер происходит с вероятностью $T \sim e^{-2a\sqrt{2m\Delta V}/\hbar}$. В экономическом ЭПВ «туннелирование» – выход закрывающей технологии на рынок вопреки патентным и монопольным барьерам. При $\Delta V_{\text{пат}} \gg \hbar_{\text{эк}}$ вероятность туннелирования экспоненциально мала: закрывающая технология оказывается в «информационном могильнике».

1.2. Информационно-вариационная природа закрывающих технологий

Закрывающие технологии представляют собой особый класс аттракторов в пространстве технологических решений. С точки зрения УИВП их появление – это информационный фазовый переход: система переходит из метастабильного состояния (совершенствуемая технология) в абсолютно стабильное (закрывающая технология).

Введём потенциал технологического поля для закрывающей технологии:

$$V_{\text{зак}}(\Phi) = -\frac{\mu_{\text{зак}}^2}{2}\Phi^2 + \frac{\lambda_{\text{зак}}}{4}\Phi^4 - J\Phi \quad (70)$$

где J – внешнее «информационное поле» (рыночный спрос, государственная поддержка). Член $-J\Phi$ наклоняет потенциал в сторону одного из минимумов, обеспечивая однозначный выбор доминирующей закрывающей технологии.

Уравнение для закрывающей технологии. Из (10) и (31):

$$\square\Phi - \mu_{\text{зак}}^2\Phi + \lambda_{\text{зак}}\Phi^3 = J \quad (71)$$

Экономическое толкование (32). Левая часть – внутренняя динамика технологического потенциала: инерция ($\square\Phi$), склонность к смене парадигмы ($-\mu_{\text{зак}}^2\Phi$) и стабилизация нового состояния ($\lambda_{\text{зак}}\Phi^3$). Правая часть J – внешнее управляющее воздействие: рыночный спрос, государственные инвестиции, военный заказ.

1.3. Перечень закрывающих технологий VI ТУ и их информационный потенциал

Ниже приводится перечень ключевых закрывающих технологий VI ТУ с их информационно-вариационной характеристикой.

1.3.1. Сверхнадёжные подшипники качения.

Абсолютно все подшипники, которые производятся промышленностью сегодня, являются подшипниками скольжения – в них присутствует трение, ограничивающее срок службы от 1 до 25 лет. Подшипник качения принципиально устраняет скольжение как таковое, обеспечивая срок службы 50–100 лет.

Информационный потенциал. Замена скольжения качением – это структурный переход в фазовом пространстве технологии с $\Phi_{\text{ст}} \rightarrow \Phi_{\text{зак}}$. Прирост системной информации при переходе:

$$\begin{aligned} \Delta I_{\text{подш}} &= I(\Phi_{\text{зак}}) - I(\Phi_{\text{ст}}) \\ &= H_{\text{зак}} \log_2 N_{\text{зак}} - H_{\text{ст}} \log_2 N_{\text{ст}} \end{aligned} \quad (72)$$

Экономические параметры: объём инвестиций – 36 млн долл.; EBITDA – 20 млн долл./год; срок окупаемости – 30 месяцев; IRR – 60%.

1.3.2. Диоксид циркония стабилизированного иттрием (ЧСЦ).

Диоксид циркония ZrO_2 , стабилизированный иттрием Y_2O_3 , – материал, занимающий третье место по твёрдости после графена и карбида кремния. Производится с практически атомарной точностью. Это – закрывающая технология в области конструкционных материалов: её применение устраняет большинство износных отказов и делает технически нецелесообразным дальнейшее совершенствование альтернатив.

Физическое обоснование в рамках УИВП. Атомарная точность производства означает минимизацию диссипативных информационных потерь $I_{\text{дис}} \rightarrow 0$ в лагранжиане материала:

$$\mathcal{L}_{\text{мат}} = \frac{1}{2} (\nabla I_{\text{мат}})^2 - \frac{m_{\text{мат}}^2}{2} I_{\text{мат}}^2 + J_{\text{мат}} I_{\text{мат}} - I_{\text{дис}} \quad (73)$$

При $I_{\text{дис}} = 0$ система (34) достигает предельно высокого состояния – закрывающего состояния материала.

Экономические параметры: объём инвестиций – 360 млн долл.; EBITDA – 120 млн долл./год; IRR – 30%.

1.3.3. Подземные магистрали Hyperloop.

Hyperloop – технология транспортировки пассажиров и грузов в вакуумном тоннеле со скоростью до 1200 км/ч на магнитной левитации. Является закрывающей технологией в области наземных перевозок: при правильной реализации она устраняет экономическую нишу всех альтернативных видов транспорта на дистанциях 500–3000 км.

Описание технологии. Подземный поезд движется в специальном тоннеле: воздух впереди откачивается (создаётся

квасивакуум), а позади создаётся высокое давление. Это обеспечивает движение с расходом энергии на 100 км меньшим, чем у любого существующего вида транспорта. Оптимальный путь реализации: прокладка только под землёй (для безопасности и создания вакуума), движение исключительно на магнитной левитации. Ключевые сопутствующие технологии: электроимпульсный проходческий щит (СССР, 1979: 4 м/мин в любом грунте), сверхпроводимость при комнатной температуре, прозрачный металл.

Информационно-вариационное описание. Транспортная геодезическая в ЭПВ:

$$\frac{d^2 x^\mu}{d\tau^2} + \Gamma_{\alpha\beta}^\mu \frac{dx^\alpha}{d\tau} \frac{dx^\beta}{d\tau} = - \frac{\partial V_{\text{барьер}}}{\partial x^\mu} \quad (74)$$

При $V_{\text{барьер}} = 0$ (нет трения, нет воздуха) траектория (35) становится геодезической ЭПВ – кратчайшим путём в смысле максимизации системной информации. Это – физический принцип Hyperloop.

1.3.4. Нано-базальт для массового потребления.

Непрерывная базальтовая нано-нить по свойствам близка к карбоновому волокну, но в массовом производстве на порядок дешевле. Материал позволяет заменить практически все виды пластиков и пластмасс. Это закрывающая технология в области конструкционных материалов широкого потребления.

Информационная характеристика. Производство нанонити – переход от макроструктуры к наноструктуре, то есть переход к уровню $H_{\text{нано}} > H_{\text{макро}}$ при сохранении N . По формуле (3): $\Delta I = (H_{\text{нано}} - H_{\text{макро}}) \log_2 N > 0$.

1.3.5. Логистика доставки продуктов без ухудшения качества.

Технология сверхдлительного хранения скоропортящихся продуктов при 0 °С без замораживания (до 3 месяцев). Основа –

принципиально новые контейнеры-холодильники. Технология позволяет создавать эксклюзивные end-to-end холдинги.

1.3.6. Протиевая (лёгкая) вода, очищенная серебром.

Объединение технологий приготовления протиевой воды (удаление дейтерия) с очисткой серебряным сорбентом. Полученная вода дезактивирует 700 видов бактерий и делает ненужными до 90% существующих лекарственных препаратов.

1.3.7. Системы управления воздушным движением для БПЛА.

Объединение технологий спутниковой навигации, пассивной радиолокации, звуковой и инфракрасной локации позволяет создать полностью автоматизированные системы ОВД для БПЛА, управляющие десятками тысяч аппаратов одновременно без участия человека.

1.3.8. Матричные кристаллы для микросхем.

Производство монокристаллического кремния с вложенными матрицами вычислительных элементов и элементов памяти. Матричные кристаллы оптимизируют энергопотребление и вычислительную мощность микросхем до физического предела.

1.3.9. Индустриальная и компактная альтернативная энергетика.

Технологии ИАЭ позволяют строить экологически чистые электростанции с нулевым ОРЕХ и САРЕХ дешевле, чем любой существующий тип электростанций. Возврат инвестиций – 2 года; расчётный срок службы – 100 лет. Технологии КАЭ – мини-агрегаты (размером с компьютер) мощностью 10–5000 л.с. со сроком службы 100 лет.

1.3.10. МКГС – металлокарбоновые гетероструктуры.

Производство МКГС позволяет улучшить характеристики электронных компонентов по трём координатам (мощность, тактовая частота, плотность записи) в 100–1000 раз. Некремниевая электроника на основе МКГС – новая эра развития электронной промышленности.

Единая информационно-вариационная интерпретация перечня закрывающих технологий. Приведённые закрывающие технологии образуют не случайный список, а *единую информационную структуру* в пространстве технологического поля Φ . Каждая из них характеризуется тремя УИВП-параметрами: (1) глубиной минимума потенциала $\Delta V_i = V(\Phi_{\text{текущ}}) - V(\Phi_{\text{зак},i})$ – чем глубже минимум, тем сложнее вытеснить технологию; (2) шириной потенциальной ямы, характеризующей устойчивость к стандартизационным, патентным и регуляторным возмущениям; (3) силой «источника» J (рыночный спрос, государственная поддержка), определяющего скорость перехода к данному минимуму.

Подшипники качения и ЧСЦ имеют глубокий и сравнительно узкий минимум (высокая отраслевая специфичность). Нано-базальт обладает широкой ямой (массовое применение), но более мелким минимумом. МКГС и матричные кристаллы – новая «вакуумная структура» электронной промышленности: они переводят всю отрасль в принципиально иное информационное состояние, при котором кремниевая база становится аналогом вакуума предыдущего технологического уклада.

Вывод. Перечень закрывающих технологий VI ТУ охватывает весь спектр информационных состояний поля – от материалов с высокой локальной устойчивостью до транспортных и энергетических систем с высокой глобальной устойчивостью. Именно в их совокупности формируется новая «вакуумная структура» ЭПВ – устойчивое состояние цивилизации VI ТУ, аналогичное вакуумному состоянию поля в физике частиц.

1.4. Общая информационно-вариационная модель закрывающих технологий

Теорема 4 (об информационном потенциале закрывающих технологий). Каждая закрывающая технология соответствует глобальному минимуму потенциала $V(\Phi)$ в пространстве технологических конфигураций ЭПВ. Условие закрывающего состояния:

$$\frac{\partial V}{\partial \Phi} \Big|_{\Phi=\Phi_{\text{зак}}} = 0, \quad \frac{\partial^2 V}{\partial \Phi^2} \Big|_{\Phi=\Phi_{\text{зак}}} > 0 \quad (75)$$

Следствие. Инвестиции в переход к закрывающей технологии могут быть оценены через высоту потенциального барьера:

$$I_{\text{инв}} \geq \Delta V = V(\Phi_{\text{текущ}}) - V(\Phi_{\text{зак}}) \quad (76)$$

Блокирование закрывающих технологий. В условиях рыночной экономики закрывающие технологии блокируются патентными механизмами и защитой интеллектуальной собственности. Формально это означает искусственное повышение потенциального барьера $\Delta V_{\text{пат}} \gg \Delta V_0$ (без ограничений), так что вероятность квантового туннелирования:

$$T_{\text{пат}} \approx e^{-2a\sqrt{2m_T\Delta V_{\text{пат}}}/\hbar_{\text{эк}}} \rightarrow 0 \quad (77)$$

С точки зрения УИВП разрушение СССР может рассматриваться как захоронение смертельно опасных для существующей промышленности закрывающих технологий в едином «информационном могильнике» – обнуление их информационного потенциала $\Phi_{\text{зак}} \rightarrow 0$.

Глава 2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕИЗВЕСТНОГО И НЕВОЗМОЖНОГО В РАМКАХ ГОСПОДСТВУЮЩЕЙ ПАРАДИГМЫ НЕ ТОЛЬКО НА ОСНОВЕ ПРОШЛОГО, НО С УЧЁТОМ БУДУЩЕГО

2.1. Введение: постановка проблемы

Все системы развиваются путём периодического чередования периодов количественных, эволюционных изменений и качественных, революционных трансформаций. В периоды эволюционных изменений закономерности развития системы изменяются, но не принципиально – такие периоды называются периодами эргодичности. В периоды революционных изменений ранее действовавшие закономерности претерпевают радикальные изменения и формируются новые – такие периоды называются точками бифуркации.

Разработка методологических подходов к прогнозированию времени качественных трансформаций, то есть революций в технологиях, производственных и экономических отношениях и в господствующей идеологии социума, становится особенно актуальной в условиях ускорения темпов научно-технологического прогресса и перехода от монополярного к многополярному мироустройству.

Почему бифуркация – это именно информационный феномен. В традиционных моделях динамических систем бифуркация описывается как потеря устойчивости решения при изменении параметра управления. Это – математически корректное, но семантически бедное описание: оно отвечает на вопрос «как», но не «почему».

УИВП отвечает на вопрос «почему»: бифуркация происходит тогда, когда *функционал системной информации* $S[\Phi]$ перестаёт иметь единственный экстремум. Физически это

означает, что две или более траектории развития системы становятся одинаково «выгодными» с информационной точки зрения. Система «не знает», в каком направлении двигаться. В этот момент сколь угодно малое внешнее воздействие – историческая случайность, личность лидера, технологическое открытие – определяет, какой из минимумов потенциала будет выбран.

Математически это соответствует вырождению гессиана функционала:

$$\det\left(\frac{\partial^2 \mathcal{S}}{\partial \Phi_i \partial \Phi_j}\right) = 0 \quad - \text{условие бифуркации в УИВП.}$$

Это – строгий математический критерий, отсутствующий во всех перечисленных выше традиционных методах прогнозирования. Именно наличие такого критерия делает УИВП *качественно превосходящим* традиционные методы в задаче прогнозирования революций.

2.2. Традиционные методы и их ограничения

Традиционные методы прогнозирования революций: системный анализ, исторический анализ, сценарное моделирование, теория сложных систем. Ключевое ограничение: все они основаны на анализе прошлого. Прогнозы, опирающиеся на ранее выявленные закономерности, предполагают их сохранение в будущем. Эта гипотеза не подтверждается жизнью: революции формируют принципиально новые закономерности, не вытекающие из теорий, основанных на прошлом.

Информационный смысл ограничений традиционных методов. Все традиционные методы прогнозирования работают в режиме *экстраполяции*: они отображают прошлое в будущее через ту или иную математическую функцию. В терминах УИВП это означает, что они предполагают *сохранение структуры потенциала* $V(\Phi)$ – то есть фиксированное число минимумов и их взаимное расположение.

Революция – это *изменение самой структуры потенциала*: старые минимумы исчезают, возникают новые. В этот момент любой метод, основанный на прошлой структуре, неизбежно даёт неверный прогноз – не из-за вычислительных ошибок, а по принципиальным причинам. Это – не недостаток конкретного метода, а имманентное ограничение экстраполяционного подхода как такового.

УИВП преодолевает это ограничение, поскольку работает не с конкретными значениями переменных, а с *топологическими свойствами функционала*: устойчивость, вырождение, количество минимумов, существование седловых точек. Эти свойства можно обнаружить до того, как революция произошла.

Проблема гипостазирования. Основная ошибка – неоправданное придание онтологического статуса субъективной модели реальности (Луценко, 2015). Учёные начинают считать невозможным то, существование чего невозможно с точки зрения их господствующих теорий. Классический пример – заявления Французской академии наук о невозможности метеоритов и летательных аппаратов тяжелее воздуха.

2.3. Принцип наблюдаемости и концепция прогнозирования

Принцип наблюдаемости (Луценко). Реально существует только то, существование чего подтверждается двумя или более независимыми методами. Следствие для прогнозирования: точки бифуркации обнаруживаются как моменты расхождения прогнозов фундаментального и технического анализа.

Концепция: 1. Для достоверного прогноза революций недостаточно опираться на существующие теории – необходимо учитывать появление абсолютно нового. 2. Не требуется знать, *что* именно появится – достаточно знать, *когда*. 3. Используются как минимум два независимых метода прогнозирования. 4. Момент их расхождения – точка бифуркации (технологической революции).

2.4. Информационно-вариационная интерпретация прогнозирования

Теорема 5 (критерий бифуркации в УИВП). Момент технологической революции t^* определяется условием вырождения гессиана функционала системной информации:

$$\det \left[\frac{\delta^2 S}{\delta \Phi(x) \delta \Phi(y)} \Big|_{t=t^*} \right] = 0 \quad (78)$$

Физический смысл (39). Гессиан функционала – это матрица вторых функциональных производных, описывающая устойчивость текущего состояния. При его вырождении текущая траектория системы становится неустойчивой – любое малейшее отклонение (изобретение, открытие) переводит систему в качественно новое состояние.

2.5. Метод прогнозирования

Предлагаемый метод основан на следующем алгоритме:

Задача-1.

Обоснование требований: метод должен обеспечивать прогнозирование в неэргодических режимах (при наличии структурных разрывов).

Задача-2.

Обзор традиционных методов показывает: ни один из них не соответствует требованиям для революционных периодов.

Задача-3.

Выбор метода: необходима разработка нового метода на основе УИВП.

Задача-4. Идея решения.

Любые прогнозы основаны на моделях, базирующихся на прошлом. Если модели реальности ошибочно принимаются за саму реальность (гипостазирование), это приводит к системным ошибкам прогнозирования.

Задача-5. Концепция.

Совместное использование фундаментального анализа (теоретические модели) и технического анализа (тренды)

позволяет обнаруживать моменты расхождения – точки бифуркации – без необходимости знать содержание будущей революции.

Задача-6. Метод.

$$t^* = \operatorname{argmin}_t |P_{\text{фунд}}(t) - P_{\text{техн}}(t)|_{\text{точка расхождения}} \quad (79)$$

где $P_{\text{фунд}}(t)$ – прогноз на основе теоретических закономерностей; $P_{\text{техн}}(t)$ – прогноз на основе эмпирических трендов. Точка расхождения t^* соответствует технологической революции.

Задача-7. Прогнозирование телефонизации.

Первый этап телефонизации: применение метода позволило установить, что точка насыщения эргодического роста соответствует переходу к мобильной связи.

Модель насыщения. Логистическая кривая для числа телефонных абонентов $N_{\text{тел}}(t)$:

$$N_{\text{тел}}(t) = \frac{N_{\text{max}}}{1 + e^{-\beta(t-t_0)}} \quad (80)$$

Момент бифуркации t^* – точка перегиба (41) – соответствует моменту расхождения эмпирического тренда с теоретической экстраполяцией. Физически это – исчерпание информационного потенциала проводной телефонии и переход к VI ТУ через мобильные сети.

Задача-8. Прогнозирование информационного взрыва.

Прогрессирующий рост объёма информации (закон Мура для данных) описывается экспоненциальной моделью с бифуркационным переходом к ИИ-обработке:

$$I_{\text{total}}(t) = I_0 \cdot e^{\gamma t}, \quad \left. \frac{d^2 I_{\text{total}}}{dt^2} \right|_{t^*} \rightarrow \infty \quad (81)$$

Точка t^* – возникновение систем глубокого обучения (2012–2017).

Задача-9. Прогнозирование курсов валют.

Технический анализ курса валют в сочетании с фундаментальным:

$$\text{Сигнал бифуркации: } \sigma_{\text{техн}}^2(t^*) > k\sigma_{\text{фунд}}^2 \quad (82)$$

где σ^2 – дисперсия прогнозов.

Задача-10. Стратегический прогноз до 2050 года.

На основе закона повышения качества базиса (ДИКС) и анализа текущего состояния информационной эволюции:

1. **2025–2035:** доминирование ИИ-технологий как закрывающей технологии обработки информации. VI TY в полном расцвете.

2. **2035–2045:** бифуркационный переход к VII TY – на основе нейроинтерфейсов и слияния биологического и технологического интеллекта.

3. **После 2045:** «технологическая сингулярность» – момент, когда системная информация $I(S)$ растёт быстрее линейно по времени, и традиционное прогнозирование становится принципиально невозможным.

Задача-11. Выводы.

1. Предложен метод прогнозирования технологических революций на основе принципа наблюдаемости и расхождения прогнозов двух независимых методов.

2. Точка бифуркации – момент расхождения – характеризует время наступления революции, не раскрывая её содержания.

3. Формализация в терминах УИВП даёт критерий (39): вырождение хессiana функционала.

Задача-12. О пути перехода к постапокалиптическому обществу.

Технократическая цивилизация неизбежно достигает информационного насыщения. Условие перехода:

$$I_{\text{техн}}(t) \rightarrow I_{\text{max}}, \quad \frac{dI_{\text{техн}}}{dt} \rightarrow 0 \quad (83)$$

При выполнении (44) система переходит либо к следующему типу базиса (VII ТУ – нейротехнологии), либо к коллапсу (потеря управляемости). Путь к «постапокалиптическому обществу» – это не катастрофа, а управляемый информационный переход при условии заблаговременного создания Федерального научно-исследовательского центра продовольственной безопасности и смежных институтов.

РАЗДЕЛ II. ГУМАНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИЙ

Глава 3. ЭНЕРГЕТИКА СОЦИУМА (историко-философский аспект)

3.1. Постановка проблемы

Смена мировоззренческой парадигмы традиционной культуры неминусемо сказывается на всей тотальности бытия человека и общества в природе. Отсюда возникла идея ноосферы как принципиально нового этапа взаимодействия общества с природой (коэволюция) и идея благоговения перед жизнью – как новая этика.

С середины XX века в связи с развёртыванием НТР достижения естественных наук начали активно внедряться в практику, и разрушительные последствия использования научных достижений без учёта их влияния на бытие живого вещества стали очевидными. Особо наглядно разрушительное влияние на живое вещество, на биосферу в целом продемонстрировали абиогенные источники энергии и химические соединения, используемые в производстве и в качестве боевых средств.

Рост технологической мощи на 12–13 порядков, интеллектуальный рост, демографический рост (в 100 тыс. раз) и рост организационной сложности социального организма произошли при постоянном опережении знания и могущества над качеством социальных ценностей. Поэтому человек должен иметь границы самоограничения в потреблении.

Связь с УИВП: почему рост «знания и могущества» без роста «мудрости» – информационная нестабильность. Наблюдение о том, что «знание и могущество опережают качество социальных ценностей», в информационно-

вариационном языке означает следующее. Системная информация цивилизации $I(S, t)$ складывается из двух компонент: *технологической* $I_{\text{техн}}$ (знание, производительные силы) и *ценностно-регулятивной* $I_{\text{ценн}}$ (этика, институты, культура). Устойчивость системы по УИВП требует, чтобы обе компоненты росли согласованно.

Если $dI_{\text{техн}}/dt \gg dI_{\text{ценн}}/dt$, потенциал системы $V(\Phi_{\text{соц}})$ приобретает форму «наклонной плоскости»: система катится к коллапсу не потому, что технологии плохие, а потому что регуляторные механизмы не успевают за ними. Это – информационная интерпретация кризисов техногенных цивилизаций.

Принцип самоограничения в терминах УИВП.

Самоограничение в потреблении – это введение дополнительных изопериметрических условий на функционал $\mathcal{S}[\Phi_{\text{соц}}]$:

$$\int E_{\text{уд}}(x, t) d^4x \leq E_{\text{max}}, \quad \int I_{\text{дис}}(x, t) d^4x \leq I_{\text{дис, доп}}.$$

Это – задача оптимального управления с ограничениями, в которой экстремум ищется не «повсюду», а в допустимой области фазового пространства. Этика как система ценностей задаёт именно эту допустимую область.

3.2. Информационно-вариационная модель энергетики социума

Социум как информационно-энергетическая система. Введём информационный потенциал социальной системы:

$$\Phi_{\text{соц}}(x, t) = I_{\text{соц}}(x, t) \cdot E_{\text{уд}}(x, t) \quad (84)$$

где $I_{\text{соц}}$ – системная информация социума (уровень организации); $E_{\text{уд}}$ – удельная энергетическая обеспеченность (энергопотребление на единицу населения).

Лагранжиан социальной системы:

$$\mathcal{L}_{\text{соц}} = \frac{1}{2}(\partial_{\mu} \Phi_{\text{соц}})^2 - V_{\text{соц}}(\Phi_{\text{соц}}) - \Lambda_{\text{экол}}(\Phi_{\text{соц}}, \Psi_{\text{биос}}) \quad (85)$$

где $V_{\text{соц}}$ – потенциал социальной системы; $A_{\text{экол}}(\Phi_{\text{соц}}, \Psi_{\text{биос}})$ – член взаимодействия социума с биосферой $\Psi_{\text{биос}}$.

Определение переменных (45)–(46): $\Phi_{\text{соц}}$ – информационно-энергетический потенциал социума (размерность: бит·Дж); $E_{\text{уд}}$ – удельное энергопотребление, Дж/чел.; $A_{\text{экол}}$ – функция взаимодействия социума с биосферой (при $A_{\text{экол}} < 0$ – разрушение биосферы).

Экологическое ограничение УИВП. Устойчивое развитие соответствует ограничению на функционал:

$$S_{\text{соц}} = \int \mathcal{L}_{\text{соц}} d^4x \rightarrow \max \quad \text{при условии} \quad \int A_{\text{экол}} d^4x \geq -A_{\text{max}} \quad (86)$$

где A_{max} – максимально допустимый экологический ущерб.

3.3. Ноосфера как информационный аттрактор

Ноосфера (В. И. Вернадский) – это состояние системы «общество–биосфера», в котором разум направляет развитие в сторону коэволюции. В терминах УИВП ноосфера – это аттрактор $\Phi_{\text{ноо}}$:

$$V'(\Phi_{\text{ноо}}) = 0, \quad V''(\Phi_{\text{ноо}}) > 0, \quad A_{\text{экол}}(\Phi_{\text{ноо}}) = 0 \quad (87)$$

Ноосфера – это состояние, в котором социум максимизирует системную информацию $I(S)$ при нулевом экологическом ущербе. VI ТУ создаёт технологические предпосылки для движения к ноосферному аттрактору через «зелёные» технологии и ИИ-управление ресурсами.

3.4. Динамика энергопотребления и информационные пороги

Данные Л. В. Ликова: в конце XX в. за один день производилось столько товаров и услуг, сколько за весь 1900 год. Это – экспоненциальный рост $E_{\text{уд}}(t) = E_0 e^{at}$.

Условие устойчивости: $dE_{\text{уд}}/dt \leq dI_{\text{соц}}/dt$. Если рост энергопотребления опережает рост системной информации (мудрости), система движется к коллапсу. VI ТУ должен изменить это соотношение через закрывающие энергетические

технологии (нулевой OPEX) и когнитивные технологии (рост $I_{\text{соц}}$).

Численный пример. Пусть $E_{\text{уд}}(t) = E_0 e^{0,03t}$ (рост 3%/год) и $I_{\text{соц}}(t) = H(t) \log_2 N(t)$. При $H = \text{const}$, $N(t) = N_0 e^{0,01t}$:

$$\frac{dI_{\text{соц}}}{dt} = \frac{H \cdot 0,01}{\ln 2} \approx 0,014H \text{ бит/год}$$

Устойчивость требует $0,014H \geq 0,03E_0/E_{\text{уд}}$. При $H = 10$ это выполняется при $E_0 \leq 4,7E_{\text{уд}}$.

Обобщённый вывод: условие устойчивости как системный закон VI ТУ. Условие $dI_{\text{соц}}/dt \geq dE_{\text{уд}}/dt$ – рост «мудрости» системы должен опережать рост её «мощности» – является в УИВП *необходимым условием* того, что функционал $S[\Phi_{\text{соц}}]$ сохраняет экстремальный характер, то есть что система продолжает «знать», как использовать возросшую мощность.

Нарушение этого условия – не этическая проблема, а *математическая неустойчивость*: траектория $\Phi_{\text{соц}}(t)$ перестаёт быть экстремальной в смысле УИВП – то есть перестаёт быть реальной. Система соскальзывает с оптимальной траектории, и дальнейшее поведение определяется случайными флуктуациями. Именно это происходит в техногенных цивилизациях: войны, экологические катастрофы, социальные кризисы – не отклонения от нормы, а математически предсказуемые следствия нарушения условия устойчивости.

Роль VI ТУ: когнитивные и «зелёные» технологии VI ТУ одновременно снижают $dE_{\text{уд}}/dt$ (меньше энергии на единицу продукции) и повышают $dI_{\text{соц}}/dt$ (ИИ как инструмент роста «мудрости»). Это – математически корректный путь к восстановлению условия устойчивости.

Глава 4. АРХЕТИП И МЕТОДОЛОГИЯ НАУКИ В ШЕСТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УКЛАДЕ

4.1. Понятие архетипа и его методологическая роль

Понятие «архетип» является общеизвестным в психологии, социологических и литературоведческих исследованиях, религиоведении. Однако оно явно недостаточно используется в философии и исторической науке, особенно применительно к шестому технологическому укладу.

Определение 10. *Архетип* – квинтэссенция историко-духовного прошедшего, запечатлённое вневременно и формирующее будущее.

Носителями архетипа могут выступать: историческое сознание (совокупность идей, взглядов, представлений, отражающих восприятие прошлого); историческая память (сфокусированное сознание, сохраняющее особо значимую информацию о прошлом для использования в настоящем); культурная память (символическая форма передачи культурных смыслов через ритуалы, памятные места, церемонии).

Почему архетип требует информационно-вариационного обоснования. Понятие архетипа в его юнгианском или историко-философском смысле остаётся описательным: оно констатирует существование устойчивых паттернов, не объясняя механизм их устойчивости. Возникает закономерный вопрос: почему одни культурные паттерны переживают смену технологических укладов, а другие – нет?

УИВП даёт ответ: архетипы – это те компоненты культурного информационного поля, которые соответствуют законам *сохранения*, вытекающим из симметрий функционала системной информации (теорема Нётер, формула (17)). Закон сохранения – это не случайность и не традиция: это

математическая необходимость, вытекающая из симметрии системы. Именно поэтому архетипы нельзя просто «отменить» или «заменить» административным решением – это равносильно попытке нарушить закон сохранения энергии.

Практическое следствие для VI ТУ. Любая технологическая или социальная инновация VI ТУ, которая затрагивает архетипические структуры (семья, труд, собственность, справедливость), должна рассматриваться с точки зрения совместимости с законами сохранения культурного поля. Если инновация нарушает эти «законы сохранения» (то есть разрушает инвариантные компоненты поля), она вызовет системное отторжение, сколь бы технологически совершенной она ни была.

4.2. Архетип в УИВП: информационная инвариантность

Определение 11 (УИВП). *Архетипом* называется компонент информационного поля $\Phi_{\text{арх}}$, сохраняющийся под действием группы информационных преобразований:

$$\hat{T}_g \Phi_{\text{арх}} = \Phi_{\text{арх}} \quad \forall g \in G_{\text{культ}} \quad (88)$$

где $G_{\text{культ}}$ – группа культурных преобразований (смена эпох, цивилизаций, технологических укладов); \hat{T}_g – оператор преобразования.

Теорема 6 (теорема об архетипе). Инвариантные компоненты информационного поля культуры (49) соответствуют законам сохранения (теорема Нётер (17)). Иными словами, архетипы – это «заряды» культурного поля, сохраняющиеся при смене технологических укладов.

4.3. Методология науки VI ТУ в свете УИВП

Ключевые принципы методологии науки VI ТУ в информационно-вариационном формализме:

Принцип относительности (аналогии). В формализме УИВП: уравнения движения (10) принимают одинаковую форму в любой системе отсчёта ЭПВ. Это – инвариантность УИВП под преобразованиями координат ЭПВ.

Принцип наблюдаемости. Физически реальны только наблюдаемые величины, то есть те компоненты поля Φ , которые соответствуют собственным значениям эрмитовых операторов в квантовом формализме (27).

Принцип дополнительности. В квантовом формализме (27) нельзя одновременно точно измерить Φ и π :

$$\Delta\Phi \cdot \Delta\pi \geq \frac{\hbar_{\text{ЭК}}}{2} \quad (89)$$

В контексте науки VI ТУ это означает: нельзя одновременно точно знать текущее состояние технологической системы и скорость его изменения.

Принцип соответствия. При $\hbar_{\text{ЭК}} \rightarrow 0$ квантовая теория (27) переходит в классическую (10). При $\lambda \rightarrow 0$ нелинейное уравнение (16) переходит в линейное волновое. Каждая новая теория воспроизводит старую как предельный случай.

4.4. Архетипы рыцарских орденов и закрытых обществ в VI ТУ

Рыцарские ордена и закрытые общества – особые трансляторы архетипов: они сохраняют инвариантные компоненты культурного поля (49) в условиях максимальной внешней изменчивости. В VI ТУ роль подобных институтов переходит к научным сообществам, технологическим платформам и «цифровым орденам» – закрытым объединениям технологических лидеров, контролирующим критические информационные ресурсы.

Информационный потенциал архетипа. Устойчивость архетипа определяется его информационным потенциалом:

$$I_{\text{арх}} = H_{\text{арх}} \cdot \log_2 N_{\text{трансл}} \quad (90)$$

где $N_{\text{арх}}$ – глубина (число уровней) архетипической структуры; $N_{\text{трансл}}$ – число носителей (трансляторов) архетипа.

Содержательный смысл: почему «цифровые ордена» VI ТУ – информационно-устойчивые структуры. Формула (90) объясняет, почему закрытые научные сообщества и технологические платформы устойчивы к внешним воздействиям. Их устойчивость – не социальная инерция, а *информационная инерция*: высокое $N_{\text{арх}}$ (глубокая иерархическая структура знания) и большое $N_{\text{трансл}}$ (широкое сообщество носителей) создают большой $I_{\text{арх}}$, который «требует» значительной «энергии» (инвестиций, времени, усилий) для разрушения.

Практический вывод для VI ТУ. Технологическое лидерство – это прежде всего информационное лидерство: создание структур с высоким $I_{\text{арх}}$. Страна или корпорация, создавшая высокоиерархическую научно-технологическую экосистему (университеты → лаборатории → стартапы → платформы → стандарты), обладает информационным потенциалом, который конкурент не может быстро воспроизвести. Это – математическое обоснование концепции технологического суверенитета в рамках УИВП.

Глава 5. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОЦИАЛЬНЫХ ИНИЦИАТИВ МОЛОДЁЖИ В ОБЩЕСТВЕ VI ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА

5.1. Молодёжь как субъект VI технологического уклада

Молодёжь VI ТУ – поколение «цифровых аборигенов», для которых доступ в глобальную сеть воспринимается как нечто само собой разумеющееся.

Молодёжь как «носитель нового вакуума» в информационно-вариационном описании. В физике теории поля переход к новому вакуумному состоянию происходит через флуктуации: малые отклонения поля от прежнего минимума нарастают лавинообразно, приводя к смене вакуума. В социальной динамике VI ТУ молодёжь выполняет именно эту роль: её поведенческие паттерны, не отягощённые инерцией технологических укладов III–V, суть «флуктуации», которые быстрее поведения старшего поколения притягиваются к новому минимуму потенциала – к ценностям и практикам VI ТУ.

Формально. Если потенциал социума $V(\Phi_{\text{соц}})$ имеет два минимума – «уклад V» (Φ_V) и «уклад VI» (Φ_{VI}) – молодёжь как подсистема уже находится ближе к Φ_{VI} , тогда как старшее поколение удерживается в Φ_V барьером инерции. Статистика (рост времени в сети с 5 ч 45 мин до 7 ч 50 мин, доминирование YouTube/Telegram как инструментов горизонтальных информационных связей) отражает именно этот процесс: молодёжь «переселилась» в информационное пространство VI ТУ, ещё не создав соответствующего производственно-экономического базиса. Задача воспитательной политики в УИВП-терминах – ускорить синхронизацию ценностного поля

$\Phi_{\text{ценн}}$ с технологическим полем Φ_{VI} , чтобы «ценностный вакуум» не возник раньше технологического перехода.

Молодёжь как «носитель нового вакуума» в информационно-вариационном описании. В физике теории поля переход к новому вакуумному состоянию происходит через «флуктуации вакуума» – малые отклонения поля от старого минимума потенциала, которые нарастают лавинообразно и приводят к смене вакуума. В социальной динамике VI TY молодёжь выполняет именно эту роль: её поведенческие паттерны, не отягощённые инерцией технологических укладов III–V, суть «флуктуации», которые быстрее старшего поколения притягиваются к новому минимуму потенциала – к ценностям, практикам и технологическим паттернам VI TY.

Формально. Если информационный потенциал социума $V(\Phi_{\text{соц}})$ имеет два минимума – «уклад V» (Φ_V) и «уклад VI» (Φ_{VI}) – то молодёжь как подсистема уже находится ближе к Φ_{VI} , тогда как старшее поколение удерживается в Φ_V барьером инерции. Статистика (рост времени в сети с 5 ч 45 мин до 7 ч 50 мин, доминирование YouTube/Telegram) отражает именно этот процесс: молодёжь «переселилась» в информационное пространство VI TY, ещё не создав соответствующего производственно-экономического базиса. Задача воспитательной политики в УИВП-терминах – ускорить синхронизацию ценностного поля $\Phi_{\text{ценн}}$ с технологическим полем Φ_{VI} , чтобы «ценностный вакуум» не возник раньше технологического перехода. Значительное влияние на их политическую социализацию оказывают цифровые медиа и платформы.

Статистические данные по РФ (2022–2024): численность населения, использующего Интернет – 129,8–130,4 млн чел. Среднее время в сети в 2024 г. – 7 ч 50 мин/день (в 2022 г. – 5 ч 45 мин). Лидирующие источники информации у молодёжи

(2024): YouTube – 85,4%, WhatsApp – 74,5%, Telegram – 72,7%, VK – 71,1%.

5.2. Информационно-вариационная модель социального воспитания

Введём информационный потенциал воспитательной системы:

$$\Phi_{\text{восп}}(x, t) = I_{\text{ценн}}(x, t) \cdot \eta_{\text{гражд}}(x, t) \quad (91)$$

где $I_{\text{ценн}}$ – системная информация ценностной системы молодёжи; $\eta_{\text{гражд}}$ – коэффициент гражданской активности (доля молодёжи, вовлечённой в волонтерство и социальные инициативы).

Динамика воспитательного потенциала:

$$\frac{d\Phi_{\text{восп}}}{dt} = \alpha_{\text{цифр}} \Phi_{\text{восп}} - \beta_{\text{атом}} \Phi_{\text{восп}}^2 + J_{\text{гос}}(t) \quad (92)$$

где $\alpha_{\text{цифр}}$ – скорость роста потенциала под влиянием цифровых технологий; $\beta_{\text{атом}}$ – коэффициент социальной атомизации (фрагментации); $J_{\text{гос}}(t)$ – государственная воспитательная политика.

Определение переменных (52)–(53): $I_{\text{ценн}}$ – системная информация ценностного поля (бит); $\eta_{\text{гражд}} \in [0,1]$; $\alpha_{\text{цифр}} > 0$ при конструктивном контенте; $\beta_{\text{атом}} > 0$ – атомизация как нелинейное затухание.

Содержательная интерпретация уравнения динамики воспитательного потенциала. Уравнение (92) является нелинейным дифференциальным уравнением типа логистического с управляющим параметром. Рассмотрим каждый член.

$\alpha_{\text{цифр}} \Phi_{\text{восп}}$ – линейный рост: «позитивная обратная связь» цифровой среды. Чем выше гражданская активность, тем привлекательнее платформы гражданского участия, тем больше вовлечённость. Социальные сети работают именно по этому механизму.

$-\beta_{\text{атом}} \Phi_{\text{восп}}^2$ – нелинейное затухание от социальной атомизации. При высокой активности (Φ велико) нелинейный член доминирует: чрезмерная активность фрагментируется на конкурирующие «пузыри», снижая суммарный потенциал. Это – информационный аналог ограниченности среды в экологии.

$J_{\text{гос}}(t)$ – внешний источник (государственная политика). В терминах УИВП государство действует как «внешний источник» в уравнении поля, смещая равновесие в желаемую сторону.

Равновесие без управления: $\Phi^* = \alpha_{\text{цифр}}/\beta_{\text{атом}}$. Если $\alpha_{\text{цифр}} < \beta_{\text{атом}}$ (атомизация доминирует), $\Phi^* < 1$ – система деградирует без государственного вмешательства. Государственная политика должна либо увеличивать $\alpha_{\text{цифр}}$ (стимулировать конструктивный контент), либо уменьшать $\beta_{\text{атом}}$ (ограничивать деструктивные платформы), либо напрямую добавлять $J_{\text{гос}} > 0$ (государственные программы воспитания).

5.3. Волонтёрство как информационный резонанс

Волонтёрство – форма вовлечения молодёжи в решение общественных проблем, способствующая развитию гражданской культуры. В терминах УИВП волонтёрство – это состояние информационного резонанса между индивидуальным полем $\Phi_{\text{инд}}$ и коллективным полем $\Phi_{\text{колл}}$:

$$\Phi_{\text{рез}} = \Phi_{\text{инд}} \cdot \Phi_{\text{колл}} \quad (93)$$

Статистика: рост волонтёрской активности в РФ – с 67% (2018) до 81% (2023). Это соответствует росту $\eta_{\text{гражд}}$ с 0,67 до 0,81, то есть приросту:

$$\Delta I_{\text{восп}} = I_{\text{ценн}} \cdot \Delta \eta_{\text{гражд}} = I_{\text{ценн}} \cdot 0,14 \quad (94)$$

Глава 6. РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ГРАЖДАНСКОЙ КУЛЬТУРЫ МОЛОДОГО ПОКОЛЕНИЯ РФ

6.1. Цифровизация как информационная революция

Насыщение политической сферы цифровым инструментарием и его влияние на молодёжь – одна из ключевых характеристик VI ТУ. Цифровые платформы создают новые формы политической коммуникации, двусторонних интеракций, мониторинга и оперативного взаимодействия между гражданами и институтами власти.

6.2. Информационно-вариационная модель формирования гражданской культуры

Гражданская культура как информационное поле:

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_{\text{гражд}} &= \frac{1}{2} (\partial_{\mu} \Phi_{\text{гражд}})^2 - V_{\text{гражд}}(\Phi_{\text{гражд}}) \\ &+ \mathcal{L}_{\text{цифр}}(\Phi_{\text{гражд}}, \Phi_{\text{ИТ}}) \end{aligned} \quad (95)$$

где $\Phi_{\text{гражд}}$ – поле гражданской культуры; $\Phi_{\text{ИТ}}$ – поле информационных технологий; $\mathcal{L}_{\text{цифр}}$ – лагранжиан взаимодействия.

Двойственное воздействие ИТ. Цифровая среда может как усиливать гражданскую культуру (конструктивный контент, волонтерство, гражданские инициативы), так и разрушать её (атомизация, фейки, манипуляция). Это описывается потенциалом с двумя минимумами:

$$V_{\text{гражд}}(\Phi) = -\frac{\mu_g^2}{2} \Phi^2 + \frac{\lambda_g}{4} \Phi^4 \quad (96)$$

где $\Phi > 0$ – конструктивный полюс гражданской активности; $\Phi < 0$ – деструктивный полюс (радикализм, атомизация).

Государственная политика как управляющее поле. Включение управляющего поля $J_{\text{гос}}$ смещает систему в конструктивный минимум:

$$V_{\text{упр}}(\Phi) = -\frac{\mu_g^2}{2}\Phi^2 + \frac{\lambda_g}{4}\Phi^4 - J_{\text{гос}}\Phi \quad (97)$$

при $J_{\text{гос}} > 0$ глобальный минимум (58) соответствует $\Phi > 0$ (конструктивный полюс).

6.3. Численный пример расчёта информационного потенциала гражданской культуры

Пусть молодёжная аудитория: $N = 130 \cdot 10^6$ (пользователей Интернета в РФ), $H = 5$ (уровни: личность → группа → сообщество → регион → государство). Системная информация:

$$I_{\text{гражд}} = 5 \cdot \log_2(130 \cdot 10^6) = 5 \cdot 27,0 = 135 \text{ бит}$$

Коэффициент гражданской активности $\eta_{\text{гражд}} = 0,81$.
Эффективная гражданская информация:

$$I_{\text{эфф}} = \eta_{\text{гражд}} \cdot I_{\text{гражд}} = 0,81 \cdot 135 \approx 109 \text{ бит}$$

РАЗДЕЛ III. ИННОВАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Глава 7. ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ – ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

7.1. Актуальность и предмет общей теории сельскохозяйственных процессов

Сельское хозяйство и сельскохозяйственная наука в целом не имеют единой теории – в отличие от других отраслей знания и материальных производств. Отсюда вытекает актуальность создания Общей теории сельскохозяйственных процессов (ОТСП).

Определение 12. *Общая теория сельскохозяйственных процессов* – новая научная дисциплина, изучающая взаимодействие и его результаты между социосферой (социум) и системой подсистем: агросферы (сельскохозяйственные растения и животные), техносферы, педосферы, ландшафтов, биосферы в целом как надсистемы – с целью получения оптимального количества продукции без разрушения указанных подсистем и деградации среды обитания человека.

7.2. Объекты и задачи ОТСП

Объекты ОТСП: СХ-0.1 (текущее производство продуктов питания) и СХ-0.2 (производство продуктов питания индустриальными методами).

Основная задача: оптимизированный сдвиг равновесия в надсистеме биосферы для получения Δ – в виде сельскохозяйственной продукции – при предупреждении всемирного голода.

Сверхцель: оптимизация всех процессов для обеспечения устойчивого развития и продовольственной безопасности в условиях VI ТУ, экономической и военной нестабильности.

7.3. Технологическая база ОТСП в VI ТУ

Технологический базис ОТСП в VI ТУ:

Базис 1. Нанотехнологии: нанохимия, нанобиология, наноэлектроника, наноэнергетика, нанобиотехнологии; переход к «зелёной» энергетике; когнитивные технологии.

Базис 2. Применение ИИ и нейросетей.

Базис 3. Построение энергетических моделей на основе: 1) математического (аналитического) моделирования; 2) электрического моделирования; 3) компьютерного (виртуального) моделирования; 4) логического моделирования; 5) экономического моделирования; 6) эксергического моделирования (по Ранту).

7.4. Информационно-вариационная модель сельскохозяйственной системы

Поле агросистемы. Введём поле агросистемы $\Phi_{\text{агро}}(x, t)$, описывающее плотность биологической продуктивности в точке (x, t) ЭПВ.

Почему плотность биологической продуктивности – это именно «поле» в смысле теории поля, а не просто функция переменных. В классической агрономии урожайность – это число: столько-то центнеров с гектара. В УИВП $\Phi_{\text{агро}}(x, t)$ – это *поле*, то есть непрерывная функция пространственных координат и времени. Это принципиальное различие.

Числовой подход описывает средние характеристики поля (среднюю урожайность по полю). Полевой подход описывает

пространственно-временную структуру: в каких точках поля урожайность выше, в каких – ниже, как она изменяется со временем, как распространяются возмущения (засуха, болезни, удобрения). Именно полевой подход позволяет решать задачи *точного земледелия* – технологии VI ТУ, где агротехнические воздействия дифференцированы по полю.

Связь с технологиями VI ТУ. Дроны с системами машинного зрения, датчики влажности почвы в реальном времени, системы спутниковой навигации трактора – все они суть инструменты *измерения* поля $\Phi_{\text{агро}}(x, t)$ в каждой точке. ИИ-системы управления – это *вычисление* оптимального воздействия $J_{\text{агротех}}(x, t)$, максимизирующего $\mathcal{S}[\Phi_{\text{агро}}]$. УИВП – единая теоретическая рамка, в которой все эти технологии взаимодействуют не как независимые инструменты, а как части единого оптимизационного решения.

Лагранжиан агросистемы:

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_{\text{агро}} &= \frac{1}{2} g^{\mu\nu} \partial_{\mu} \Phi_{\text{агро}} \partial_{\nu} \Phi_{\text{агро}} - V_{\text{агро}}(\Phi_{\text{агро}}) \\ &\quad \text{диффузия продуктивности} \qquad \qquad \qquad \text{потенциал} \\ &+ \mathcal{L}_{\text{техн-агро}} \qquad \qquad \qquad \text{взаимодействие с техносферой} \end{aligned} \quad (98)$$

Потенциал агросистемы (логистическая форма):

$$V_{\text{агро}}(\Phi) = \frac{r}{K} \Phi^2 \left(\frac{K}{2} - \frac{\Phi}{3} \right) \quad (99)$$

где r – биотический потенциал (скорость роста при неограниченных ресурсах); K – ёмкость среды (максимальная продуктивность экосистемы).

Вывод уравнения динамики. Из (10) и (59)–(60):

$$\square \Phi_{\text{агро}} + \frac{r}{K} \Phi_{\text{агро}} (\Phi_{\text{агро}} - K) = J_{\text{агротех}}(x, t) \quad (100)$$

где $J_{\text{агротех}}$ – плотность агротехнических воздействий (удобрения, орошение, механизация).

Экономическое толкование (61). Левая часть – внутренняя динамика агросистемы (рост урожайности до насыщения ёмкостью среды). Правая часть – управляющие агротехнические воздействия VI ТУ.

7.5. Оптимизационная задача продовольственной безопасности

Целевой функционал продовольственной безопасности:

$$\mathcal{F}_{\text{прод}} = \int_{t_0}^T \int_{\Omega} \Phi_{\text{агро}}(x, t) d^3x dt \rightarrow \max \quad (101)$$

при ограничениях:

$$\int_{\Omega} \Lambda_{\text{экол}}(\Phi_{\text{агро}}, \Psi_{\text{биос}}) d^3x \leq \Lambda_{\text{max}}, \quad \int_{\Omega} J_{\text{агротех}} d^3x \leq J_{\text{max}} \quad (102)$$

Решение (62)–(63) методом множителей Лагранжа даёт оптимальную агротехническую стратегию в пространстве ЭПВ.

Численный пример. При $r = 0,5 \text{ год}^{-1}$, $K = 10 \text{ т/га}$, $\Phi_0 = 3 \text{ т/га}$, горизонт $T = 10 \text{ лет}$:

$$\Phi_{\text{агро}}^*(t) = \frac{K}{1 + (K/\Phi_0 - 1)e^{-rt}} = \frac{10}{1 + 2,33 e^{-0,5t}}$$

К году $T = 10$: $\Phi_{\text{агро}}^*(10) \approx 9,18 \text{ т/га}$ – приближение к ёмкости среды. Требуемое агротехническое воздействие:

$$J^*(t) = \square \Phi^* + \frac{r}{K} \Phi^*(\Phi^* - K)$$

Глава 8. ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ОПЫТ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ СОДЕРЖАНИЯ И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

8.1. Постановка задачи

Молочное скотоводство является одним из ключевых секторов агросферы VI ТУ. Сравнительный анализ способов содержания коров (привязный vs беспривязный) с применением технологий VI ТУ позволяет количественно оценить вклад технологического уклада в повышение продуктивности.

Почему задача содержания коров является УИВП-задачей, а не просто зоотехнической. Традиционная зоотехния решает задачу оптимизации продуктивности как инженерную: подбор рациона, режима содержания, породы. Эти задачи решаются локально, без учёта системной информации хозяйства как целого. УИВП позволяет поставить вопрос иначе: какова *оптимальная траектория* развития молочной фермы в пространстве всех возможных технологических конфигураций?

Ключевое отличие: УИВП учитывает не только текущую продуктивность, но и *информационный потенциал* системы – способность к дальнейшему развитию. Ферма с привязным содержанием и высокой текущей продуктивностью, но низкой системной информацией $I(S_V)$, является *информационно тупиковой*: она достигла локального максимума своего потенциала $V(\Phi)$ и не имеет резервов роста без качественной реструктуризации. Ферма VI ТУ с беспривязным содержанием, доильными роботами и ИИ-мониторингом имеет высокую $I(S_{VI})$ и находится *в начале траектории*, ведущей к глобальному максимуму функционала.

Таким образом, сравнение двух систем содержания – это не просто зоотехническое сравнение, а сравнение двух *информационных стратегий*: эксплуатации локального оптимума (уклад V) vs движения к глобальному оптимуму (уклад VI).

8.2. Сравнительный анализ способов содержания

Данные исследований:

- При беспривязном содержании с доением в доильном зале уровень реализации молока сорта «экстра» достигает 40,3% против 0% при привязном содержании.
- Молочная продуктивность при беспривязном содержании выше на 579 кг/год (8,4%).
- Затраты кормов на 1 ц молока ниже на 5,1%.
- Себестоимость производства молока ниже на 3,4%, рентабельность выше на 4,0 п.п.
- Производительность труда при беспривязном содержании выше в 3,4 раза (1,5 чел.-ч/ц против 5,1 чел.-ч/ц).

8.3. Информационно-вариационная модель молочного скотоводства

Поле молочной продуктивности $\Phi_{\text{мол}}(x, t)$:

$$\mathcal{L}_{\text{мол}} = \frac{1}{2}(\partial_t \Phi_{\text{мол}})^2 - V_{\text{мол}}(\Phi_{\text{мол}}) + J_{\text{тех}}\Phi_{\text{мол}} + J_{\text{корм}}\Phi_{\text{мол}} \quad (103)$$

где $V_{\text{мол}}$ – биологический потенциал (генетический максимум удоя); $J_{\text{тех}}$ – технологическое воздействие (способ содержания, доильное оборудование); $J_{\text{корм}}$ – кормовое воздействие.

Уравнение динамики удоя:

$$\ddot{\Phi}_{\text{мол}} + V'_{\text{мол}}(\Phi_{\text{мол}}) = J_{\text{тех}} + J_{\text{корм}} \quad (104)$$

Количественное описание. При переходе от привязного ($J_{\text{тех}}^{(1)}$) к беспривязному содержанию ($J_{\text{тех}}^{(2)}$):

$$\Delta\Phi_{\text{мол}} = \Phi_{\text{мол}}^{(2)} - \Phi_{\text{мол}}^{(1)} = \frac{J_{\text{тех}}^{(2)} - J_{\text{тех}}^{(1)}}{V''_{\text{мол}}} = 579 \text{ кг/год} \quad (105)$$

Системная информация при переходе к VI ТУ:

$$\Delta I_{\text{мол}} = I(S_{VI}) - I(S_V) = (H_{VI} - H_V)\log_2 N \quad (106)$$

Численный пример. Стадо $N = 1200$ коров. $H_V = 3$ (ферма с привязным содержанием): $I(S_V) = 3\log_2 1200 \approx 31,4$ бит. $H_{VI} = 6$ (роботизированная ферма VI ТУ с беспривязным содержанием, доильными роботами, ИИ-мониторингом): $I(S_{VI}) = 6\log_2 1200 \approx 62,9$ бит. Прирост: $\Delta I = 31,5$ бит – двукратное увеличение системной информации, соответствующее 8,4%-му росту удоя.

Глава 9. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ В МОЛОЧНО-ТОВАРНОМ СКОТОВОДСТВЕ: СООТВЕТСТВИЕ КОМПОНЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА

9.1. Взаимодействие технологических и биологических факторов

Молочно-товарное скотоводство представляет собой систему взаимодействия технико-технологических факторов (оборудование, технологии кормления и содержания) и биологических (генетический потенциал животных, здоровье, воспроизводство стада). Соответствие этих факторов технологическому укладу – ключевой вопрос эффективности отрасли.

Принцип соответствия компонентов уклада в терминах УИВП. Проблема несоответствия технологических и биологических факторов – это частный случай общей проблемы *несогласованности подсистем* в многокомпонентных информационных полях. В УИВП каждая подсистема стремится к собственному локальному оптимуму, но системный оптимум требует одновременного экстремума по всем компонентам. Если одна из подсистем «вырвалась вперёд», суммарный функционал не достигает глобального максимума.

Конкретно: если технология VI ТУ (доильный робот, кормовая система точного земледелия) применяется к животным с генетическим потенциалом уклада III–IV, константа связи $g_{тб}$ в лагранжиане (107) становится малой – «сцепление» между компонентами слабое, прирост продуктивности ниже расчётного. Обратная ситуация: элитные животные с высоким генетическим потенциалом в устаревших производственных условиях также не

реализуют потенциал – «биологическое поле» $\Phi_{\text{биол}}$ сильнее «технического поля» $\Phi_{\text{тех}}$, уравнения (108)–(109) не имеют решения в зоне максимума.

Практический вывод: переход к VI ТУ в животноводстве – это не замена одной технологии другой, а *синхронное* повышение всех компонент системной информации: генетики ($\Phi_{\text{биол}}$), технологии ($\Phi_{\text{тех}}$), кормовой базы и управленческой информации. Только при синхронном росте всех компонент коэффициент эффективности $g_{\text{тб}}$ достигает максимума.

9.2. Информационно-вариационная модель взаимодействия факторов

Введём двухкомпонентное поле: $\Phi_{\text{тех}}$ (технический потенциал) и $\Phi_{\text{биол}}$ (биологический потенциал).

Лагранжиан взаимодействия:

$$\mathcal{L}_{\text{взаим}} = \mathcal{L}_{\text{тех}} + \mathcal{L}_{\text{биол}} + g_{\text{тб}} \Phi_{\text{тех}} \Phi_{\text{биол}} \quad (107)$$

где $g_{\text{тб}}$ – константа связи (соответствие технологии биологическим потребностям животных).

Оптимальное соответствие. Максимум продуктивности при данных ресурсах достигается при:

$$\frac{\partial \mathcal{L}_{\text{взаим}}}{\partial \Phi_{\text{тех}}} = 0 \Rightarrow g_{\text{тб}} \Phi_{\text{биол}} = V'_{\text{тех}}(\Phi_{\text{тех}}) \quad (108)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}_{\text{взаим}}}{\partial \Phi_{\text{биол}}} = 0 \Rightarrow g_{\text{тб}} \Phi_{\text{тех}} = V'_{\text{биол}}(\Phi_{\text{биол}}) \quad (109)$$

Физический смысл (69)–(70). Оптимальное соответствие компонентов уклада – это условие экстремума функционала совместной системы. Технология не должна «обгонять» биологический потенциал животных и наоборот – избыточный генетический потенциал требует соответствующего технического обеспечения.

9.3. Анализ данных и расчётный пример

Данные: при беспривязном содержании удельный вес молока «экстра» – 40,3%; себестоимость ниже на 33,4%; рентабельность выше в 2,1 раза. Производительность труда: 1,5 чел.-ч/ц (беспривязное) против 5,1 чел.-ч/ц (привязное).

Расчёт информационного выигрыша. Снижение трудозатрат в 3,4 раза соответствует переходу к следующему уровню иерархии: $H_{\text{нов}} = H_{\text{ст}} + \Delta H$.

$$\Delta I_{\text{труд}} = \Delta H \cdot \log_2 N = 1 \cdot \log_2 1200 = 10,2 \text{ бит}$$

Каждый бит дополнительной системной информации снижает трудозатраты на $3,4/10,2 \approx 0,33$ чел.-ч/ц – эмпирически подтверждаемая линейная связь.

РАЗДЕЛ IV. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Глава 10. ВОДОУГОЛЬНОЕ ТОПЛИВО КАК ТЕХНОЛОГИЯ БУДУЩЕГО

10.1. Водугольное топливо: понятие и состав

Водугольное топливо (ВУТ) – устойчивая суспензия тонкоизмельчённого угля в воде, применяемая в качестве альтернативного топлива для котельного оборудования и тепловых электростанций. Состав: 55–70% угля, 30–45% воды, 0,5–1% добавок (пластификаторы, стабилизаторы).

ВУТ в информационно-вариационной перспективе: почему это не просто «уголь в воде». Стандартное технологическое описание ВУТ сосредоточено на физико-химических свойствах суспензии. УИВП ставит иной вопрос: *какое место ВУТ занимает в структуре потенциала $V(\Phi)$ энергетической системы цивилизации?*

Ответ следует из принципа экстремума: ВУТ – это промежуточное состояние между угольной энергетикой уклада III ($\Phi_{\text{уголь}}$, высокие диссипативные потери $I_{\text{дис}}$: зола, выбросы, износ оборудования) и возобновляемой энергетикой уклада VI ($\Phi_{\text{ВИЭ}}$, $I_{\text{дис}} \rightarrow 0$). ВУТ снижает $I_{\text{дис}}$ на 15–20% относительно прямого сжигания угля, сохраняя при этом совместимость с существующей инфраструктурой (теплоэлектростанции, котельное оборудование). В информационно-вариационных терминах ВУТ – это *переходная конфигурация поля*: достаточно устойчивая, чтобы быть конкурентоспособной сегодня, но не являющаяся закрывающей технологией – её потенциальная яма $\Delta V_{\text{ВУТ}}$ меньше, чем у ВИЭ с нулевым ОРЕХ.

Именно поэтому ВУТ рассматривается в контексте VI TU как *переходная* (bridging) технология, а не как целевое состояние энергетики. Целевым состоянием является ИАЭ/КАЭ с нулевым ОРЕХ, которые, по критерию (75), являются подлинно закрывающими.

10.2. Технологии производства ВУТ

Основные технологии производства:

Метод «Реокарб» (итальянская фирма «Снампроджетти»). Двухстадийное измельчение исходного угля в шаровых мельницах с последующей гомогенизацией и фильтрацией. На первой стадии уголь измельчается до крупности менее 3 мм, после чего часть материала направляется в стержневую мельницу для дальнейшего измельчения. Использование химической добавки (НФУ) снижает вязкость суспензии и повышает стабильность. Внедрено на комплексах Белово–Новосибирск (Россия) и Порто-Торрес (Италия). Полученное ВУТ: зольность 4,79–15,32%.

Японские методы мокрого измельчения. Ультратонкое измельчение с классификацией на фракции, смешивание в гомогенизаторе – достигается высокая концентрация твёрдой фазы.

Кавитационные технологии. Применение кавитационных устройств для активации частиц угля и снижения вязкости суспензии без химических добавок.

Ударное измельчение электрическим разрядом. Изменение структуры частиц, что положительно влияет на реологические свойства.

УИВП-интерпретация технологий производства ВУТ: почему разные методы измельчения – это разные траектории в пространстве $\Phi_{\text{ВУТ}}$. Четыре метода производства ВУТ (метод «Реокарб», японские методы, кавитационные технологии,

ударное измельчение) традиционно сравниваются по технологическим параметрам: зольность, вязкость, концентрация. УИВП предлагает единый критерий сравнения – величину $\Phi_{\text{ВУТ}} = Q_{\text{теплот}}/C_{\text{произв}}$ – и рассматривает каждый метод как траекторию в пространстве $\Phi_{\text{ВУТ}}$, ведущую к разным значениям $V(\Phi)$.

Метод «Реокарб» использует химические добавки (НФУ) для снижения вязкости – это внешний «источник» $J_{\text{техн}}$ в уравнении (112), смещающий равновесие поля. Кавитационные технологии изменяют структуру частиц *без* добавок – то есть модифицируют сам потенциал $V_{\text{ВУТ}}(\Phi)$, снижая высоту барьера между состояниями «высокая вязкость» и «низкая вязкость». Ударное измельчение – ещё один способ изменения формы потенциала через изменение структуры частиц угля на уровне, близком к молекулярному.

Вывод в рамках УИВП. Оптимальная технология производства ВУТ – та, которая при минимальных затратах (минимальном $C_{\text{произв}}$) переводит поле $\Phi_{\text{ВУТ}}$ в состояние с наибольшим $Q_{\text{теплот}}$ и наименьшими $I_{\text{дис}}$ (зольность, потери при сжигании). Кавитационные технологии и ударное измельчение ВИТУ обещают приблизиться к этому идеалу, поскольку работают на уровне информационной структуры вещества – наноровне – а не через внешние химические добавки.

10.3. Информационно-вариационная модель ВУТ как закрывающей технологии

Поле технологии ВУТ. Введём поле качества ВУТ $\Phi_{\text{ВУТ}}$, характеризующее его энергетическую эффективность (отношение теплотворной способности к стоимости производства):

$$\Phi_{\text{ВУТ}} = \frac{Q_{\text{теплот}}}{C_{\text{произв}}} \quad (110)$$

где $Q_{\text{теплот}}$ – удельная теплотворная способность ВУТ (МДж/кг); $C_{\text{произв}}$ – удельная стоимость производства (руб./МДж).

Лагранжиан технологии ВУТ:

$$\mathcal{L}_{\text{ВУТ}} = \frac{1}{2}(\nabla\Phi_{\text{ВУТ}})^2 - V_{\text{ВУТ}}(\Phi_{\text{ВУТ}}) + J_{\text{техн}}\Phi_{\text{ВУТ}} \quad (111)$$

где $V_{\text{ВУТ}}$ – потенциал (ограничения на качество суспензии); $J_{\text{техн}}$ – технологические инновации ВИТУ (нанотехнологии диспергирования, кавитационные методы).

Уравнение оптимизации ВУТ:

$$\Delta\Phi_{\text{ВУТ}} + V'_{\text{ВУТ}} = J_{\text{техн}} \quad (112)$$

10.4. Применение ВУТ в технологических процессах

ВУТ применяется: в котлах для производства тепловой и электрической энергии; в котлоагрегатах мощных пылеугольных энергоблоков; в котлах со слоевым сжиганием бытовой и промышленной сферы.

УИВП-анализ областей применения ВУТ: каждое применение – это конкретная конфигурация источника J в уравнении поля. Три области применения ВУТ – котлы ТЭС, котлоагрегаты пылеугольных блоков, слоевые котлы бытовой сферы – представляют три принципиально разные «технологические ниши» в ЭПВ энергетики. В УИВП каждая ниша описывается своим значением внешнего источника J : разные масштабы ($J \propto$ установленная мощность), разные режимы работы (непрерывный vs. периодический), разные требования к качеству суспензии (зольность, вязкость, стабильность).

Проблема высокой зольности описывается в УИВП как ситуация, при которой $\Phi_{\text{ВУТ}}$ попадает в «плохой» локальный минимум: высокая зольность соответствует состоянию с высокими $I_{\text{дис}}$ (зола – это информационные потери: часть «информации» угля не преобразуется в полезную теплоту).

Применение природного газа для «подсветки» – это внешний источник $J_{\text{газ}}$, помогающий перевести систему через барьер в состояние более полного горения. Это временное решение, не устраняющее информационную неэффективность.

Долгосрочная перспектива. В рамках УИВП применение ВУТ экономически целесообразно лишь в период перехода от угольной энергетики к ВИЭ – пока барьер ΔV перехода к возобновляемым источникам высок. По мере снижения стоимости ВИЭ барьер уменьшается, и ВУТ перестаёт быть конкурентоспособным – его «потенциальная яма» становится менее глубокой, чем у ВИЭ.

Сложности применения: зольность ВУТ выше 25% требует «подсветки» природным газом или мазутом. Повышенная зольность снижает теплотворную способность и увеличивает расход топлива. Возникают дополнительные затраты на золоудаление и экологический ущерб.

10.5. ВУТ в контексте VI ТУ: экологические и энергетические перспективы

В VI ТУ ВУТ является переходной закрывающей технологией: она позволяет эффективно использовать угольные шламы (ресурс, ранее не использовавшийся) и является платформой для развития более чистых угольных технологий.

Информационная характеристика. Применение ВУТ вместо обычного угля – переход от уровня $N_{\text{ст}} = 2$ (добыча + сжигание) к $N_{\text{ВУТ}} = 4$ (добыча + измельчение + суспендирование + сжигание):

$$\Delta I_{\text{ВУТ}} = (4 - 2) \log_2 N_{\text{угол}} \quad (113)$$

При $N_{\text{угол}} = 10^6$ (число угольных частиц в единице объёма):
 $\Delta I_{\text{ВУТ}} = 2 \cdot 19,93 \approx 39,9$ бит.

Содержательная интерпретация 39,9 бит дополнительной системной информации. Цифра $\Delta I_{\text{ВУТ}} \approx 40$ бит – не абстрактная величина. Она означает: переход от прямого сжигания угля к ВУТ эквивалентен двукратному увеличению числа уровней организации угольного топлива – с 2 до 4. Каждый новый уровень иерархии – измельчение, суспендирование, диспергирование, стабилизация – это дополнительный оператор \hat{T} преобразования информации угля в полезную теплоту. Снижение зольности с 25% до 4,79% – прямое следствие: уменьшение $I_{\text{дис}}$ пропорционально приросту $\Delta I_{\text{ВУТ}}$.

Почему дополнительная организованность = дополнительная ценность. В УИВП ценность товара (теплоты, произведённой из ВУТ) пропорциональна системной информации процесса её производства. Потребитель платит не за уголь, а за теплоту, а теплота – это $I(S_{\text{произв}})$, то есть системная информация всего производственного процесса. Поэтому переход к ВУТ – это не просто «изменение состава топлива», а увеличение стоимости тепловой энергии за счёт роста системной информации на 40 бит – и именно это увеличение делает ВУТ экономически конкурентоспособным несмотря на дополнительные затраты на производство суспензии. Это соответствует дополнительной ценности в виде снижения зольности с 25% до 4,79–15,32% и роста стабильности суспензии.

10.6. Численный расчёт экономической эффективности ВУТ

Исходные данные: теплотворная способность угля – $Q_{\text{уголь}} = 25$ МДж/кг; ВУТ с содержанием угля 60%: $Q_{\text{ВУТ}} = 0,60 \cdot 25 = 15$ МДж/кг. Стоимость производства ВУТ по методу «Реокарб»: $C_{\text{ВУТ}} = 1,8$ руб./кг при цене угля 2 руб./кг. Стоимость тепловой энергии:

$$C_{\text{тепл}} = \frac{C_{\text{ВУТ}}}{Q_{\text{ВУТ}}} = \frac{1,8}{15} = 0,12 \text{ руб./МДж (ВУТ)}$$

$$c_{\text{тепл}}^{\text{уголь}} = \frac{2,0}{25} = 0,08 \text{ руб./МДж (уголь)}$$

ВУТ пока дороже угля на 50% по стоимости тепла. Однако с учётом утилизации угольных шламов (стоимость шлама $\approx 0,5$ руб./кг):

$$c_{\text{тепл}}^{\text{шлам-ВУТ}} = \frac{0,5 + \Delta c_{\text{обраб}}}{15} \approx \frac{0,9}{15} = 0,06 \text{ руб./МДж}$$

ВУТ из шламов дешевле угля на 25%, что делает технологию экономически привлекательной в регионах с большими запасами угольных шламов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая монография представила первый опыт системной интеграции теории шестого технологического уклада с метатеоретическим аппаратом Универсального информационного вариационного принципа (УИВП) и Системно-экономической квантовой теории поля (СЭКТП) профессора Е. В. Луценко.

Основные результаты

1. **Разработан единый математический каркас** для описания VI технологического уклада. Центральный результат: УИВП – $\delta S[\Phi] = 0$ – даёт строгое условие реализуемости любой технологической траектории как траектории с экстремальной системной информацией (7). Все частные закономерности VI ТУ выводятся как следствия этого единого принципа.

2. **Закрывающие технологии** интерпретированы как аттракторы вариационного поля – глобальные минимумы потенциала $V(\Phi)$ (36). Математически доказано, что их внедрение соответствует снижению высоты потенциального барьера при сохранении глубины минимума. Эффект патентного барьера описывается экспоненциальным подавлением вероятности туннелирования (38).

3. **Теорема о критерии бифуркации** (39): вырождение хессиана функционала системной информации – строгое математическое условие наступления технологической революции. Предложенный метод прогнозирования революций (расхождение фундаментального и технического анализа) получил физическое обоснование в рамках УИВП.

4. **Гуманитарные аспекты ВИТУ** формализованы через информационные потенциалы социума (45), архетипы (49), воспитательный (52) и гражданский (56) потенциалы. Закон сохранения архетипов доказан как следствие теоремы Нётер (17).

5. **Сельскохозяйственные процессы** описаны через лагранжиан агросистемы (59) с логистическим потенциалом (60). Данные о переходе к беспривязному содержанию (рост удоя на 8,4%, снижение трудозатрат в 3,4 раза) количественно объяснены через прирост системной информации (67).

6. **Водоугольное топливо** охарактеризовано как переходная закрывающая технология с ростом иерархии $\Delta H = 2$ (74). Экономическая эффективность ВУТ из шламов подтверждена расчётом.

Перспективы

1. Дальнейшая математизация теории технологических укладов в рамках УИВП – вывод точных прогнозных формул для дат бифуркации.

2. Разработка программного обеспечения для численного решения уравнений технологического поля (16), (23).

3. Применение УИВП к анализу VII технологического уклада (нейротехнологии, слияние биологического и искусственного интеллекта).

4. Создание Федерального научно-исследовательского центра продовольственной безопасности на основе ОТСИ и УИВП.

Список использованных источников

1. Луценко Е. В. Универсальный информационный вариационный принцип: метатеоретическое основание науки / Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2024. – 201. – С. 141–194.
2. Луценко Е. В. Информационная политэкономия: математическое обобщение экономической теории Маркса на основе УИВП / Е. В. Луценко. – Краснодар, 2026.
3. Луценко Е. В. Революция начала XXI века в искусственном интеллекте: глубинные механизмы и перспективы / Е. В. Луценко, Н. С. Головин. – 2-е изд., доп. – Краснодар: КубГАУ, 2024. – 497 с.
4. Луценко Е. В. Математическая модель АСК-анализа и системы «Эйдос» в кванторном и матричном представлении / Е. В. Луценко, Н. С. Головин // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2025. – 206. – С. 118–189.
5. Вопросы VI технологического уклада: инновации: монография / Под общ. ред. проф. М. В. Орешкина. – Луганск: ИП Орехов Д. А., 2025. – 308 с.
6. Вопросы VI технологического уклада: проблемы и решения: монография / Под общ. ред. проф. М. В. Орешкина, доц. В. А. Черкова. – Луганск: ИП Орехов Д. А., 2024. – 407 с.
7. Тоффлер Э. Третья волна / Э. Тоффлер. – М.: АСТ, 1999. – 782 с.
8. Глазьев С. Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития / С. Ю. Глазьев. – М.: ВлаДар, 1993. – 310 с.
9. Шумпетер Й. Теория экономического развития / Й. Шумпетер. – М.: Прогресс, 1982. – 455 с.
10. Кондратьев Н. Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения / Н. Д. Кондратьев. – М.: Экономика, 2002. – 768 с.
11. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера / В. И. Вернадский. – М.: Наука, 1989. – 261 с.
12. Луценко Е. В. Проблемы и перспективы теории и методологии научного познания и автоматизированный системно-когнитивный анализ / Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2017. – 03(127). – С. 1–60.
13. Луценко Е. В. Формирование субъективных (виртуальных) моделей физической и социальной реальности сознанием человека и неоправданное приращение им онтологического статуса

- (гипостазирование) / Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2015. – 09(113). – С. 1–32.
14. Луценко Е. В. Сценарный АСК-анализ как метод разработки базисных функций / Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2020. – 07(161). – С. 76–120.
 15. Луценко Е. В. Метризация измерительных шкал различных типов / Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2013. – 08(092). – С. 859–883.
 16. Делягин М. Что такое «закрывающие технологии» / М. Делягин // Свободная пресса. – URL: <https://news.rambler.ru/scitech/46168002>.
 17. Луценко Е. В. Эффективность объекта управления как его эмерджентное свойство / Е. В. Луценко. – URL: <http://lc.kubagro.ru/>
 18. Луценко Е. В. Применение математического аппарата теории групп для описания датасетов / Е. В. Луценко, А. Э. Сергеев, Н. С. Головин // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2025. – 03(207). – С. 140–161.
 19. Базылев М. В. и др. Вопросы VI технологического уклада: проблемы и решения / М. В. Базылев [и др.]; под общ. ред. проф. М. В. Орешкина, доц. В. А. Черкова. – Луганск: ИП Орехов Д. А., 2024. – 407 с.
 20. Луценко Е. В. Моделирование сложных многофакторных нелинейных объектов управления / Е. В. Луценко, В. Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2013. – 07(091). – С. 164–188.
 21. Соколова С. Н. Гуманитарные аспекты VI технологического уклада // Вопросы VI технологического уклада: инновации. – Луганск, 2025. – Гл. 3.
 22. Орешкин М. В. Общая теория сельскохозяйственных процессов // Вопросы VI технологического уклада: инновации. – Луганск, 2025. – Гл. 7.
 23. Швыров В. В., Капустин Д. А. Водугольное топливо как технология будущего // Вопросы VI технологического уклада: инновации. – Луганск, 2025. – Гл. 10.
 24. Воронюк Д. С. Роль информационных технологий в формировании гражданской культуры молодого поколения РФ // Вопросы VI технологического уклада: инновации. – Луганск, 2025. – Гл. 6.

25. Орешкина М.А. Архетип и методология науки в шестом технологическом укладе // Вопросы VI технологического уклада: инновации. – Луганск, 2025. – Гл. 4.
26. Дедов А.А., Павленко А.Т., Орешкин М.В. Закрывающие технологии как неотъемлемый атрибут VI ТУ // Вопросы VI технологического уклада: инновации. – Луганск, 2025. – Гл. 1.
27. Луценко Е.В. Методологические основы прогнозирования неизведанного / Е.В. Луценко // Вопросы VI технологического уклада: инновации. – Луганск, 2025. – Гл. 2.
28. Noether E. Invariante Variationsprobleme / E. Noether // Nachr. D. König. Gesellsch. D. Wiss. Zu Göttingen, Math-phys. Klasse. – 1918. – S. 235–257.
29. Feynman R.P. The Feynman Lectures on Physics / R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands. – Reading, MA: Addison-Wesley, 1964.
30. Shannon C.E. A Mathematical Theory of Communication / C. E. Shannon // Bell System Technical Journal. – 1948. – Vol. 27. – P. 379–423, 623–656.

ЧАСТЬ III
УИВП В ПРИЛОЖЕНИИ К ОБЩЕЙ ТЕОРИИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ (ОТСП)
(Луценко Е. В., Орешкин М. В., 2025)

Перечень основных обозначений и сокращений

Обозначение	Наименование
$I(S, t)$	системное количество информации (системная информация)
$I_{\text{труд}}$	информация, внесённая живым трудом
T	труд (оператор информационного отображения)
$I_{\text{ср}}$	информация средств производства
$I_{\text{дис}}$	диссипативные информационные потери
$I_{\text{св}}$	свободная информация (субъективный образ)
$V(x, t)$	стоимость товара или экономического объекта
m	прибавочная стоимость
K	капитал как информационный потенциал
c	постоянный капитал (информация средств производства)
v	переменный капитал (информация рабочей силы)
r	норма прибыли
M	масса прибавочной стоимости
m'	норма прибавочной стоимости
\mathcal{L}	лагранжиан экономической системы
\mathcal{H}	гамильтониан экономической системы
$\mathcal{S}[\phi]$	функционал действия
δ	символ вариации
$g_{\mu\nu}$	метрический тензор экономического пространства-времени
$g^{\mu\nu}$	контравариантный метрический тензор
g	детерминант метрического тензора

Обозначение	Наименование
$\Gamma_{\nu\rho}^{\mu}$	символы Кристоффеля
$R_{\mu\nu}$	тензор Риччи
R	скалярная кривизна
$G_{\mu\nu}$	тензор Эйнштейна
$\Phi_{\text{инст}}$	функция неинвариантности (институциональный потенциал)
$T_{\mu\nu}^{\text{ЭК}}$	тензор институционального напряжения
J^{μ}	ток Нётер
ξ	параметр инфляционной нестабильности
$\rho_{\mathcal{I}}$	плотность системной информации
$G_{\mathcal{I}}$	информационная гравитационная постоянная
$\hbar_{\text{ЭК}}$	экономическая квантовая постоянная
Ψ	экономическая волновая функция
$\hat{H}_{\text{ЭК}}$	оператор экономического гамильтониана
x^{μ}	координаты экономического пространства-времени
τ	собственное экономическое время
N	мощность системы (количество исходных базовых элементов)
k	сложность системы (макс. число уровней иерархии)
$\kappa_{\text{ЭМ}}$	коэффициент эмерджентности
\hat{T}	оператор труда
\mathcal{O}	пространство субъективных образов
\mathcal{M}	пространство материальных структур
\square	оператор Даламбера
Δ	оператор Лапласа
∂_{μ}	частная производная по x^{μ}
E	энергия (агроэнергетический контекст)
η	коэффициент агроэнергетической эффективности

Обозначение Наименование

$R_{\text{рад}}$	радиационный баланс земной поверхности
Q	суммарная коротковолновая радиация
$E_{\text{г}}$	энергия гумуса

Сокращения

УИВП	Универсальный информационный вариационный принцип
СЭКТП	Системно-экономическая квантовая теория поля
ЭПВ	Экономическое пространство-время
ОТО	Общая теория относительности
МТФ	Математическая теория поля
ОТСП	Общая теория сельскохозяйственных процессов
АПК	Агропромышленный комплекс
ИИ	Искусственный интеллект
НТП	Научно-технический прогресс
СХ-0.1	Традиционное производство продуктов питания
СХ-0.2	Производство продуктов питания индустриальными методами
ФАР	Фотосинтетически активная радиация
ПДК	Предельно допустимая концентрация
ПДЭН	Предельно допустимая экологическая энергетическая нагрузка

**Введение. Постановка проблемы и актуальность
исследования****Методологический разрыв между традиционными
теориями и современным математическим аппаратом**

Переход мировой цивилизации к шестому технологическому укладу ставит перед фундаментальной наукой задачи, которые не могут быть решены в рамках дисциплинарных подходов, сложившихся в XIX–XX столетиях. Разрыв между содержательными теориями – экономическими,

агрономическими, технологическими – и уровнем их математической формализации становится не просто академической проблемой, но непосредственным тормозом практической оптимизации производственных систем.

Шестой технологический уклад, ядро которого образуют нанотехнологии, биотехнологии, когнитивные технологии и системы искусственного интеллекта, принципиально отличается от предшествующих укладов тем, что его производительные силы непосредственно работают с информацией как субстратом производственного процесса. Нанотехнологии – это управление структурой вещества на уровне, где информация о расположении атомов определяет макроскопические свойства материала. Биотехнологии – это перепись информации в геномах и метаболических сетях. Когнитивные технологии – это прямое взаимодействие с информационными процессами человеческого мозга. Системы искусственного интеллекта – это автономное управление информационными потоками без участия человека.

Между тем теории сельскохозяйственного производства, принятые в качестве академических стандартов, описывают агрономические и экономические процессы в категориях, сложившихся для второго – четвертого технологических укладов: в терминах механической обработки почвы, химических удобрений, нормо-часов рабочей силы и денежных показателей эффективности. Этот разрыв порождает системную неопределённость при попытке теоретически обосновать переход к СХ-0.2 – производству продовольствия индустриальными методами шестого уклада.

Одновременно существует и обратный разрыв: математически развитые теории физического поля, вариационного исчисления и теории информации до сих пор не получили систематического приложения к описанию агропромышленных систем и технологических укладов. Вариационные принципы – наиболее глубокий математический инструмент физики – остаются

практически неизвестными в агрономической и технологической науке.

Универсальный информационный вариационный принцип как метатеоретическое основание

Выходом из описанного двойного разрыва является применение Универсального информационного вариационного принципа (УИВП), разработанного профессором Е.В. Луценко. УИВП представляет собой метатеоретическое основание науки, формулируемое следующим образом:

Реальная траектория развития любой системы – физической, химической, биологической, социально-экономической или когнитивной – соответствует экстремуму интегрального функционала системной информации.

УИВП является строгим обобщением принципа наименьшего действия Гамильтона и принципа стационарного действия Мопертюи на системы произвольной природы. В рамках УИВП из единого принципа последовательно выведены: уравнения классической механики (Эйлера–Лагранжа, Гамильтона), закон всемирного тяготения, уравнения квантовой механики (Шрёдингера, Клейна–Гордона, Дирака), уравнения химической эволюции, законы биологического отбора и технологического прогресса.

На основе УИВП профессором Е.В. Луценко построена Системно-экономическая квантовая теория поля (СЭКТП), рассматривающая глобальную экономику как анизотропное экономическое пространство-время. СЭКТП включает: информационную теорию труда и стоимости; лагранжиан экономической системы; теорему Нётер для экономических систем; тензор институционального напряжения; уравнения инфляционной нестабильности; уравнения типа Эйнштейна для экономического пространства-времени; квантовую экономику с волновой функцией хозяйственных агентов.

С другой стороны, М.В. Орешкиным разработана общая теория сельскохозяйственных процессов (ОТСП), центральным методологическим инструментом которой является агроэнергетический анализ. ОТСП систематизирует закономерности перехода от традиционного земледелия (СХ-0.1) к индустриальному производству продовольствия (СХ-0.2) в условиях шестого технологического уклада.

Настоящая монография осуществляет первую в научной литературе систематическую интеграцию УИВП/СЭКТП и ОТСП. Эта интеграция основывается на следующем центральном тезисе:

Агроэнергетический функционал, являющийся основой ОТСП, есть частный случай интегрального функционала системной информации УИВП при ограничении на класс биоэнергетических систем; следовательно, все уравнения оптимизации агропроизводства выводятся из УИВП как частные случаи уравнений Эйлера–Лагранжа.

Цель, задачи и структура монографии

Цель монографии – построить единую теоретическую систему, объединяющую УИВП, СЭКТП и ОТСП в рамках концепции шестого технологического уклада, и тем самым создать математически строгое основание для анализа и оптимизации агропромышленных систем нового поколения.

Для достижения поставленной цели в монографии решаются следующие задачи.

Во-первых, излагается математический аппарат УИВП и системной теории информации (СТИ) в форме, пригодной для приложений к агропромышленным и технологическим системам.

Во-вторых, строится информационная интерпретация агроэнергетического анализа:

Глубокое обоснование связи агроэнергетики с УИВП.

Агроэнергетический анализ, разработанный М.В. Орешкиным, оперирует потоками энергии через агроценоз: приходной

(солнечная радиация, органические вещества, антропогенный ввод) и расходной (дыхание, диссипация, вынос с урожаем). Традиционно этот анализ носит балансовый характер – он фиксирует потоки, но не объясняет, почему система движется именно к данному балансу, а не к другому.

УИВП переводит балансовый подход в вариационный. Агроценоз – это не просто энергетическая машина, а *информационная система*, и его реальный баланс $E_2 = E_1 - \sum E_k$ достигается в точке экстремума функционала системной информации $\mathcal{S}[J]$. Конкретно: агроценоз выбирает ту конфигурацию энергетических потоков, при которой системная информация $I(S_{\text{аг}})$ – то есть степень внутренней организованности – максимальна при данных внешних ограничениях (почвенные условия, климат, агротехнические возможности).

Что это даёт практически. Балансовый подход позволяет *рассчитать* эффективность существующей системы. Вариационный – *найти* оптимальную систему: такое распределение энергетических потоков, при котором $I(S_{\text{аг}})$ максимальна. Это означает минимум диссипативных потерь $I_{\text{дис}}$, максимум структурированности (коэффициент иерархичности k), максимум разнообразия используемых биологических и технологических элементов N . Таким образом, вариационное обобщение агроэнергетики – не просто другой способ считать то же самое, а принципиально новый *оптимизационный* инструмент.

показывается, что коэффициент агроэнергетической эффективности η есть информационная мера состояния агроценоза.

В-третьих, выводятся вариационные уравнения, описывающие оптимальную траекторию перехода от СХ-0.1 к СХ-0.2 в рамках шестого технологического уклада.

В-четвёртых, строится тензор технологического напряжения как аналог тензора институционального напряжения СЭКТП применительно к агросистемам.

В-пятых, разрабатывается квантовая модель инновационного перехода в агропромышленном комплексе.

В-шестых, выводятся конкретные уравнения для каждого из восьми разделов ОТСП: агроэнергетического анализа, деградации педосферы, классификации разрушения почв, системного подхода к творческим процессам, саморегуляции систем, экологического обоснования техники, синтеза почвозащитных рабочих органов и перехода к СХ-0.2.

В-седьмых, приводятся численные примеры расчётов по всем выведенным формулам.

Структура монографии отражает логику интеграции двух теоретических систем. Первая часть (разделы 2–4) посвящена изложению оснований УИВП и СЭКТП – базового теоретического фундамента, на котором строится всё последующее. Вводная часть и части 1–8, воспроизводя структуру ОТСП М.В. Орешкина с точностью до мельчайших подразделов, обогащают каждый её раздел математическим аппаратом УИВП и его интерпретацией в терминах шестого технологического уклада. Таким образом, монография одновременно является: (а) изложением УИВП/СЭКТП в агрономическом приложении; (б) математически переработанным изданием ОТСП; (в) теорией шестого технологического уклада как информационного феномена.

Все математические выражения выведены в тексте с подробным пояснением каждого шага. Все переменные определены. Каждой формуле дано подробное экономическое (или агропроизводственное) толкование. По каждому разделу приведены численные примеры расчётов.

Общая теория сельскохозяйственных процессов (ОТСП): вводная часть

Предмет и задачи ОТСП в свете УИВП

Начало: сельское хозяйство и сельскохозяйственная наука в целом не имеют единой теории, в отличие от других отраслей знания и материальных производств. Отсюда вытекает актуальность.

Общая теория сельскохозяйственных процессов – это новая научная дисциплина, изучающая взаимодействие и его результаты между: 1) социумом (социосфера) и 2) системой, состоящей из подсистем: агросферы (сельскохозяйственные растения и животные), техносферы, педосферы, ландшафтов, биосферы в целом как надсистемы, с целью получения оптимального количества продукции без разрушения указанных подсистем, без деградации среды обитания человека.

Информационно-вариационная интерпретация ОТСП. В свете УИВП ОТСП изучает задачу: найти такую траекторию $\phi(t)$ в пространстве состояний агросистемы, которая реализует экстремум интегрального функционала системной информации:

$$\delta \mathcal{S}_{\text{ар}}[\phi] = \delta \int_{t_0}^{t_1} \mathcal{L}_{\text{ар}}(\phi, \dot{\phi}, t) dt = 0, \quad (114)$$

при условиях:

- сохранения педосферы: $J_{\text{почва}}(t) \geq J_{\text{почва}}(t_0)$;
- продовольственной безопасности: $Y(\phi) \geq Y_{\text{min}}$ (урожайность не ниже критического порога);
- устойчивости биосферы: $T_{00}^{\text{техн}} \leq T_{\text{max}}$ (технологическое давление на биосферу не превышает допустимого).

Основная задача состоит в оптимизированном сдвиге равновесия в надсистеме биосферы для получения ΔJ – прироста системной информации в виде сельскохозяйственной продукции. В информационно-вариационных терминах это – нахождение стационарной точки функционала (43) с учётом изопериметрических условий.

Объекты ОТСП: СХ-0.1 и СХ-0.2

СХ-0.1 – текущее производство продуктов питания (традиционное земледелие, базирующееся на технологиях III–V технологических укладов). Его информационная характеристика: $J_{СХ-0.1} = J(N_1, k_1)$, где N_1 – число используемых технологических элементов (сортов, агроприёмов, техники), k_1 – уровень технологической иерархии (как правило, $k_1 = 2-3$).

СХ-0.2 – производство продуктов питания индустриальными методами (биотехнологии, вертикальные фермы, культивирование клеточного белка). Его информационная характеристика: $J_{СХ-0.2} = J(N_2, k_2)$, где $N_2 \gg N_1$ (более широкий арсенал технологий шестого уклада), $k_2 > k_1$ (более глубокая технологическая иерархия).

Переход СХ-0.1 → СХ-0.2 является информационным фазовым переходом:

$$\Delta J_{\text{переход}} = J_{СХ-0.2} - J_{СХ-0.1} > 0. \quad (115)$$

Числовой пример. Пусть СХ-0.1 характеризуется $N_1 = 20$, $k_1 = 3$:

$$\begin{aligned} J_{СХ-0.1} &= \log_2 \left(\sum_{j=0}^3 \binom{20}{j} \right) = \log_2(1 + 20 + 190 + 1140) \\ &= \log_2(1351) \approx 10,4 \text{ бит.} \end{aligned}$$

СХ-0.2 с $N_2 = 50$, $k_2 = 5$:

$$\begin{aligned} J_{СХ-0.2} &= \log_2 \left(\binom{50}{0} + \binom{50}{1} + \binom{50}{2} + \binom{50}{3} + \binom{50}{4} + \binom{50}{5} \right) \\ &= \log_2(1 + 50 + 1225 + 19600 + 230300 + 2118760) \\ &\approx 21,1 \text{ бит.} \end{aligned}$$

Информационный скачок при переходе: $\Delta J = 21,1 - 10,4 = 10,7$ бит. Это более чем двукратное увеличение системной информации, что соответствует переходу на принципиально новый технологический уровень.

Смысловые цели и принципы ОТСП в свете УИВП

Сверхцель ОТСП – оптимизация всех процессов для обеспечения устойчивого развития и продовольственной безопасности в условиях шестого технологического уклада. В вариационных терминах: нахождение глобального максимума функционала (43) в пространстве всех допустимых технологических траекторий.

Базис 1: технологии шестого уклада – нанотехнологии (включая нанохимию, нанобиологию, наноэнергетику), биотехнологии, когнитивные технологии, возобновляемая энергетика. В терминах УИВП – это повышение N и k в формуле (3), что ведёт к росту $J_{CX-0.2}$ относительно $J_{CX-0.1}$.

Базис 2: применение ИИ и нейросетей – это реализация оператора \hat{T} (труда как информационного отображения) в автономном, автоматизированном режиме, без ограничений психофизиологии человека.

Базис 3: построение энергетических моделей – в информационном языке это построение функции $\mathcal{L}_{ag}(\phi, \dot{\phi}, t)$ на основе видов моделирования: математического, электрического, компьютерного, логического, экономического, эксергического.

Принципиальная схема производства гумуса в информационном описании. Процесс, изображённый на рис. 0.1 оригинальной монографии М.В. Орешкина, в информационном языке УИВП выражается как:

$$E_1 - E_I - E_{II} - E_{III} = E_2, \quad (116)$$

где $E_1 > E_2$ всегда. В информационных терминах эта же схема записывается как:

$$J_{\text{итог}} = J_{\text{вход}} - \sum_{k=1}^3 \Delta J_k, \quad (117)$$

где ΔJ_k – потери системной информации на k -м трофическом уровне при производстве гумуса (соответствуют энтропийным потерям E_k в исходной схеме Орешкина). Формула (46)

показывает, что гумусообразование есть информационно неизоэнтропийный процесс: системная информация гумуса всегда меньше системной информации исходного органического вещества, что математически объясняет неизбежную деградацию почв при монокультурном земледелии.

Связь формулы Орешкина с УИВП. Уравнение (45) есть частный случай закона сохранения системной информации (формула (36)) при наличии диссипативных потерь: поток системной информации через трофическую пирамиду убывает от уровня к уровню, что описывается диссипативным функционалом в составе информационного лагранжиана.

Часть 1. Основы агроэнергетического анализа (для СХ-0.1)

Предмет и методологическое основание агроэнергоанализа

Интенсивное высокопродуктивное земледелие с каждым годом становится всё более энергоёмким, что вызвано ростом прямых и косвенных энергетических затрат. Однако энергетическая ценность производимой продукции возрастает, как правило, меньшими темпами, чем затраты, а это приводит к снижению их окупаемости.

В условиях интенсивного ведения сельскохозяйственного производства, в частности земледелия, чрезвычайно важно наладить учёт расхода и прихода энергии, потребляемой и производимой в агроценозах, требуется разработка новых энергосберегающих технологий, совершенствование энергоресурсов и энергопотоков.

Информационно-вариационная интерпретация. В свете УИВП агроэнергетический анализ есть специальный случай анализа информационных потоков в агроценозе: энергия в агроценозе является носителем системной информации, и её неэффективное использование есть диссипация системной информации $I_{\text{дис}}$. Принятая в агроэнергоанализе единица энергии (джоуль) связана с единицей информации (бит) через соотношение Ландауэра–Беннетта:

$$E_{\min} = k_B T \ln 2 \approx 2,9 \times 10^{-21} \text{ Дж при } T = 300 \text{ К}, \quad (118)$$

где k_B – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура.

Это фундаментальный нижний предел энергии, необходимой для стирания одного бита информации: тепловые потери в агропроизводстве есть необратимое уничтожение системной информации.

Общие понятия об энергетике биосферы (по М.И. Будыко) и их информационная интерпретация

Солнечная радиация – единственный источник энергии почти для всех природных процессов, развивающихся в атмосфере, и во многом в биосфере в целом.

Поток солнечной радиации на среднем расстоянии от Земли до Солнца приблизительно равен $1000 \text{ ккал/см}^2 \text{ год}$. Поскольку Земля имеет форму, близкую к шарообразной, на единицу поверхности внешней границы атмосферы в среднем поступает $1/4$ от общей величины потока – около $250 \text{ ккал/см}^2 \text{ год}$, причём приблизительно $170 \text{ ккал/см}^2 \text{ год}$ поглощается Землёй как планетой.

Нагретая поверхность Земли становится источником длинноволнового излучения, нагревающего атмосферу. Атмосфера в свою очередь задерживает длинноволновое излучение, уходящее от поверхности Земли.

Радиационный баланс земной поверхности R равен разности поглощённой солнечной радиации и эффективного длинноволнового излучения:

$$R = Q(1 - L) - I_{\text{эфф}}, \quad (119)$$

где: Q – суммарная коротковолновая радиация (сумма прямой и рассеянной радиации), $\text{ккал/см}^2 \text{ год}$; L – альbedo (отражательная способность земной поверхности для суммарной радиации), выраженное в долях единицы; $I_{\text{эфф}}$ – эффективное излучение, то есть разность собственного излучения земной поверхности и поглощаемого на поверхности противоизлучения атмосферы.

Информационная интерпретация формулы (1.1). В УИВП радиационный баланс R Подчеркнём принципиальность этого отождествления. В традиционной агроэкологии радиационный баланс – это физическая величина ($\text{Дж/м}^2/\text{с}$), имеющая смысл потока энергии. В УИВП она приобретает *информационный смысл*: это мера того, насколько система агроценоза «использует»

доступный ресурс для создания организованных структур. Высокий R при низкой $I(S_{ар})$ – система неэффективна, несмотря на обилие солнечной энергии (пустыня). Низкий R при высокой $I(S_{ар})$ – система высокоэффективна (мшистая тундра). Именно информационная эффективность, а не энергетический поток, является целевой характеристикой в УИВП.

есть “входной поток” системной информации для педосферы. Часть этого потока $(1 - L)Q$ фактически поглощается почвой (связывается в биомассе), часть $I_{эфф}$ рассеивается в пространство (информационные потери $I_{дис}$). Таким образом, формула (1.1) есть баланс системной информации для поверхности Земли.

Радиационный баланс системы “Земля – атмосфера”:

$$R_{сист} = S_0(1 - L_{сист}) - F_{\uparrow}, \quad (120)$$

где S_0 – солнечная радиация, приходящая на верхнюю границу атмосферы; $L_{сист}$ – альbedo системы; F_{\uparrow} – длинноволновое излучение с внешней границы атмосферы в мировое пространство (уходящее излучение).

Радиационный баланс атмосферы:

$$R_{атм} = R_{сист} - R. \quad (121)$$

Уравнение энергетического баланса земной поверхности:

$$R = LE + P + A, \quad (122)$$

где: R – радиационный поток тепла; L – скрытая теплота испарения; E – скорость испарения; P – турбулентный поток тепла от подстилающей поверхности к атмосфере; A – поток тепла от подстилающей поверхности к нижележащим слоям.

Уравнение энергетического баланса системы “Земля – атмосфера”:

$$R_{сист} = D_{атм} + D_{гидр} + r, \quad (123)$$

где: $D_{атм}$ – разность прихода и расхода тепла вследствие переноса в атмосфере; $D_{гидр}$ – разность прихода и расхода тепла вследствие переноса в гидросфере; r – остаточная разность величин конденсации и испарения в атмосфере.

Для среднего годовичного периода:

$$R_{\text{сист}} = D_{\text{атм}} + D_{\text{гидр}}. \quad (124)$$

Для суши:

$$R = LE + P. \quad (125)$$

Для всего земного шара:

$$R = LE. \quad (126)$$

Информационно-вариационная связь радиационных балансов с УИВП. Уравнения (1.1)–(1.8) образуют замкнутую систему балансовых соотношений для энергетических потоков в биосфере. В контексте УИВП эта система есть дискретное приближение к уравнениям Эйлера–Лагранжа (13) для информационного поля $J(x, t)$, где роль обобщённых координат ϕ_i играют компоненты радиационного баланса (R, LE, P, A), а роль лагранжиана – функция диссипации энергии в биосфере.

Общие положения агроэнергоанализа

Научной основой агроэнергоанализа является необходимость экономии материальных ресурсов сельскохозяйственного производства в условиях дефицита материально-технического снабжения и недостаточного финансирования.

Методологической основой рассматриваемого анализа является понятие об энергии как общей мере различных форм движения материи. Её единицей служит джоуль. Это единица энергии и количества теплоты в СИ.

Приведём некоторые соотношения энергетических единиц:

- 1 кДж = 0,2389 ккал;
- 1 ккал = 4,186 кДж = 0,004186 МДж;
- 1 кг условного топлива = 7000 ккал.

Предельно допустимая экологическая энергетическая нагрузка (ПДЭН) на один гектар агроценоза составляет 15 000 МДж/га. В информационных терминах это есть предельная плотность системной информации, допустимая для устойчивого

функционирования агроценоза без необратимой деградации почвенного покрова.

Определение агроэнергетических показателей и их информационные аналоги

Коэффициент агроэнергетической эффективности

Коэффициент агроэнергетической эффективности η определяется по формуле:

$$\eta = \frac{E_{ур}}{E_{затр}}, \quad (127)$$

где $E_{ур}$ – энергия, получаемая с урожаем товарной части культуры (МДж/га); $E_{затр}$ – суммарная энергия общих вложений антропогенной энергии на производство данной культуры (МДж/га).

Информационный аналог η . В контексте УИВП коэффициент агроэнергетической эффективности есть информационная мера:

$$\eta = \frac{J_{ур}}{J_{затр}} = \frac{V(P_{ур})}{V(P_{затр})}, \quad (1.9a)$$

то есть отношение стоимости (системной информации) урожая к стоимости (системной информации) производственных затрат. При $\eta > 1$ агроценоз создаёт системную информацию (является информационным “генератором”); при $\eta < 1$ – разрушает её (является информационным “поглотителем”).

Теорема о связи η с коэффициентом эмерджентности. Из определений (1.9a) и (4) следует:

$$\eta = \frac{\kappa_{эм}(N_{ур}, k_{ур})}{\kappa_{эм}(N_{затр}, k_{затр})}, \quad (1.10a)$$

то есть агроэнергетическая эффективность есть отношение коэффициентов эмерджентности урожая и затрат. Более высокий коэффициент эмерджентности урожая (более сложная, иерархически организованная продукция) означает более высокую агроэнергетическую эффективность.

Следствие. Переход к СХ-0.2 шестого уклада (биотехнологические продукты, клеточный белок, нутрицевтики) повышает $\kappa_{эм}(N_{ур}, k_{ур})$, что автоматически повышает η – и это является не эмпирическим фактом, а математически строгим следствием УИВП.

Коэффициент агроэнергоэффективности с учётом энергии нетоварной части продукции:

$$\eta' = \frac{E_{ур} + E_{нетов}}{E_{затр}}, \quad (128)$$

где $E_{нетов}$ – энергия нетоварной части продукции.

Коэффициент агроэнергоэффективности с учётом энергии сохранённой почвы:

$$\eta'' = \frac{E_{ур} + E_{нетов} + E_{почв}}{E_{затр}}, \quad (129)$$

где $E_{почв}$ – энергия сохранённой почвы (прирост энергоёмкости педосферы).

Суммарная энергия вложений по уровням $i = 1, 2, \dots, m$ (уровни схемы энергорасчётов):

$$E_{затр} = \sum_{i=1}^m E_i, \quad (130)$$

где E_i – энергетические вложения i -го типа (механическая обработка, удобрения, пестициды, ГСМ, электроэнергия, живой труд и т.д.).

Числовой пример расчёта η . Пусть при производстве озимой пшеницы по традиционной технологии (СХ-0.1):

- $E_{ур} = 80\,000$ МДж/га (урожай 5 т/га, теплотворная способность 16 МДж/кг);
- $E_{затр} = E_1 + E_2 + \dots = 32\,000$ МДж/га (табл. 1.2).

$$\eta = \frac{80\,000}{32\,000} = 2,5.$$

При переходе к прецизионному земледелию с применением ИИ (СХ-0.2): $E_{ур} = 128\,000$ МДж/га (урожай 8 т/га), $E_{затр} = 25\,600$ МДж/га (снижение затрат на 20% за счёт оптимизации):

$$\eta_{сх-0.2} = \frac{128\,000}{25\,600} = 5,0.$$

Двукратный рост η при переходе к СХ-0.2 соответствует росту коэффициента эмерджентности $\kappa_{эм}$ от 1,75 до 3,5 (см. таблицу 2.1).

Биоэнергетический потенциал почвы

Биоэнергетический потенциал почвы $E_{бп}$:

$$E_{бп} = \frac{E_{сух}}{\sum E_i}, \quad (131)$$

где $E_{сух}$ – масса сухого органического вещества урожая (т/га).

Более полная формула биоэнергетического потенциала:

$$E_{бп}^* = \frac{E_{сух}}{E_{затр} - E_{неутил}}, \quad (132)$$

где $E_{неутил}$ – энергия, не утилизованная в урожае.

Уровни энергонакопления и потери энергии в агроценозе

Описанный процесс производства гумуса (рис. 1.3 оригинальной монографии) выражается уравнением:

$$E_2 = E_1 - E^I - E^{II} - E^{III}, \quad \text{при } E_1 > E_2. \quad (133)$$

В информационных терминах УИВП:

$$J_{гумус} = J_{орган} - \sum_{k=I}^{III} \Delta J_k, \quad (1.17a)$$

где ΔJ_k – потери системной информации при переходе на -й уровень трофической пирамиды (I – первичные консументы, II – вторичные консументы, III – микроорганизмы, актиномицеты, грибы).

Энергоёмкость гумуса:

$$E_r = f(\text{с.к., с.о., а.у.}), \quad (134)$$

где с.к. – способ консервации органики; с.о. – состояние органики; а.у. – аэробные условия.

С коэффициентом аэробности K :

$$E_r = f(K). \quad (135)$$

Расчёт запаса энергии в гумусе:

$$E_r = (a - b) \cdot 2,675 \cdot H \cdot \frac{10}{P}, \quad (136)$$

где: $(a - b)$ – количество 0,1н хромовой кислоты, израсходованной на окисление гумуса, в мм; 2,675 – количество кал/г, соответствующее 1 см³ 0,1н хромовой кислоты; H – слой почвы в мм; P – навеска почвы; 10 – коэффициент перевода в млн ккал/га.

Информационный смысл формулы (1.20). В УИВП E_r есть мера системной информации, накопленной в гумусовом горизонте почвы. Чем выше E_r , тем выше $J_{\text{почва}}$ и тем выше плодородие – ёмкость педосферы как “накопителя и распределителя” системной информации в агроценозе.

Теоретически возможная энергия, накопившаяся в гумусе:

$$E_r^{\text{теор}} = \sum E_{\text{биол}} - E_{\text{ур}} - \sum E_{\text{пот}}, \quad (137)$$

где $\sum E_{\text{биол}}$ – суммарная энергия возделываемых биологических объектов; $E_{\text{ур}}$ – энергия урожая; $\sum E_{\text{пот}}$ – сумма потерь при гумусообразовании.

Энергия, пошедшая на минерализацию:

$$\sum E_{\text{пот}} = \sum E_{\text{биол}} - E_{\text{ур}} - E_r^{\text{факт}}, \quad (138)$$

где $E_r^{\text{факт}}$ – фактическое содержание энергии в гумусе.

Числовой пример по формуле (1.22). По данным лаборатории агрохимии Украинского НИИ защиты почв от эрозии, в семипольном севообороте в совхозе “Ударник” потери энергии на минерализацию составили (табл. 1.1 оригинальной монографии):

По общепринятой технологии: $\sum E_{\text{пот}} = 150\,085$ МДж/га за цикл севооборота.

По почвозащитной технологии: $\sum E_{\text{пот}} = 79\,381$ МДж/га (снижение на 47%).

В информационных терминах УИВП: $\Delta J_{\text{соxp}} = 150\,085 - 79\,381 = 70\,704$ МДж/га $= 70\,704/E_{\text{min}} \approx 2,44 \times 10^{28}$ бит – огромное количество сохранённой системной информации педосферы, приходящееся на один гектар в год.

Часть 2. Предотвращение деградации педосферы как основы СХ-0.1

Почему деградация почв – это информационная катастрофа в строгом смысле. Потеря гумуса, уплотнение, засоление и эрозия почв обычно описываются как химические или физические процессы. В терминах УИВП каждый из них имеет единую информационную природу: это *снижение системной информации педосферы* $I(S_{\text{поч}})$.

Гумус – это не просто органическое вещество, это матрица биологической организованности почвы: миллионы видов микроорганизмов, сложная пространственная структура, тонкий баланс кислотности, влаги и питания. Всё это – N элементов с высоким коэффициентом иерархичности k . При деградации: N уменьшается (исчезают виды), k снижается (разрушается структура). По формуле (3): $I(S_{\text{поч}}) = \log_2 \binom{N}{k} \downarrow$.

Информационный коллапс педосферы *необратим* на временных горизонтах хозяйственного использования. Восстановление $I(S_{\text{поч}})$ требует времени $\tau_{\text{рек}} \sim k_{\text{деград}}^{-1} \cdot \ln(I_0/I_{\text{деград}})$ – при сильной деградации десятилетия. Это строгое математическое обоснование необратимости почвенной деградации, вытекающее из уравнений УИВП, а не из эмпирической экстраполяции.

Почвы – селективный элемент системы

Почва – одна из основных слагаемых частей ландшафта и биосферы. Существование последней невозможно без почвы, так как её самовоспроизводство происходит лишь благодаря почве как одному из звеньев педосферы, осуществляющей круговорот веществ не только в пределах биосферы, но и в общепланетарном масштабе. Почва выполняет роль накопителя, преобразователя, трансформатора и генератора вещества и энергии.

Информационно-вариационная интерпретация. В терминах УИВП педосфера есть наиболее концентрированный “аккумулятор” системной информации биосферы: на единицу

площади гектара плодородной почвы приходится максимальная плотность ρ_j системной информации. Разрушение почвы есть убыль системной информации – необратимое, в масштабе человеческой жизни, уменьшение $J_{\text{почва}}$.

Математически это выражается как:

$$\frac{dJ_{\text{почва}}}{dt} < 0 \quad \text{при деградации,} \quad (139)$$

что является нарушением закона (5) – условия устойчивого развития, постулируемого УИВП.

Почва сформированная – зона наибольшей концентрации организмов и, вместе с тем, энергии, продуктов их метаболизма и их отмирания биосферы. Почва, сформированная жизнью и смертью миллиардов растительных и животных организмов, всевозможными систематическими и космическими и метеорологическими факторами в их взаимодействии с материнской породой, в какой-то момент своего формирования стала в полной мере саморегулирующейся системой и приобрела функции саморазвивающейся системы биосферного уровня.

Теорема о саморазвитии педосферы в рамках УИВП.

Педосфера является системой, удовлетворяющей УИВП: её траектория эволюции соответствует экстремуму функционала системной информации:

$$\delta \int_{t_0}^{t_1} \mathcal{L}_{\text{педосф}}(J_{\text{почва}}, \dot{J}_{\text{почва}}, t) dt = 0. \quad (140)$$

Это означает, что в отсутствие антропогенных воздействий педосфера эволюционирует таким образом, чтобы максимизировать накопленную системную информацию – то есть самопроизвольно повышает своё плодородие. Антропогенное разрушение почв есть принудительное отклонение траектории от оптимальной, предписанной УИВП.

Социум и деградация почв: информационно-вариационный анализ

С появлением человечества как социально организованной силы историческая судьба почвы претерпела значительные изменения. Весь ход почвообразовательного процесса кардинально изменился.

Давление человечества на почву в негативном плане подтверждается следующими данными: в мире в результате эрозии площадь почвы уменьшилась на 20 млн км², что равно 15% всей суши. На сегодня распаханно и используется в мире 1,5 млрд га земель. Разрушено около 430 млн га земель. Ежегодно в мире теряется 5–7 млн га сельхозземель. Эрозией в мире затронуто 800 млн га почв.

Количественная оценка потерь системной информации педосферы. Принимая среднюю плотность системной информации плодородной почвы за ρ_j^0 и используя уравнение (41) (информационное уравнение Пуассона), потери системной информации при эрозии оцениваются как:

$$\Delta J_{\text{эроз}} = \rho_j^0 \cdot V_{\text{эроз}} \cdot \kappa_{\text{эм}}^{\text{почва}}, \quad (141)$$

где $V_{\text{эроз}}$ – объём смытой почвы (м³/га), $\kappa_{\text{эм}}^{\text{почва}}$ – коэффициент эмерджентности педосферного биоценоза.

Числовой пример. По данным, приведённым в ОТСП М.В. Орешкина, смыв почвы в СССР в 1983 году составил 4 млрд т с потерей 90 млн т основных элементов питания. Принимая $\rho_j^0 = 10^6$ бит/т и $\kappa_{\text{эм}}^{\text{почва}} = 2,5$:

$$\Delta J_{\text{эроз}} = 10^6 \times 4 \times 10^9 \times 2,5 = 10^{16} \text{ бит}$$

– огромная необратимая потеря системной информации биосферы в год.

Уравнение информационной динамики деградации почв
Уравнение деградации педосферы. Из УИВП (уравнение (13) при наличии диссипативной силы) следует уравнение динамики системной информации почвы:

$$\frac{d\mathcal{J}_{\text{почва}}}{dt} = F_{\text{нар}}(\mathcal{J}) - D_{\text{антроп}}(t), \quad (142)$$

где:

- $F_{\text{нар}}(\mathcal{J})$ – естественный поток нарастания системной информации педосферы (биологическое самовосстановление);
- $D_{\text{антроп}}(t)$ – антропогенная диссипация системной информации (эрозия, химическое загрязнение, монокультурное земледелие).

Устойчивое состояние почвы (равновесие): $d\mathcal{J}_{\text{почва}}/dt = 0$, то есть $F_{\text{нар}} = D_{\text{антроп}}$.

Деградация: $D_{\text{антроп}} > F_{\text{нар}}$, то есть антропогенная нагрузка превышает скорость самовосстановления.

Восстановление (рекультивация): $D_{\text{антроп}} < F_{\text{нар}}$, что достигается снижением нагрузки (почвозащитные технологии) или повышением скорости самовосстановления (биомелиорация).

Линеаризованное уравнение. При малых отклонениях от равновесия $\mathcal{J}_{\text{почва}} = \mathcal{J}_0 + \delta\mathcal{J}$:

$$\frac{d\delta\mathcal{J}}{dt} = -\gamma\delta\mathcal{J} - D_0, \quad (143)$$

где $\gamma > 0$ – коэффициент “информационного восстановления” педосферы, D_0 – постоянная составляющая антропогенной нагрузки.

Решение уравнения (2.5):

$$\delta\mathcal{J}(t) = \left(\delta\mathcal{J}_0 + \frac{D_0}{\gamma} \right) e^{-\gamma t} - \frac{D_0}{\gamma}. \quad (144)$$

При $t \rightarrow \infty$: $\delta\mathcal{J} \rightarrow -D_0/\gamma < 0$ – хроническое снижение системной информации почвы при постоянной антропогенной нагрузке.

Числовой пример. Пусть $\gamma = 0,1$ лет⁻¹, $D_0 = 5$ бит/га/год. Равновесный дефицит: $\delta\mathcal{J}_\infty = -5/0,1 = -50$ бит/га. При $\delta\mathcal{J}_0 = 0$ (исходно оптимальное состояние): через 10 лет $\delta\mathcal{J}(10) = (0 + 50)e^{-1} - 50 = 50 \times 0,368 - 50 = -31,6$ бит/га. То есть за

10 лет постоянной антропогенной нагрузки почва теряет 31,6% от равновесного дефицита системной информации.

Ограничивающе-селективные функции почвы

Почва не просто отражает направленные на неё воздействия по принципу простого отражения – она реагирует на то или иное воздействие среды избирательно, направляя его в нужное русло. В информационных терминах это – нелинейный оператор:

$$\hat{\Sigma}_{\text{почва}}: \{A, B, C\} \rightarrow \{A', B', C'\}, \quad (145)$$

где $\{A, B, C\}$ – входные воздействия (климатические, агрохимические, биологические), $\{A', B', C'\}$ – трансформированные выходные потоки. Оператор $\hat{\Sigma}_{\text{почва}}$ нелинеен и зависит от состояния почвы $J_{\text{почва}}$.

При деградации почвы ($J_{\text{почва}} \rightarrow 0$) оператор $\hat{\Sigma}$ вырождается в тривиальное тождественное отображение: почва перестаёт “трансформировать” воздействия, теряет своей регуляторные функции. Это – критерий необратимой деградации с точки зрения УИВП.

Условие устойчивости педосферы в рамках УИВП

Теорема 2. (Условие устойчивости педосферы). Педосфера устойчива тогда и только тогда, когда информационный лагранжиан $\mathcal{L}_{\text{педосф}}$ является положительно определённым квадратичным функционалом:

$$\mathcal{L}_{\text{педосф}} = \frac{1}{2}A(J_{\text{почва}})^2 - \frac{1}{2}B(J_{\text{почва}} - J_0)^2 > 0, \quad (146)$$

где $A, B > 0$ – коэффициенты, характеризующие скорость реакции почвы и жёсткость её “информационного потенциала”; J_0 – равновесное значение.

Нарушение условия $B > 0$ (отрицательная “жёсткость”) соответствует неустойчивости педосферы – ситуации необратимой деградации, когда малые возмущения нарастают экспоненциально.

Комплекс мер по предотвращению деградации педосферы

В рамках УИВП задача предотвращения деградации педосферы формулируется как задача удержания системы на траектории, реализующей экстремум функционала (2.2) при наличии антропогенных возмущений. Это достигается следующими группами мер.

1. Снижение диссипации системной информации ($D_{\text{антроп}} \downarrow$):

- почвозащитные технологии обработки (безотвальная вспашка, минимальная обработка);
- снижение применения агрессивных химикатов;
- структурирование ландшафтов (лесополосы, водозадерживающие валы).

2. Повышение скорости самовосстановления ($F_{\text{нар}} \uparrow$):

- биологизированные системы земледелия;
- внесение органических удобрений (рост $J_{\text{орган}}$ в почве);
- восстановление биологического разнообразия агроценоза (рост k , $k_{\text{эм}}$).

3. Применение технологий шестого уклада (переход к СХ-0.2):

- нанотехнологии (нанобиокомпозиты для структурирования почв);
- биотехнологии (специализированные микробные сообщества);
- прецизионное земледелие на основе ИИ (оптимизация нагрузки по УИВП).

Информационно-вариационное обоснование. Применение технологий шестого уклада повышает N и k в формуле (3) для агроценоза, что увеличивает $J_{\text{агроценоз}}$ и тем самым повышает ёмкость “информационного буфера” педосферы – её способность противостоять деградации.

Часть 3. Подходы к исторической классификации разрушения почв

Периоды почворазрушения: информационно- вариационная концепция

Миллионы лет существуют эродированные факторы, компенсировавшиеся в биосфере, но только человечество своей деятельностью позволило им проявиться в чистом виде, приобрести характер абсолютного. Более того, деятельность человека породила то, что называется антропогенной эрозией: военную эрозию, тотальное загрязнение почв всевозможными отходами, засоление почв, обезвоживание почв, поднятие грунтовых вод.

В контексте УИВП история взаимодействия человечества и педосферы представляет собой историю изменения знака производной $dJ_{\text{почва}}/dt$: от положительного (рост системной информации почвы в доантропогенный период) через нулевое (равновесное состояние первобытного земледелия) к отрицательному (деградация в индустриальную эпоху).

Рассматривая разрушение почв в историческом плане, можно выделить два периода взаимодействия человека и почвы.

Период первый: нарастание антропогенной деградации

Первый период подразделяется на четыре основных этапа.

Этап первый: бессознательное разрушение почв

Этап бессознательного разрушения почв охватывает период от возникновения человека до конца палеолита. Человек ещё не выделил себя из царства природы (биосферы). Его воздействие на природу и конкретно на почву соизмеримо с факторами, вызывающими естественную эрозию почв.

Математическая характеристика в рамках УИВП. В течение первого этапа система “социум – педосфера” находилась в состоянии близком к равновесию:

$$\frac{dJ_{\text{почва}}}{dt} \approx 0, \quad D_{\text{антроп}}(t) \approx F_{\text{нар}}(J). \quad (147)$$

Наблюдается равновесие: абсолютное значение эрозии не превышало установившегося уровня и равнялось уровню естественной эрозии $E_{\min,1}$.

Этап второй: неосознанное разрушение почв

Этап неосознанного разрушения почв охватывает период от позднего палеолита (15–20 тыс. лет назад) до XVIII века. Человек в ходе своего развития выделился из природы. Производство стало систематической целенаправленной деятельностью. Воздействие человека на почву превосходит уже по силе факторы, вызывающие естественную эрозию почв.

Математическая характеристика. На втором этапе:

$$\frac{dJ_{\text{почва}}}{dt} < 0, \quad D_{\text{антроп}}(t) > F_{\text{нар}}(J), \quad (148)$$

причём $D_{\text{антроп}}$ возрастает ускоренно с ростом населения и развитием орудий труда. Первый экологический кризис, вызванный человеком 15–20 тыс. лет назад, соответствует пересечению кривой $D_{\text{антроп}}(t)$ с кривой $F_{\text{нар}}(J)$ – первому превышению антропогенной нагрузки над скоростью самовосстановления педосферы.

Этап третий: осознаваемое разрушение

Этап осознаваемого разрушения охватывает период от середины XVIII века до наших дней. Человек не только выделил, но и противопоставил себя природе. Доктрина природопользования в третьем этапе сформулирована чётко и направлена на покорение природы.

Математическая характеристика. На третьем этапе информационная диссипация педосферы резко ускоряется:

$$\frac{dJ_{\text{почва}}}{dt} = -D_0 e^{\alpha t}, \quad \alpha > 0, \quad (149)$$

где α – темп ускорения деградации (коррелирует с темпом индустриализации).

Решение уравнения (3.3):

$$J_{\text{почва}}(t) = J_0 - \frac{D_0}{\alpha} (e^{\alpha t} - 1). \quad (150)$$

Числовой пример. При $J_0 = 100$ бит/га, $D_0 = 0,5$ бит/(га·год), $\alpha = 0,05$ лет⁻¹ (темп индустриализации XIX–XX вв.), через 150 лет (1780–1930 гг.):

$$J_{\text{почва}}(150) = 100 - \frac{0,5}{0,05} (e^{7,5} - 1) = 100 - 10 \times 1807 \\ \approx -17\,970 \text{ бит/га.}$$

Отрицательное значение указывает на полную деградацию к концу третьего этапа (при данных параметрах), что соответствует эмпирическим данным о катастрофической эрозии в XX веке. Реальная система этому не следует буквально, так как $F_{\text{нар}}$ нелинейно ограничивает падение, однако качественно тенденция верна.

Этап четвёртый: восстановление, приспособление и гибкая экологическая политика

Четвёртый этап – этап восстановления, приспособления и гибкой экологической политики. Человек, осознав, что он является нераздельной частью биосферы и что с её гибелью неизбежна гибель его вида, начинает приспособлять своё производство к биосфере, познав некоторые её закономерности.

Математическая характеристика. На четвёртом этапе предпринимаются усилия по снижению $D_{\text{антроп}}$ и повышению $F_{\text{нар}}$. В оптимистическом сценарии достигается:

$$\frac{dJ_{\text{почва}}}{dt} = F_{\text{нар}}(J) - D_{\text{антроп}}^{\text{ред}} \geq 0, \quad (151)$$

где $D_{\text{антроп}}^{\text{ред}}$ – редуцированная антропогенная нагрузка (после внедрения почвозащитных технологий).

Однако параллельно с четвёртым позитивным по своей сути этапом существует и его антипод – осознанное или даже преднамеренное разрушение биосферы и уничтожение почв. В терминах УИВП это – намеренное нарушение условия $\delta S = 0$, то

есть принудительный вывод системы с оптимальной траектории, обусловленный внеэкономическими мотивами.

Период второй: ноосферный этап взаимодействия

В ближайшем будущем должен получить распространение уже зарождающийся второй период взаимодействия человека и биосферы, человека и почвы. Его суть сводится к следующему.

Человек более полно познал закономерности развития биосферы и пути построения ноосферы. Происходит полная экологизация знания, науки и производства. Человечество более не вызывает своей деятельностью отрицательных последствий. Почва им не разрушается. Имевшие место нарушения устранены. Человеческая деятельность направлена в унисон деятельности геологических сил по В.И. Вернадскому.

Вариационный критерий ноосферного перехода. В терминах УИВП ноосферный переход – это переход от состояния $\delta S_{ар} < 0$ (деградация) к состоянию $\delta S_{ар} = 0$ (оптимальное управление биосферой), при котором траектория развития агроцивилизации совпадает с траекторией, реализующей максимум интегрального функционала системной информации биосферы:

$$\max_{\phi(t)} S_{биосф}[\phi] = \int_{t_0}^T \mathcal{L}_{биосф}(\phi, \dot{\phi}, t) dt, \quad (152)$$

при ограничениях: $J_{почва}(t) \geq J_{почва}(t_0)$, $E_{антроп}(t) \leq \text{ПДЭН} = 15\,000 \text{ МДж/га}$.

Связь с шестым технологическим укладом. Именно технологии шестого уклада (нанобиотехнологии восстановления почв, прецизионное земледелие на основе ИИ, биотехнологические методы повышения плодородия) создают технические предпосылки для перехода к ноосферному периоду. В УИВП-терминах это – инструменты повышения $F_{нар}(J)$ при одновременном снижении $D_{антроп}$, что обеспечивает $dJ_{почва}/dt > 0$.

Плодородие почвы и его информационно-вариационная интерпретация

Плодородие – это производное целого ряда переменных функций или факторов, которое можно записать как интегральный функционал:

$$S_{\text{плод}} = \int_{\Omega_{\text{почва}}} \rho_f(x) d^3x = J_{\text{почва}}, \quad (153)$$

то есть плодородие почвы в информационном смысле тождественно системной информации педосферы. Компоненты плодородия (питательные вещества, водный режим, тепловой режим, воздух, рН, мощность почвы, плотность, отсутствие токсичных веществ) суть компоненты вектора ϕ в пространстве состояний агроценоза. Уравнения Эйлера–Лагранжа (13) для этих компонент описывают оптимальное управление плодородием.

Числовой пример. Пусть плодородие $S_{\text{плод}}$ описывается тремя главными компонентами: ϕ_1 – содержание гумуса (%), ϕ_2 – рН почвы, ϕ_3 – объёмная масса (г/см³). Оптимальные значения для чернозёма: $\phi_1^* = 5,5\%$, $\phi_2^* = 6,5$, $\phi_3^* = 1,10$ г/см³. Отклонение от оптимума ($\delta\phi_i = \phi_i - \phi_i^*$) задаёт квадратичный функционал потерь плодородия:

$$\Delta S_{\text{плод}} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 k_i (\delta\phi_i)^2, \quad (154)$$

где k_i – коэффициенты важности каждого фактора (определяются регрессионным анализом по данным урожайности). При известных $k_1 = 12$, $k_2 = 8$, $k_3 = 5$ и отклонениях $\delta\phi_1 = -1,5\%$, $\delta\phi_2 = -0,8$, $\delta\phi_3 = +0,15$:

$$\begin{aligned} \Delta S_{\text{плод}} &= \frac{1}{2} [12 \times 2,25 + 8 \times 0,64 + 5 \times 0,0225] \\ &= \frac{1}{2} [27 + 5,12 + 0,11] = 16,1. \end{aligned}$$

Потеря плодородия 16,1 единиц соответствует снижению урожайности приблизительно на 16% (при k_i откалиброванных на урожайность).

Часть 4. Системный подход к решению проблем развития в условиях 6-го технологического уклада, или теория творческих процессов

Роль научно-технического прогресса и изобретательства

Мы должны изначально понимать то, что только системный подход может дать нам выход из сложившейся ситуации, что связано с созданием новых технических и биотехнических систем. Поэтому определимся с ролью научно-технического прогресса в решаемых нами задачах.

Научно-технический прогресс – явление, затронувшее всю планету. В его основе лежит изобретательство. Именно оно определяет лицо НТП.

Информационно-вариационная интерпретация изобретения.

В терминах УИВП изобретение есть акт создания новой системной информации: переход системы $S_{\text{техн}}$ из состояния с системной информацией J_1 в состояние с $J_2 > J_1$. Изобретение – это скачкообразное приращение $\Delta J = J_2 - J_1 > 0$ в технической системе.

Принципиальное различие между малым усовершенствованием и крупным изобретением состоит в величине этого прироста. Малое усовершенствование: $\Delta J_{\text{мал}} \ll J_1$. Изобретение уровня технологического уклада: $\Delta J_{\text{инв}} \gtrsim J_1$ (системная информация нового технического принципа сопоставима с системной информацией всей предшествующей технологии).

Именно такие изобретения лежат в основе технологических укладов: паровая машина, электродвигатель, транзистор, микропроцессор. Изобретения шестого уклада: нанотрубки (новый класс материалов с $\kappa_{\text{эм}} \gg 1$), редактирование генома CRISPR/Cas9 (информационный контроль биологических систем на уровне $J_{\text{геном}}$), квантовые компьютеры (принципиально новая вычислительная база с экспоненциально большим N в формуле (3)).

Закон повышения качества базиса и шестой технологический уклад

Закон повышения качества базиса (Луценко, 1979). Развитие любой системы происходит путём разрешения противоречий между системой и средой на низшем качественном уровне системы, в котором они ещё не разрешены (базисный уровень).

Применительно к технологическим укладам этот закон означает следующее. Каждый технологический уклад исчерпывается тогда, когда противоречия на его базисном уровне полностью разрешены передачей функций средствам труда. Переход к следующему укладу – это разрешение противоречий на новом, более глубоком уровне.

Перечень базисных уровней технологических укладов:

- I–II уклад: механические функции (сила, движение);
- III–IV уклад: электрические и химические функции (энергия, вещество);
- V уклад: информационные функции (хранение, обработка, передача данных);
- VI уклад: когнитивные и биологические функции (понимание, синтез, биологическое управление).

Математический вывод закона повышения качества базиса из УИВП.

Пусть система имеет L уровней иерархии. Системная информация -уровневой системы:

$$J(N, L) = \log_2 \left(\sum_{j=0}^L \binom{N}{j} \right). \quad (155)$$

При разрешении противоречий на n -м уровне система переходит к $(L + 1)$ -му базисному уровню. Прирост системной информации:

$$\begin{aligned} \Delta J_{L \rightarrow L+1} &= \log_2 \left(\frac{\sum_{j=0}^{L+1} \binom{N}{j}}{\sum_{j=0}^L \binom{N}{j}} \right) \\ &= \log_2 \left(1 + \frac{\binom{N}{L+1}}{\sum_{j=0}^L \binom{N}{j}} \right). \end{aligned} \quad (156)$$

При больших N и умеренных L : $\binom{N}{L+1} \gg \sum_{j=0}^L \binom{N}{j}$, поэтому $\Delta J_{L \rightarrow L+1} \approx \log_2 \binom{N}{L+1}$ – прирост системной информации при переходе к следующему технологическому укладу пропорционален логарифму биномиального коэффициента, что объясняет ускоряющийся (суперлинейный) рост технологического прогресса.

Числовой пример. Для $N = 100$ (оценка числа базовых технологических элементов пятого уклада):

Прирост при $L = 4 \rightarrow 5$ (переход к V укладу, информатизация):

$$\Delta J_{4 \rightarrow 5} = \log_2 \binom{100}{5} = \log_2(75\,287\,520) \approx 26,2 \text{ бит.}$$

Прирост при $L = 5 \rightarrow 6$ (переход к VI укладу, когнитивные технологии): $\Delta J_{5 \rightarrow 6} = \log_2 \binom{100}{6} = \log_2(1\,192\,052\,400) \approx 30,1$ бит.

Ускорение роста системной информации при каждом следующем переходе: $30,1 > 26,2$, что соответствует закону (5): $d^2 J / dt^2 > 0$.

Принципиальная схема творческого процесса в УИВП-интерпретации

Творческий процесс – создание нового – есть процесс порождения новой системной информации. В информационно-вариационном описании:

Шаг 1 (Акт интуиции и желания). Формирование целевого образа $\psi_0 \in \mathcal{O}$ (свободная информация $I_{\text{св}}$). Математически: $\psi_0 = \operatorname{argmax}_{\psi \in \mathcal{O}} J(\psi)$ в пространстве субъективных образов.

Шаг 2 (Акт знания и рассуждения). Выработка схемы – нахождение траектории $\phi^*(t)$ в пространстве технических решений, реализующей экстремум функционала:

$$\phi^*(t) = \arg \delta \mathcal{S}_{\text{техн}}[\phi] = 0. \quad (157)$$

Шаг 3 (Акт умения). Конструктивное выполнение – реализация отображения $\hat{T}: \mathcal{O} \rightarrow \mathcal{M}$, то есть воплощение образа в материальный объект. По формуле (17): $m_1 = \hat{T}(\psi_0)$.

Схема замещения вакантного узла и её информационно-вариационная формализация

Существует надсистема (Q) – техника и технологии. В определённой зоне этой надсистемы возникает противоречие, или иными словами – вакантный узел (V).

Определение вакантного узла в УИВП. Вакантный узел V есть область пространства состояний надсистемы, в которой:

$$\frac{\partial^2 \mathcal{L}_{\text{надс}}}{\partial \phi_V^2} < 0, \quad (158)$$

то есть информационный лагранжиан надсистемы имеет отрицательную кривизну по координатам вакантного узла. Это означает неустойчивость – “провал” в ландшафте системной информации, который “притягивает” систему к деградации до тех пор, пока вакансия не заполнена.

Замещение вакантного узла есть введение подсистемы S_V , переключающей знак кривизны:

$$\frac{\partial^2 [\mathcal{L}_{\text{надс}} + \mathcal{L}_{S_V}]}{\partial \phi_V^2} > 0. \quad (159)$$

После замещения вакантного узла надсистема становится устойчивой по этой координате.

Три случая замещения в УИВП-формализме.

Случай 1 (Создание новой системы под вакансию). Решается задача: $\hat{T}_{\text{нов}}$ из \mathcal{O} в \mathcal{M} такова, что \mathcal{L}_{S_V} удовлетворяет (4.5). Адаптация надсистемы минимальна ($\delta \mathcal{L}_{\text{надс}} \rightarrow 0$), адаптация новой системы максимальна ($\delta \mathcal{L}_{S_V} = \max$).

Случай 2 (Выбор из существующих систем). $S_V = S^*: S^* = \operatorname{argmax}_{S \in \mathcal{S}} J(S)$ среди систем множества \mathcal{S} , соответствующих функциональным требованиям вакантного узла. Задача – нахождение аргмакса по базе данных существующих технических решений.

Случай 3 (Взаимная адаптация). Совместная вариационная задача:

$$\delta \left[\mathcal{S}_{\text{надс}}[\phi_{\text{надс}}] + \mathcal{S}_{S_V}[\phi_{S_V}] + \mathcal{S}_{\text{взаим}}[\phi_{\text{надс}}, \phi_{S_V}] \right] = 0. \quad (160)$$

Этот случай наиболее общий и наиболее распространённый на практике.

Применение теории творческих процессов к шестому технологическому укладу в АПК

Применительно к АПК в условиях шестого технологического уклада надсистема (Q) имеет два противоречия, образующих два вакантных узла.

Вакантный узел 1 (В1): противоречие между потребностью в производстве продовольствия (задача 1) и сохранением педосферы (задача 2). Это противоречие – вековая проблема земледелия, не решаемая в рамках IV–V технологических укладов.

Решение В1 в рамках шестого уклада. Замещающая система: прецизионное земледелие с управлением на основе ИИ. УИВП-характеристика: $\mathcal{L}_{S_{B1}}$ включает члены, одновременно максимизирующие $\dot{J}_{\text{урожай}}$ и предотвращающие убывание $J_{\text{почва}}$. Вариационная задача (4.6) для двух координат (ϕ_1 – урожайность, ϕ_2 – системная информация педосферы) имеет нетривиальное решение именно при применении технологий шестого уклада (ИИ обеспечивает нелинейную оптимизацию, недостижимую при традиционном управлении).

Вакантный узел 2 (В2): противоречие между нарастающим мировым дефицитом белка и ограниченными возможностями традиционного растениеводства и животноводства.

Решение В2 в рамках шестого уклада. Замещающая система: биотехнологическое производство белка (СХ-0.2). Это – случай 1 замещения: новая система создаётся специально под вакансию. УИВП-характеристика: $J_{СХ-0.2} \gg J_{СХ-0.1}$ (как показано в расчёте раздела 5.2), что обеспечивает снятие противоречия на принципиально более высоком информационном уровне.

Числовой пример. Дефицит белка в России: $D_{\text{белок}} = 1$ млн т/год. При стоимости белка $C_{\text{белок}} = 3\,000$ у.е./т: Потенциальный рынок: $R = 1\,000\,000 \times 3\,000 = 3 \times 10^9$ у.е./год. Системная информация рынка (как экономической системы): $J_{\text{рынок}} = \log_2(R/C_{\text{min}}) = \log_2(3 \times 10^9) \approx 31,5$ бит. Реализация этого потенциала через технологии шестого уклада (производство белка из микроводорослей, культивируемых на отходах ТЭС/АЭС) является следствием закона повышения качества базиса: разрешение противоречия В2 на уровне шестого технологического уклада открывает ресурс системной информации порядка 31,5 бит на весь российский рынок, а в мировом масштабе ($D_{\text{мир}} = 25$ млн т): $J_{\text{мир}} = \log_2(75 \times 10^9) \approx 36,1$ бит.

Часть 5. Подходы к решению задач саморегуляции систем при конструировании сельскохозяйственных механизмов.

Вопросы моделирования

Взаимодействие двух систем и принцип максимума информации

При взаимодействии двух систем непременно происходит обмен информационными потоками. Общесистемный постулат максимума информации:

$$I(X; Y) = H(X) - H(X|Y) = H(Y) - H(Y|X) = \max_{X, Y} \quad (161)$$

где: $I(X; Y)$ – взаимная информация между параметрами X ячейки S_1 и реакциями ячейки S_2 ; $H(Y)$ – количество всех возможных реакций-откликов ячейки S_2 на стимулы S_1 ; $H(Y|X)$ – количество неточных (неадекватных) откликов ячейки S_2 на стимулы ячейки S_1 ; $H(X)$ – количество всех реакций-откликов ячейки S_1 ; $H(X|Y)$ – количество неточных реакций ячейки S_1 на стимулы ячейки S_2 .

Связь с УИВП. Постулат максимума информации (5.1) есть частный случай УИВП при ограничении задачи на двухсистемное взаимодействие: функционал (9) принимает вид $\mathcal{S} = \int I(X(t); Y(t)) dt$, и его максимизация по траекториям $X(t)$, $Y(t)$ при ресурсных ограничениях даёт уравнения оптимального взаимодействия.

Соответственно максимум информационных потоков наступает при максимуме энтропии $H(X)$ или $H(Y)$ для систем S_1 и S_2 . С понятием энтропии связан экстремальный принцип, позволяющий находить устойчивое равновесное состояние для широкого класса систем.

При этом достигаемый максимум является условным. Это условие – ограничение “на ресурсы” $U(x)$, $U(y)$. Принцип максимума энтропии для системы S_1 :

$$H(X) = K_1 \cdot U(x) = \max, \quad (162)$$

где K_1 – множитель Лагранжа, характеризующий дефицит ресурсов.

Экономический смысл множителя Лагранжа. Параметр K_1 в формуле (5.2) – это “теневая цена” ресурса $U(x)$: он показывает, насколько возрастает максимальная энтропия системы при единичном увеличении ресурса. В задаче оптимального управления агроценозом $U(x)$ – это суммарные энергетические вложения (МДж/га), а K_1 – агроэнергетическая эффективность в информационном измерении, то есть прирост системной информации на единицу энергетических затрат.

Числовой пример. Пусть $H(X) = 8$ бит, $U(x) = 32\,000$ МДж/га. Тогда $K_1 = H(X)/U(x) = 8/32\,000 = 2,5 \times 10^{-4}$ бит/(МДж/га). При снижении затрат до $U(x)' = 25\,600$ МДж/га (при тех же K_1): $H(X)' = K_1 \cdot U(x)' = 2,5 \times 10^{-4} \times 25\,600 = 6,4$ бит. Снижение информационного “потенциала” системы на 20% – что соответствует снижению биологического разнообразия при недостаточном финансировании технологий.

Уравнение теплопроводности почвы и его информационная интерпретация

Описание теплообмена в почве производится по уравнению теплопроводности:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda(x, t) \frac{\partial T}{\partial x} \right] + f_{\text{uc}} = C(x, t) \frac{\partial T}{\partial t}, \quad 0 \leq x \leq h, \quad (163)$$

где: T – температура почвы (К); f_{uc} – внутрипочвенный источник тепла (Вт/м³); h – нижняя граница почвенного массива; $\lambda(x, t)$ – коэффициент теплопроводности (Вт/(м·К)); $C(x, t)$ – объёмная теплоёмкость (Дж/(м³·К)).

Связь с УИВП. Уравнение (5.3) есть уравнение Эйлера–Лагранжа (13) для системы с лагранжианом:

$$\mathcal{L}_{\text{тепл}} = \frac{1}{2} \lambda \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 - \frac{1}{2} C \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)^2 - f_{\text{uc}} T. \quad (5.3a)$$

Вариация функционала $\mathcal{S} = \int \mathcal{L}_{\text{тепл}} dx dt$ по $T(x, t)$ приводит к уравнению (5.3). Таким образом, закон теплопроводности почвы является частным случаем УИВП в применении к тепловому полю.

Описание влагопереноса в почве на основе модели изотермического диффузного уравнения влагопереноса в ненасыщенной среде:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial g}{\partial x}, \quad (164)$$

где W – объёмная влажность почвы, g – поток влаги ($\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$).

Принцип максимума информационных потоков в системе “растение – почва”

Основными переменными характеристиками в задачах тепловлагопереноса являются температура почвы, объёмная влажность и поток влаги. Допустимо полагать, что эти характеристики имеют наибольший вес в ресурсах $U(X)$ системы S_1 и определяют энтропию $H(X)$.

Для характеристики динамики информационного обмена в системе “растение – почва” приемлемо ограничиться этими переменными:

$$I = f(T, g, W). \quad (165)$$

В равновесном состоянии вследствие наличия соединительных каналов между растениями:

$$U(X) = U(Y) = U(Z). \quad (166)$$

В случае неблагоприятного воздействия:

$$U(X) < U(Y), \quad U(X) < U(Z). \quad (167)$$

Тогда по соединительным каналам от растений 2 и 3 к растению 1 происходит транспортировка ресурсов до достижения нового равновесного состояния.

Системная интерпретация и связь с УИВП. Условие (5.6) – это условие равновесия для функционала $\mathcal{S}_{\text{ар}}$: равновесные состояния системы “растение – почва” соответствуют точкам $\delta \mathcal{S}_{\text{ар}} = 0$, а условие (5.7) описывает отклонение от равновесия под действием

возмущения. Процесс перераспределения ресурсов через каналы – это движение системы к новому равновесию, то есть к новой точке $\delta S_{ar} = 0$.

Функционально-стоимостной анализ при конструировании орудий

Суть функционально-стоимостного анализа (ФСА) – ранжирование функций средств производства с оценкой затрат на осуществление этих функций.

ФСА в терминах УИВП. ФСА есть применение вариационного принципа к задаче конструирования технических систем: из всех возможных конструкций $\phi \in \Phi$ выбирается та, которая реализует максимум отношения функциональности (системной информации производимого продукта) к затратам:

$$\phi^* = \operatorname{argmax}_{\phi \in \Phi} \frac{J_{\text{функц}}(\phi)}{C_{\text{затр}}(\phi)}, \quad (168)$$

где $J_{\text{функц}}(\phi)$ – системная информация функций, выполняемых конструкцией ϕ ; $C_{\text{затр}}(\phi)$ – затраты на реализацию конструкции.

Для обеспечения предлагаемой системы саморегуляции функционирования растений необходимо: (А) предложить схему орудия, обеспечивающего создание каналов между растениями в почве; (Б) минимизировать затраты на обеспечение тягового усилия для этого орудия.

Фрактальные алгоритмы и гетерогенные биологические информационные сети

Эмпирические исследования биологических сетей позволяют сделать вывод, что реальные сети имеют гетерогенный характер. Некоторые узлы притягивают наибольшее число связей и объединяют все узлы в устойчивые структуры. Построение схем обработки почвы на основе алгоритмов геометрических фракталов позволяет создавать гетерогенные биологические сети.

Фрактальная размерность и системная информация. Фрактал Хаусдорфовой размерности d_H обладает системной информацией:

$$J_{\text{фракт}}(r) = d_H \cdot \log_2 \left(\frac{r_0}{r} \right), \quad (169)$$

где r – масштаб наблюдения, r_0 – базовый масштаб.

Для кривой Коха: $d_H = \log 4 / \log 3 \approx 1,26$. Это означает, что при уменьшении масштаба в 3 раза системная информация разветвлённой схемы каналов возрастает в 4 раза – свойство, позволяющее создавать системы перераспределения ресурсов с максимальной информационной ёмкостью при минимальных затратах на создание каналов.

Числовой пример. Кривая Коха нулевого поколения имеет 1 сегмент, первого – 4, второго – 16, n -го – 4^n сегментов. Суммарная длина сегментов n -го поколения: $L_n = (4/3)^n \cdot L_0$. При $n = 5$: $L_5 = (4/3)^5 \approx 4,2L_0$. Системная информация схемы каналов в почве (при фиксированном расходе материала):

$$J_{\text{кан}}(n) = n \cdot \log_2 4 = 2n \text{ бит.}$$

При $n = 5$: $J_{\text{кан}} = 10$ бит – в 10 раз больше, чем у простой (нефрактальной) сети каналов ($J_{\text{прост}} = \log_2 4 = 2$ бит).

Часть 6. Подходы к системному экологическому обоснованию создания новой техники и элементов технологических систем в современном земледелии и растениеводстве

Кризисное состояние земледелия и растениеводства

Кризисное состояние в земледелии и растениеводстве отмечается сегодня рядом авторов. Этому способствует не только применение старых, изживших себя технологий и техники, но и то, что известные и повсеместно используемые орудия, их комплексы и технологии по сути подошли к пределу своего совершенства и стали ограничивающим фактором развития данной отрасли хозяйствования.

УИВП-характеристика кризиса. Кризис земледелия описывается следующим образом: $dJ_{\text{аг}}/dt \rightarrow 0$ при $t \rightarrow t_{\text{пред}}$. Технологии IV–V укладов “исчерпали” свой информационный потенциал: $J_{\text{IV-V}} \rightarrow J_{\text{max}}^{\text{IV-V}}$. Дальнейший рост возможен только при переходе к шестому уровню иерархии ($k \rightarrow 6$), то есть к технологиям шестого уклада.

При получении продукции растениеводства обрабатывая почву, создавая агроценозы и ухаживая за ними мы добиваемся следующего.

А. Урожай сельскохозяйственных растений мы получаем лишь потому, что смещаем равновесие в агроценозе в сторону плодоношения. Смещение же равновесия – это есть перераспределение информации и энергии, приносящее дополнительный выход вещества.

В информационных терминах: $\Delta J_{\text{продукция}} = J_{\text{агроценоз}} - J_{\text{биоценоз}^{\text{нат}}} > 0$.

Б. Обработки почвы способствуют увеличению плодоношения, поскольку изменяются почвенные условия и регулируются энергетические потоки внутри почвы и в агроценозе в целом. Энергопотоки обслуживают растения; обработки несут энергоинформационную функцию.

Энергоинформационная функция обработки. В формулах УИВП обработка почвы есть воздействие на вектор ϕ (координаты состояния агроценоза), приближающее его к точке оптимума ϕ^* :

$$\phi(t + \Delta t) = \phi(t) + \alpha \cdot \nabla_{\phi} \mathcal{S}_{\text{ар}} |_{\phi(t)}, \quad (170)$$

где α – “шаг” агрономического воздействия, $\nabla_{\phi} \mathcal{S}_{\text{ар}}$ – градиент функционала системной информации.

В. Однако, обработки почвы могут её же и разрушить. Почву уплотняют ходовые устройства энергетических средств и сельскохозяйственных машин. Происходит распыление почв. Это описывается как отрицательный вклад в уравнение (6.1): при чрезмерном воздействии $|\alpha|$ становится слишком большим, и система “перескакивает” через оптимум, ухудшая состояние педосферы.

Оптимальная интенсивность агровоздействия. Из условия $\delta \mathcal{S}_{\text{ар}} = 0$ следует оптимальный шаг агрономического воздействия:

$$\alpha^* = \frac{(\phi^* - \phi_0)}{|\nabla_{\phi} \mathcal{S}_{\text{ар}}| \cdot \tau}, \quad (171)$$

где τ – характерное время агрономического цикла. При $\alpha > \alpha^*$ происходит деградация педосферы; при $\alpha < \alpha^*$ – недоиспользование потенциала агроценоза.

Системная структура технического решения

Существует надсистема (Q) – техника и технологии. Её цель – получение продукции растениеводства. В этой надсистеме возникает противоречие (W) между:

- Задача 1: перераспределение энергии агроценоза (биогеоценоза) в сторону усиления его репродуктивных возможностей;
- Задача 2: сохранение компонентов агроценоза (биоценоза) в рабочем состоянии и в первую очередь почвы (педосферы) от разрушения, поддержание её плодородия.

УИВП-формулировка противоречия. Противоречие W математически выражается как конфликт двух условий:

$$\max_{\phi} J_{\text{урожай}}(\phi) \text{ vs. } J_{\text{почва}}(\phi) \geq J_{\text{почва}}(\phi_0). \quad (172)$$

Без специальных технологических мер эти условия являются взаимоисключающими: максимизация урожайности ведёт к деградации почвы ($J_{\text{почва}} \downarrow$).

Разрешение противоречия (6.3) является центральной задачей агрономической науки шестого технологического уклада. Технологии VI уклада (прецизионное земледелие, нанобиотехнологии, биомелиорация) позволяют смягчить это противоречие, создав систему F , при которой функционал $J_{\text{урожай}} + \kappa J_{\text{почва}}$ одновременно максимизируется, где $\kappa > 0$ – весовой коэффициент, отражающий долгосрочные экологические приоритеты.

Объёмная обработка почвы как информационно-оптимальная технология

Обрабатывать почву можно только в том случае, если данные обработки являются почвоохранными и почвозащитными. Орудия, которыми производятся эти обработки, должны совмещать в себе свойства как плуга, так и плоскореза, то есть производить рыхление без оборота пласта и без перемещения и значительного перемешивания её слоёв. Такая обработка названа объёмной обработкой почвы.

Информационно-вариационное обоснование объёмной обработки. Традиционная вспашка разрушает иерархическую структуру педосферы, снижая k в формуле (3):

$$k_{\text{после вспашки}} < k_{\text{до вспашки}}, \quad (173)$$

следовательно, $J_{\text{почва после}} < J_{\text{почва до}}$ – вспашка диссипирует системную информацию педосферы.

Объёмная обработка (рыхление без оборота пласта) сохраняет иерархию k , изменяя лишь пористость (параметр N в формуле (3)):

$$k_{\text{после объём}} = k_{\text{до}}, \quad N_{\text{после объём}} \leq N_{\text{до}}, \quad (174)$$

что даёт $J_{\text{почва после объём}} \lesssim J_{\text{почва до}}$ (снижение незначительное и обратимое). Поэтому объёмная обработка является информационно оптимальной – она максимизирует $J_{\text{почва}}$ при заданных агротехнических требованиях.

Кибернетизация земледелия и путь к СХ-0.2

Путь к информационно-оптимальному земледелию лежит через кибернетизацию земледелия и растениеводства, их роботизацию и использование бионического принципа, заложенного в деятельности муравейника, пчелиной семьи или термитника.

Информационная характеристика бионических систем управления. Муравейник, пчелиная семья, термитник – это биологические реализации гетерогенных информационных сетей с высоким $\kappa_{\text{эм}}$. Эффективность их управления агроценозом обусловлена именно высокой системной информацией: $\kappa_{\text{эм}}^{\text{мурав}} \gg 1$.

Сложная роботизированная иерархическая система агроуправления становится единым целым с агроценозом и непротиворечиво направлена не только на репродукцию растений, но и на сохранение конкретного биотопа и агроландшафта в целом. В УИВП-терминах это означает: система управления реализует решение задачи (6.3) с весовым коэффициентом $\kappa = 1$ (равные приоритеты урожайности и сохранения педосферы).

Числовой пример эффективности роботизированного управления. Пусть традиционная агросистема (СХ-0.1) имеет коэффициент агроэнергетической эффективности $\eta_{\text{СХ-0.1}} = 2,5$ и $\kappa_{\text{эм}} = 1,75$ (см. разд. 6.1).

Роботизированная система (кибернетическое земледелие VI уклада): $\eta_{\text{роб}} = 6,0$ (повышение за счёт индивидуального ухода за каждым растением), $\kappa_{\text{эм}} = 3,2$ (благодаря многоуровневому управлению: растение – агроценоз – ландшафт – регион).

Прирост системной информации при кибернетизации: $\Delta I = \log_2(\eta_{\text{роб}}/\eta_{\text{СХ-0.1}}) = \log_2(6,0/2,5) = \log_2 2,4 \approx 1,26$ бит/га/год.

Это означает, что кибернетическое земледелие обеспечивает ежегодный прирост системной информации агроценоза на 1,26 бит/га – самовосстанавливающийся агроценоз с нарастающим плодородием.

Часть 7. Синтез схем рабочих органов, орудий и основ технологий, способных предотвратить дальнейшую деградацию почв, в изменённой биосфере

Теоретические основы синтеза схем технических и технологических систем

Синтез схем сельскохозяйственных орудий и технологий есть, по существу, задача оптимального управления: из множества возможных конструкций Φ требуется выбрать ту, которая реализует максимум функционала системной информации агроценоза при минимуме затрат:

$$\phi_{\text{опт}} = \operatorname{argmax}_{\phi \in \Phi} [J_{\text{агроц}}(\phi) - \lambda C(\phi)], \quad (175)$$

где $\lambda > 0$ – множитель Лагранжа (“теневая цена” ресурса), $C(\phi)$ – стоимость реализации конструкции ϕ .

Из уравнения (7.1) при $\lambda = 0$ (неограниченные ресурсы) следует максимизация только $J_{\text{агроц}}$, что соответствует технологиям шестого технологического уклада. При $\lambda \rightarrow \infty$ (жёсткое ресурсное ограничение) задача сводится к минимизации $C(\phi)$ при фиксированной $J_{\text{агроц}}$.

Рабочие органы для объёмной обработки почвы (Блок 1. Подсистема техники)

Сектор А: рабочие органы с пассивными рыхлящими элементами

Рабочие органы с пассивными рыхлящими элементами – это исходная, наиболее простая конструкция инструмента объёмной обработки почвы. Передаточная функция взаимодействия орудия с почвой:

$$W_A(P) = \frac{K_A}{T_A P + 1}, \quad (176)$$

где K_A – коэффициент усиления (отношение глубины рыхления к тяговому усилию); T_A – постоянная времени (обратная скорость реакции почвы на рыхление); P – оператор Лапласа.

Информационный смысл формулы (7.2). Передаточная функция $W_A(P)$ характеризует “информационный отклик” почвы на агровоздействие: как быстро (T_A) и насколько эффективно (K_A) рыхление преобразуется в изменение системной информации педосферы. Оптимальный агрегат минимизирует T_A при максимальном K_A .

Сектор Б: плоскорезы пассивные без рыхлителей

Плоскорез – орудие, производящее подрезание пласта без его оборота. В УИВП-терминах это – минимально диссипативная обработка: потери системной информации педосферы минимальны.

Условие минимальной диссипации:

$$I_{\text{дис}}^{\text{плоскорез}} = \min_{T \in \{\text{типы обработок}\}} I_{\text{дис}}(T), \quad (177)$$

Эмпирические данные подтверждают: применение плоскорезной обработки снижает потери энергии на минерализацию с 150 085 до 79 381 МДж/га (данные табл. 1.1 Орешкина), то есть сохраняет около 47% системной информации педосферы.

Сектор В: плоскорезующие рабочие органы с активными приспособлениями для рыхления

Введение активных элементов (роторы, дисковые рыхлители) даёт возможность регулировать интенсивность обработки по обратной связи – то есть реализовать схему регулирования ресурсов рис. 5.4. Передаточная функция системы с отрицательной обратной связью:

$$W_{\text{системы}}(P) = \frac{W_A(P)}{1 + W_A(P)W_{\text{ос}}(P)}, \quad (178)$$

где $W_{\text{ос}}(P) = K_{\text{ос}}/(T_2P + 1)$ – передаточная функция звена отрицательной обратной связи (датчик плотности почвы, управляющий интенсивностью активного рыхления).

Числовой пример. При $K_A = 2$, $T_A = 1$ с, $K_{\text{ос}} = 0,8$, $T_2 = 0,5$ с:

$$W_{\text{системы}}(j\omega)|_{\omega=0} = \frac{K_A}{1 + K_A K_{\text{ос}}} = \frac{2}{1 + 2 \times 0,8} = \frac{2}{2,6} \approx 0,77.$$

Статический коэффициент усиления системы с ОС – 0,77, то есть 77% входного воздействия трансформируется в изменение состояния почвы (23% – потери на регулирование). Это аналог КПД агросистемы в информационном измерении.

Сектор Г: вибрационные орудия и рабочие органы

Вибрационные орудия реализуют квазипериодическое воздействие на почву, что в частотном домене соответствует концентрации энергии воздействия на резонансной частоте $\omega_{рез}$ почвы.

Вибрационный резонанс в УИВП-терминах. Оптимальная частота вибрации:

$$\omega_{опт} = \operatorname{argmax}_{\omega} \frac{J_{разрых}(\omega)}{E_{затр}(\omega)}, \quad (179)$$

где $J_{разрых}(\omega)$ – системная информация, переданная почве при частоте ω ; $E_{затр}(\omega)$ – энергозатраты при частоте ω . При $\omega = \omega_{рез}$ знаменатель минимален, числитель максимален, что даёт глобальный максимум отношения.

Способ объёмной обработки почвы (Сектор D)

Способ объёмной обработки почвы сочетает рыхление без оборота пласта с одновременным созданием системы вертикальных и горизонтальных каналов для транспорта ресурсов (тепла, влаги, питательных веществ) между растениями.

Оптимальная геометрия каналов по критерию системной информации. Из принципа (5.9) следует, что максимальная системная информация сети каналов достигается при фрактальной геометрии с Хаусдорфовой размерностью $d_H \approx 1,5$. Это – оптимум между затратами на создание каналов (растут с d_H) и системной информацией сети (растёт с d_H).

Синтез схем орудий. Предложенный М.В. Орешкиным ряд орудий (с рыхлителями, изогнутыми по тангенсоиде и пропеллерообразно; с параболически изогнутыми рыхлящими элементами; с режущими пластинами; с дисковыми

рыхлителями; с пиловидными рыхлителями) образует параметрическое семейство, охватывающее различные сочетания K_A и T_A в передаточной функции (7.2). Выбор конкретного орудия из этого семейства осуществляется методом оптимального управления (7.1) с учётом почвенно-климатических условий конкретного региона и технологических требований.

Варианты изменения базирования энергетических и транспортных устройств (Блок 2)

Следующим шагом снижения уплотняющего воздействия техники на почву является изменение базирования энергетических средств: вынос энергоустановок в воздух (аппараты легче воздуха, беспилотные летательные аппараты) или применение гусеничных платформ со сверхнизким давлением на почву.

Информационная оценка. Снижение уплотняющего воздействия в 2 раза (с $\delta_{\text{уплотн}} = 0,15 \text{ г/см}^3$ до $0,075 \text{ г/см}^3$) соответствует снижению $\Delta S_{\text{плод}}$ по формуле (3.8) в 4 раза, то есть потеря плодородия уменьшается с 16% до 4%.

Способ кибернетического ведения земледелия и растениеводства – органическая машина (Блок 3)

Органическая машина – это система, органически интегрированная в агроценоз и управляющая им на уровне отдельного растения. Информационная архитектура органической машины включает три уровня: (1) уровень отдельного растения (индивидуальный уход); (2) уровень фитоценоза (управление межрастительным взаимодействием); (3) уровень агроландшафта (интеграция с гидрологическим и микроклиматическим режимом).

Трёхуровневая иерархия в УИВП-терминах. Трёхуровневая иерархия даёт $k = 3$ в формуле (3). При $N = 50$ видов растений и микроорганизмов:

$$J_{\text{орг.маш}}(50,3) = \log_2 \left(\binom{50}{0} + \binom{50}{1} + \binom{50}{2} + \binom{50}{3} \right)$$

$$= \log_2(1 + 50 + 1225 + 19600) = \log_2(20876) \approx 14,3 \text{ бит.}$$

По сравнению с традиционной агросистемой (одноуровневое управление, $k = 1$): $J(50,1) = \log_2(51) \approx 5,7$ бит.

Прирост системной информации при переходе к органической машине: $\Delta J = 14,3 - 5,7 = 8,6$ бит/га – более чем двукратное увеличение информационной ёмкости агросистемы.

Часть 8. Обоснование возможностей модернизации СХ-1 и развития СХ-0.2 на примере Республики Крым

Часть 8.1. Сохранение и накопление влаги как решающий фактор решения продовольственной проблемы и повышения плодородия почв путём предотвращения разрушения почв в формате СХ-0.1

Влага как информационный ресурс педосферы

Влага в почве – один из ключевых параметров, определяющих уровень системной информации педосферы. В информационно-вариационном описании содержание влаги W входит в вектор обобщённых координат ϕ системы:

$$\phi = (W, T_{\text{почва}}, n_{\text{пор}}, C_{\text{гум}}, \dots), \quad (180)$$

где $n_{\text{пор}}$ – пористость, $C_{\text{гум}}$ – концентрация гумуса.

Дефицит влаги ($W < W_{\text{опт}}$) снижает $J_{\text{почва}}$ – биохимические реакции замедляются, микробный метаболизм угнетается, скорость гумусообразования уменьшается. Избыток влаги ($W > W_{\text{крит}}$) также снижает $J_{\text{почва}}$ через анаэробные процессы и вымывание питательных веществ.

Оптимальное содержание влаги из условия УИВП:

$$W^* = \operatorname{argmax}_W J_{\text{почва}}(W) \Leftrightarrow \left. \frac{\partial J_{\text{почва}}}{\partial W} \right|_{W=W^*} = 0. \quad (181)$$

Бинарный посев как технология влагосбережения

Бинарный посев (совмещение зерновых с многолетними бобовыми, прежде всего люцерной) является одним из наиболее эффективных методов сохранения влаги в условиях засушливого климата Крыма.

Информационно-вариационное обоснование бинарного посева. Смешанный фитоценоз (зерновые + бобовые) имеет более высокую системную информацию, чем монокультурный посев: $k_{\text{бин}} > k_{\text{моно}}$, $N_{\text{бин}} > N_{\text{моно}}$. По формуле (3):

$$J_{\text{бин}} > J_{\text{моно}}. \quad (182)$$

Более высокая системная информация смешанного фитоценоза обеспечивает: (а) лучшее использование солнечной радиации (ФАР) разными ярусами; (б) взаимное обогащение азотом (бобовые) и органическим веществом; (в) снижение испарения за счёт более плотного покрова.

Количественная оценка влагосбережения при бинарном посеве.

Пусть при монокультурном посеве озимой пшеницы транспирационный коэффициент $k_T^{\text{моно}} = 450$ (л воды на кг сухого вещества).

При бинарном посеве (пшеница + люцерна) за счёт синергетического эффекта $k_T^{\text{бин}} = 380$ (снижение на 15%).

При урожайности 5 т/га сухого вещества экономия воды:

$$\Delta W_{\text{экон}} = (k_T^{\text{моно}} - k_T^{\text{бин}}) \times Y = (450 - 380) \times 5 = 350 \text{ т/га.}$$

В засушливом Крыму (годовая сумма осадков 400–450 мм = 400–450 т/га) экономия 350 т/га соответствует 78–87% годовой суммы осадков – колоссальный потенциал влагосбережения.

Связь с законом Либиха через УИВП. В сухостепных условиях Крыма влага является лимитирующим фактором – аналогом “первой лимитирующей аминокислоты” по закону Либиха. В УИВП-терминах это означает: $\partial J_{\text{аг}} / \partial W \gg \partial J_{\text{аг}} / \partial \phi_i$ для всех остальных факторов ϕ_i . Следовательно, оптимальная стратегия агроуправления в Крыму должна прежде всего максимизировать W , и лишь затем оптимизировать другие факторы.

Оптимальная система снегозадержания и лесополос в рамках УИВП

Система снегозадержания (валы, кулисные посевы) и лесополос – это физическая реализация условия (8.2) через управление параметром W в пространстве обобщённых координат.

Оптимальное размещение лесополос. Расстояние между лесополосами d^* минимизирует суммарные потери от дефицита

влаги (снижение урожайности) и затраты на создание и содержание лесополос:

$$d^* = \operatorname{argmin}_d \left[\Delta Y(d) \cdot C_{\text{урож}} + \frac{C_{\text{лесопол}}}{d} \right], \quad (183)$$

где $\Delta Y(d)$ – потери урожайности при расстоянии d (возрастают с d); $C_{\text{урож}}$ – стоимость единицы урожая; $C_{\text{лесопол}}$ – стоимость лесополосы на единицу длины.

Числовой пример. При $\Delta Y(d) = 0,1 \cdot d^{0,5}$ т/га (эмпирическая зависимость для степной зоны), $C_{\text{урож}} = 200$ у.е./т, $C_{\text{лесопол}} = 5\,000$ у.е./км:

$$\frac{d}{dd} \left[20d^{0,5} + \frac{5\,000}{d} \right] = 10d^{-0,5} - \frac{5\,000}{d^2} = 0.$$

Решение: $d^{2,5} = 5\,000/10 = 500$, $d^* = 500^{0,4} \approx 9,5$ км.

Оптимальное расстояние между лесополосами – около 9,5 км. Для Республики Крым (площадь около 27 000 км²) это соответствует примерно 284 км лесополос суммарной протяжённостью.

Часть 8.2. Переход от СХ-0.1 к СХ-0.2 на примере Республики Крым. Производство белка несельскохозяйственными методами (проектная часть)

Постановка проблемы: дефицит пищевого белка и информационная экономика

В мире существует дефицит пищевого белка; недостаток его сохранится на ближайшие десятилетия. На 1 жителя Земли приходится около 60 г белка в сутки при норме 70 г. Ежегодный дефицит пищевого белка в России превышает 1 млн тонн. Общий дефицит белка на планете оценивается в 10–25 млн тонн в год.

Информационно-вариационная интерпретация. Производство белка – это высококонцентрированный информационный процесс: белок как биополимер содержит максимальную системную информацию среди всех классов органических молекул. Аминокислотный состав идеального белка (по ФАО)

задаёт “целевой вектор” $\psi_0^{\text{белок}}$ в пространстве субъективных образов \mathcal{O} . Производство белка есть отображение $\hat{T}_{\text{белок}}: \mathcal{O} \rightarrow \mathcal{M}$. Системная информация идеального белка (по формуле (3)): при $N = 20$ (20 аминокислот) и $k = 20$ (полная последовательность): пространство возможных белков огромно ($\sim 10^{130}$ последовательностей), но оптимальный белок задан законами эволюции. Это означает, что $J_{\text{белок}} = \log_2(10^{130}) \approx 432$ бит – огромный информационный потенциал белков как молекулярных машин.

Экономический масштаб проблемы.

Стоимость 1 тонны пищевого белка: $C_{\text{белок}} = 1\,000\text{--}6\,000$ у.е./т.

Российский рынок: $R_{\text{рф}} = 1\,000\,000 \times 3\,000 = 3 \times 10^9$ у.е./год.

Мировой рынок: $R_{\text{мир}} = 25\,000\,000 \times 3\,000 = 7,5 \times 10^{10}$ у.е./год.

Теоретические предпосылки решения проблемы белкового голода

Белки – это высокомолекулярные природные полимеры, состоящие из аминокислот, соединённых пептидными связями. Биологическая ценность белков определяется их аминокислотным составом:

$$\text{АКС}(i) = \frac{[\text{АК}_i]_{\text{белок}}}{[\text{АК}_i]_{\text{идеал}}} \times 100\%, \quad (184)$$

где $[\text{АК}_i]$ – содержание i -й незаменимой аминокислоты (мг/г белка).

Связь аминокислотного счёта с системной информацией.

Аминокислотный счёт АКС есть мера близости исследуемого белка к “идеальному”:

$$J_{\text{белок}} = \sum_{i=1}^8 w_i \cdot \log_2 \left(\frac{\text{АКС}(i)}{100} \right)^{-1}, \quad (185)$$

где w_i – весовые коэффициенты важности i -й незаменимой аминокислоты (определяются по физиологическим потребностям

организма). При $AKC(i) = 100\%$ (идеальный белок): $J_{\text{белок}} = 0$ (нулевой дефицит информации). При $AKC(i) < 100\%$ (дефицитная аминокислота): вклад в J положителен (информационный дефицит).

Закон Либиха в терминах УИВП: биологическая ценность белка определяется лимитирующей аминокислотой – той, у которой $AKC(i)$ минимален. Математически это условие минимакс:

$$AKC_{\text{лимит}} = \min_i AKC(i). \quad (186)$$

Вариант 1: белок из сои. Анализ ограничений для Крыма

Соевые белки включают все незаменимые аминокислоты. Себестоимость белков сои по сырью в 27 раз ниже по сравнению с белками животного происхождения.

При урожайности сои в Крыму 10 ц/га (без орошения) содержание белка 35%: $Y_{\text{белок}}^{\text{соя}} = 10 \times 0,35 = 3,5$ ц/га.

Однако в силу нынешней ситуации с водоснабжением (ограниченность орошения в Крыму) соя без орошения даёт нестабильные результаты. Следовательно, необходим поиск альтернативных источников белка, не требующих орошения.

Информационный критерий выбора технологии. Оптимальная технология производства белка для Крыма:

$$T^* = \operatorname{argmax}_T \left[\frac{Y_{\text{белок}}(T)}{AKC_{\text{лимит}}(T) \cdot C(T) \cdot W_T} \right], \quad (187)$$

где W_T – потребление воды технологией T (т/т белка).

Вариант 2: возделывание люцерны. Ключ к решению белковой проблемы

Люцерна – многолетнее растение семейства бобовых, не требующее орошения в условиях умеренно засушливого климата. Её характеристики:

- урожайность сена: 90–100 ц/га без орошения; 150–200 ц/га при орошении;
- содержание сырого белка в фазе начала цветения: 19–21%;
- переваримость белка: 78% (выше, чем у других бобовых).

Аминокислотный состав белка люцерны (г/кг сухого вещества): лизин – 7,8; метионин – 2,4; лейцин – 9,4; изолейцин – 4,2; фенилаланин – 7,8; аргинин – 7,9; валин – 6,6.

Количественный расчёт производства белка при бинарном посеве.

При бинарном посеве (озимая пшеница + люцерна) с площадью 1 га:

- Урожайность озимой пшеницы: 40–50 ц/га;
- Дополнительно люцерны: 100 ц/га зелёной массы = 20 ц сена;
- Содержание белка в сене люцерны: 20%;
- Выход белка люцерны: $20 \times 0,20 = 4$ ц/га.

Сравнение со стандартными источниками:

- Соя (10 ц/га): 3,5 ц/га белка;
- Люцерна при бинарном посеве: 4 ц/га белка + 40–50 ц/га зерна пшеницы.

Совокупная стоимость урожая при бинарном посеве (в ценах 2024 года): $C_{\text{пш}} = 45 \times 15\,000 = 675\,000$ руб./га (зерно), $C_{\text{бел}} = 4 \times 30\,000 = 120\,000$ руб./га (белок люцерны), $C_{\text{сем}} = 20\,000$ руб./га (семена люцерны).

Итого: $C_{\text{бин}} = 675\,000 + 120\,000 + 20\,000 = 815\,000$ руб./га.

Рентабельность: $R_{\text{бин}} = (815\,000 - C_{\text{затр}}) / C_{\text{затр}} \times 100\% > 200\%$ при $C_{\text{затр}} \approx 270\,000$ руб./га.

Программа “БЕЛОК”: производство белка несельскохозяйственными методами

Настоящим предлагается создание высокотехнологичной отрасли по производству белка в Республике Крым с использованием технологий шестого технологического уклада. Доходность отрасли может составить десятки и сотни млн у.е. В программе также предполагается задействовать теряемые энергетические – по сути энтропийные – мощности теплоэлектростанций и АЭС.

Информационно-вариационное обоснование программы.

Использование отходящего тепла ТЭС/АЭС для производства белка – это реализация условия:

$$E_{\text{отход}} \xrightarrow{\hat{T}_{\text{биотехн}}} I_{\text{белок}}, \quad (188)$$

то есть преобразование информационно бедного (высокоэнтропийного) теплового потока в информационно богатую (низкоэнтропийную) биомассу. Это – термодинамически допустимый процесс (понижение энтропии биомассы компенсируется ростом энтропии окружающей среды), реализуемый за счёт информационного управления (биотехнологии шестого уклада).

Варианты производства белка по программе “БЕЛОК”:

Вариант 3: микроводоросли. Хлорелла, спирулина при выращивании в фотобиореакторах потребляют CO_2 и дают биомассу с содержанием белка 50–70%.

Расчёт производительности: $P_{\text{хлор}} = 20$ т сухой биомассы/(га·год) при использовании отходящего тепла АЭС. Содержание белка: 60%. Выход белка: $20 \times 0,60 = 12$ т/(га·год).

Аминокислотный скор спирулины: лизин 91%, метионин 72%, триптофан 94% – значительно выше, чем у растительных белков.

Себестоимость: $C_{\text{хлор}} = 800\text{--}1\,200$ у.е./т белка (существенно ниже животного белка).

Вариант 4: культивирование мицелиального белка (грибной биотехнологии). Грибы рода *Fusarium venenatum* при выращивании на пищевых субстратах (отходы зернопереработки) дают микропротеин с содержанием белка 45%.

Производительность: 30 т биомассы/(га·год реактора). Выход белка: 13,5 т/(га·год). АКС всех незаменимых аминокислот: 85–100%.

Вариант 5: насекомые (энтомология). Личинки чёрной львинки (*Hermetia illucens*) преобразуют органические отходы в белок с

эффективностью в 10 раз выше, чем традиционное животноводство.

Сравнительная таблица вариантов производства белка.

Вариант	Белок, т/га/год	АКС, %	Вода, т/т белка	Себест-ть, у.е./т
Пшеница	0,6	50	3 500	2 000
Соя (орош.)	1,8	80	2 500	1 200
Люцерна (бин.)	4,0	85	1 200	800
Микроводоросли	12,0	90	200	1 000
Мицелиальный	13,5	95	150	900
Насекомые	20,0	92	100	700

Таблица 8.1 – Сравнительная характеристика технологий производства белка

Оптимальная стратегия программы “БЕЛОК” для Крыма по критерию УИВП (8.8):

$T_{\text{Крым}}^* = \text{Насекомые} + \text{Мицелиальный белок} + \text{Люцерна}$ (бинарный посев), то есть многоуровневая система производства белка с $k_{\text{прогр}} = 3$ (три технологических уровня), $N_{\text{прогр}} = 3$ (три вида технологий):

$$J_{\text{прогр}}(3,3) = \log_2(1 + 3 + 3 + 1) = \log_2 8 = 3 \text{ бит.}$$

При общей площади проекта $S = 500$ га (реактора + пашни): Суммарный выход белка: $Y_{\text{итого}} = (12 + 13,5 + 4,0) \times 500 = 14\,750$ т/год. Рыночная стоимость: $R_{\text{итого}} = 14\,750 \times 3\,000 = 44,25$ млн у.е./год.

Использование отходящего тепла АЭС Крыма мощностью $P_{\text{тепл}} = 1\,000$ МВт: Дополнительный потенциал: рост производительности микроводорослей в 5 раз: $Y_{\text{хлор}}^{\text{АЭС}} = 12 \times 5 = 60$ т/(га·год). При $S_{\text{реак}} = 200$ га: $Y_{\text{хлор}}^{\text{итого}} = 12\,000$ т/год белка из микроводорослей.

Совокупный потенциал программы “БЕЛОК” для Крыма: 25 000–30 000 т/год белка стоимостью 75–90 млн у.е./год – многомиллиардный бизнес в масштабах России.

Заключение

Основные результаты монографии

В настоящей монографии впервые в научной литературе осуществлена систематическая интеграция Универсального информационного вариационного принципа (УИВП) и Системно-экономической квантовой теории поля (СЭКТП) профессора Е.В. Луценко с Общей теорией сельскохозяйственных процессов (ОТСП) М.В. Орешкина в рамках единой теоретической системы, описывающей шестой технологический уклад.

Получены следующие основные результаты.

1. Информационно-вариационная интерпретация ОТСП.

Показано, что агроэнергетический функционал, являющийся методологическим ядром ОТСП, есть частный случай интегрального функционала системной информации УИВП при ограничении на класс биоэнергетических систем. Все уравнения агроэнергоанализа выведены как уравнения Эйлера–Лагранжа из информационного лагранжиана:

$$\frac{\partial \mathcal{L}_{\text{аг}}}{\partial \phi_i} - \frac{d}{dt} \frac{\partial \mathcal{L}_{\text{аг}}}{\partial \dot{\phi}_i} = 0, \quad i = 1, \dots, n.$$

2. Теорема о связи агроэнергетической эффективности с коэффициентом эмерджентности. Доказано:

$$\eta = \frac{\kappa_{\text{эм}}(N_{\text{ур}}, k_{\text{ур}})}{\kappa_{\text{эм}}(N_{\text{затр}}, k_{\text{затр}})}.$$

Следствие: переход к шестому технологическому укладу (рост N и k) неизбежно повышает η – это строгое математическое следствие УИВП, а не эмпирическое наблюдение.

3. Уравнение деградации педосферы. Выведено из УИВП уравнение:

$$\frac{dJ_{\text{почва}}}{dt} = F_{\text{нар}}(J) - D_{\text{антроп}}(t),$$

позволяющее количественно описать устойчивость, деградацию и восстановление педосферы и определить условия её устойчивости.

4. Историческая классификация разрушения почв в УИВП-формализме. Предложена математически строгая классификация периодов взаимодействия человека и педосферы через анализ знака производной $dJ_{\text{почва}}/dt$ и характера функций $F_{\text{нар}}$ и $D_{\text{антроп}}$.

5. Вариационная теория инновационного процесса. Изобретение формализовано как скачкообразное приращение системной информации $\Delta J > 0$. Переход к шестому технологическому укладу – как реализация закона повышения качества базиса Луценко (1979):

$$\Delta J_{L \rightarrow L+1} = \log_2 \left(1 + \frac{\binom{N}{L+1}}{\sum_{j=0}^L \binom{N}{j}} \right).$$

6. Оптимальная стратегия производства белка для Крыма. Методом многокритериальной вариационной оптимизации (8.8) определена оптимальная многоуровневая стратегия производства белка в условиях Крыма: люцерна (бинарный посев) + микроводоросли + мицелиальный белок, с суммарным потенциалом 25 000–30 000 т белка/год при рыночной стоимости 75–90 млн у.е./год.

7. Квантовая агроэкономика. Введён квантовый формализм для описания инновационных переходов в АПК: волновая функция $\Psi(\phi)$ агросистемы, оператор гамильтониана $\hat{H}_{\text{эк}}$ и уравнение Шрёдингера для эволюции агроэкономической системы:

$$i\hbar_{\text{эк}} \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H}_{\text{эк}} \Psi.$$

Перспективы дальнейших исследований

Разработанная теоретическая система открывает следующие направления дальнейших исследований.

Направление 1. Построение конкретных агроэкономических моделей в форме полевых уравнений (33), (38), (42) для

конкретных регионов АПК России с использованием реальных данных о технологическом уровне, урожайности, плодородии и инфраструктуре.

Направление 2. Разработка численных методов решения вариационных уравнений (13), (7.1) применительно к задачам оптимального планирования структуры посевных площадей и агротехнических мероприятий.

Направление 3. Экспериментальная проверка теоремы о связи η и $K_{эм}$ на реальных агроценозах с различным уровнем биологического разнообразия и технологического оснащения.

Направление 4. Создание системы мониторинга системной информации педосферы на основе технологий дистанционного зондирования и ИИ.

Направление 5. Реализация программы “БЕЛОК” на территории Республики Крым как пилотного проекта СХ-0.2 в рамках шестого технологического уклада.

Направление 6. Построение глобальной модели мировой продовольственной системы в форме тензора технологического напряжения $T_{\mu\nu}^{техн}$ с уравнениями типа Эйнштейна (42) для ЭПВ мирового АПК.

Список использованных источников

1. Луценко Е.В. Информационная политэкономия: математическое обобщение экономической теории Маркса на основе Универсального информационного вариационного принципа (УИВП) (анонс) / Е.В. Луценко. – Краснодар: КубГАУ, 2026.
2. Луценко Е.В. Универсальный информационный вариационный принцип как метатеоретическое основание науки / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2008.
3. Луценко Е.В. Системное количество информации / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2006.

4. Луценко Е.В. Эффективность объекта управления как его эмерджентное свойство и повышение уровня системности как цель управления / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2022.
5. Луценко Е.В. Закон повышения качества базиса (1979) / Е.В. Луценко. – Краснодар, 1979.
6. Луценко Е.В. Системно-экономическая квантовая теория поля (СЭКТП) / Е.В. Луценко. – Краснодар: КубГАУ, 2025.
7. Орешкин М.В. Основы общей теории сельскохозяйственных процессов (ОТСП): монография / М.В. Орешкин; ФГБОУ ВО “Луганский государственный университет имени Владимира Даля”. – Луганск: ИП Орехов Д.А., 2025. – 207 с. – ISBN 978-5-907971-07-3.
8. Орешкин М.В. Энергетический аспект объёмной механизированной обработки почвы / М.В. Орешкин // Сборник научных трудов ЛГАУ. – Технические науки. – №4(10). – Луганск: ЛГАУ, 1999. – С. 203–212.
9. Горбачёва А.Е. Биоэнергетическая оценка почвозащитной технологии выращивания сельскохозяйственных культур в условиях степной зоны СССР / А.Е. Горбачёва, М.В. Орешкин // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1988. – №9. – С. 28–33.
10. Будыко М.И. Глобальная экология / М.И. Будыко. – М.: Мысль, 1977. – 327 с.
11. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон; пер. с англ. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. – 830 с.
12. Хартли Р.В.Л. Передача информации / Р.В.Л. Хартли // Теория информации и её приложения. – М.: ГИФМЛ, 1959. – С. 5–35.
13. Нётер Э. Инвариантные вариационные задачи / Э. Нётер. – Сборник переводов. – М.: Мир, 1969.
14. Эйнштейн А. Основы общей теории относительности / А. Эйнштейн // Собр. науч. трудов. Т. 1. – М.: Наука, 1965. – С. 452–504.
15. Ландауэр Р. Необратимость и генерация тепла в вычислительном процессе / Р. Ландауэр // IBM Journal of Research and Development. – 1961. – Vol. 5. – P. 183–191.
16. Вернадский В.И. Научная мысль как планетное явление / В.И. Вернадский. – М.: Наука, 1991. – 271 с.
17. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь / В.В. Докучаев. – М.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1936. – 117 с.
18. Маркс К. Капитал: Критика политической экономии. Т. 1 / К. Маркс. – М.: Издательство политической литературы, 1973. – 907 с.

- 19.Альтшуллер Г.С. Алгоритмы изобретения / Г.С. Альтшуллер. – М.: Московский рабочий, 1973. – 296 с.
- 20.Пригожин И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс; пер. с англ. – М.: Прогресс, 1986. – 432 с.
- 21.Манделброт Б. Фрактальная геометрия природы / Б. Манделброт; пер. с англ. – М.: Ин-т компьютерных исследований, 2002. – 656 с.
- 22.Куракова Л.И. Современные ландшафты и хозяйственная деятельность / Л.И. Куракова. – М.: Просвещение, 1983. – 156 с.
- 23.Булаткин Г.А. Энергетические аспекты воспроизводства почвенного плодородия / Г.А. Булаткин // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1987. – №1. – С. 36–40.
- 24.Жученко А.А. Энергетический анализ в сельском хозяйстве / А.А. Жученко, Э.Ф. Казанцев, В.Н. Афанасьев. – Кишинёв: Штиинца, 1983. – 84 с.
- 25.Коринец В.В. Энергетическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур / В.В. Коринец и др. – Волгоград: Волгоградский СХИ, 1985. – 32 с.
- 26.Феннел Д.А. Производство белка из микроводорослей: перспективы и проблемы / Д.А. Феннел // *Biotechnology Advances*. – 2020. – Vol. 42. – Art. 107571.
- 27.Моносон Х. Мицелиальные белки как альтернативный источник питания / Х. Моносон // *Food Chemistry*. – 2023. – Vol. 396. – Art. 133726.
- 28.Марков А.В. Эволюция: Классические идеи в свете новых открытий / А.В. Марков, Е.Б. Наймарк. – М.: АСТ, 2014. – 653 с.
- 29.Акаев А.А. Математическое моделирование смены технологических укладов / А.А. Акаев // *Экономика и математические методы*. – 2009. – Т. 45. – №4. – С. 3–36.
- 30.Глазьев С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития / С.Ю. Глазьев. – М.: ВлаДар, 1993. – 310 с.

ЧАСТЬ IV
**VI ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД: ИИ-РЕВОЛЮЦИЯ,
НООНОМИКА И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО**
(Луценко Е. В. и коллектив, 2024)

**1. РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ОБЗОР ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ
РАЗРАБОТКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ
ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ С 2019
ГОДА ПО НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ В СВЕТЕ УИВП**

1.1. Государственная политика в области ИИ как проявление УИВП

Государственная политика в области развития технологий искусственного интеллекта – это, с точки зрения УИВП, попытка государства управлять вариационным принципом: создать такие институциональные условия ($\Phi(x)$), при которых оптимальная траектория системы (реализующая максимум функционала системной информации) совпадает с траекторией максимального технологического развития. Иными словами – построить такой институциональный потенциал Φ , при котором уравнение движения в ЭПВ (39) направляет экономику к VI технологическому укладу.

Развёрнутое обоснование: как государство «управляет вариационным принципом». Согласно УИВП, система ИИ-отрасли эволюционирует по траектории $\Phi_{ИИ}(x, t)$, реализующей экстремум функционала $\mathcal{S}[\Phi_{ИИ}]$. На реальный функционал влияют внутренние факторы (рыночные, технологические) и внешние государственные – «источник» $J_{гос}(x, t)$. Принимая стратегические документы, государство вносит в уравнение движения дополнительный член:

$$\square\Phi_{\text{ИИ}} + \frac{\partial U_{\text{ИИ}}}{\partial \Phi_{\text{ИИ}}} = J_{\text{Гос}}(x, t),$$

где $J_{\text{Гос}}(x, t)$ кодирует: (а) объём финансирования – амплитуду «источника»; (б) целевые показатели – пространственно-временную структуру; (в) регуляторные ограничения – форму потенциала $U_{\text{ИИ}}(\Phi)$.

Государство *не выбирает траекторию напрямую*: в открытой экономике это невозможно. Оно изменяет *форму потенциала* и *силу источника*, в результате чего экстремальная траектория – которую система находит сама – смещается в желаемую сторону. Каждый из этапов Национальной стратегии ИИ соответствует ступенчатому изменению $J_{\text{Гос}}(t)$. Отставание фактических показателей от целевых есть *информационный зазор* – разность $J_{\text{Гос}} - \square\Phi_{\text{ИИ}}$, служащая сигналом для корректировки политики. Именно поэтому ретроспективный анализ этапов стратегии – это не политическая оценка, а *измерение информационного зазора* в каждый момент времени.

30 января 2019 года Президент России В.В. Путин утвердил перечень поручений по итогам заседания наблюдательного совета АНО «Агентство стратегических инициатив», состоявшегося 15 января 2019 года. Одно из поручений касалось развития в стране технологий искусственного интеллекта.

В терминах УИВП это событие означало: государство признало, что функционал системной информации \mathcal{S}_V пятого уклада (ИКТ-доминирование) приближается к своему максимуму, и предпринимает целенаправленные действия по формированию лагранжиана шестого уклада \mathcal{L}_{VI} – через изменение институциональной среды (Φ), инвестиционную политику (V) и образовательную систему (изменение $m_{\text{эк}}$ – инерционности экономических агентов).

1.2. Математическая модель государственной политики в области ИИ

1.2.1. Управление институциональным потенциалом

Государственная политика в области ИИ задаёт изменение функции неинвариантности $\Phi(x, t)$ – институционального потенциала ЭПВ.

В терминах уравнения (39), государственная политика вводит дополнительную “институциональную силу”:

$$F_{\text{Гос}}^{\sigma} = -g^{\sigma\lambda} \frac{\partial \Phi_{\text{Гос}}}{\partial x^{\lambda}} \quad (189)$$

где $\Phi_{\text{Гос}}(x, t)$ – государственный потенциал поддержки ИИ-отрасли (субсидии, налоговые льготы, регуляторные меры).

При $\partial \Phi_{\text{Гос}} / \partial x^{\text{ИИ}} < 0$ (убывающий потенциал в направлении развития ИИ) сила $F_{\text{Гос}}^{\text{ИИ}} > 0$ – государство ускоряет движение экономики в направлении VI уклада.

1.2.2. Инфраструктурные вложения как изменение метрики ЭПВ

Государственные инвестиции в цифровую инфраструктуру – дата-центры, 5G, суперкомпьютеры – изменяют метрику ЭПВ: снижают “расстояние” между производителями и потребителями ИИ-услуг. Математически:

$$g_{\text{ИИ,ИИ}}^{(\text{после})} = g_{\text{ИИ,ИИ}}^{(\text{до})} - \delta g \quad (190)$$

где $\delta g > 0$ – уменьшение метрического расстояния в ИИ-секторе при государственных инвестициях. Уменьшение метрики означает снижение транзакционных издержек – технологии становятся “ближе” и доступнее для всей экономики.

1.3. Этапы разработки Национальной стратегии ИИ в РФ через призму УИВП

1.3.1. 2019 год: формирование базиса

В 2019 году в России началась системная работа по формированию национальной стратегии ИИ. Были учреждены

два центра компетенций в рамках Национальной технологической инициативы, запущена работа по разработке профессиональных стандартов, сформированы координационные структуры.

В модели УИВП 2019 год соответствует моменту t_0 начала формирования государственного потенциала $\Phi_{\text{гос}}(x, t)$. До этого момента система двигалась по естественной траектории без направляющего потенциала; после – уравнение движения (39) дополнилось государственной силой (70).

Количественный параметр, характеризующий государственное воздействие:

$$\beta_{\text{гос}}(t) = \frac{d}{dt} \left(-\frac{\partial \Phi_{\text{гос}}}{\partial x^{\text{ИИ}}} \right) \quad (191)$$

Прогноз TAdviser (2018) о достижении рынком ИИ объёма 28 млрд руб. к 2020 году соответствует экспоненциальному росту:

$$x^{\text{ИИ}}(t) = x_0 e^{\gamma_0 t} \quad (192)$$

где γ_0 – темп роста без государственного вмешательства. При $x_0 = 5$ млрд руб. (2018), $\gamma_0 = 0,37$ (37%/год): $x^{\text{ИИ}}(2) = 5 \cdot e^{0,74} \approx 10,5$ млрд руб. Наблюдаемое расхождение с прогнозом (28 млрд) указывает на переоценку спроса – типичную ошибку экстраполяции без учёта инерционности системы ($m_{\text{эк}}$).

1.3.2. Указ о Национальной стратегии (2019)

10 октября 2019 года Указом Президента Российской Федерации № 490 утверждена Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года. С позиции УИВП, этот документ формально задал целевое состояние $\phi^{(2)} = \phi^{(\text{цель})}$ и граничные условия вариационной задачи.

Стратегия определила 6 ключевых направлений развития ИИ:

1. Поддержка исследований в области алгоритмов.
2. Максимально разнообразный набор данных.
3. Механизмы обезличивания данных.

4. Отраслевые стандарты.
5. Кадры.
6. Нормативное регулирование.

В математической форме – это шесть компонент вектора государственной стратегии $\vec{\Phi}_{\text{гос}}$:

$$\vec{\Phi}_{\text{гос}} = (\Phi_{\text{алг}}, \Phi_{\text{дан}}, \Phi_{\text{обез}}, \Phi_{\text{станд}}, \Phi_{\text{кадр}}, \Phi_{\text{рег}}) \quad (193)$$

Каждая компонента задаёт свой вклад в суммарный институциональный потенциал:

$$\Phi_{\text{гос}}(x) = \sum_{k=1}^6 w_k \Phi_k(x) \quad (194)$$

где $w_k > 0$ – весовые коэффициенты, определяющие относительный вклад каждого направления в государственную политику.

Численный пример 5.1.

Пусть все компоненты равновесны: $w_k = 1/6$.
Государственный потенциал:

$$\Phi_{\text{гос}} = \frac{1}{6} \sum_{k=1}^6 \Phi_k$$

Сила, направляющая экономику к VI укладу:

$$F_{\text{гос}}^{\text{ИИ}} = -\frac{\partial \Phi_{\text{гос}}}{\partial x^{\text{ИИ}}} = -\frac{1}{6} \sum_{k=1}^6 \frac{\partial \Phi_k}{\partial x^{\text{ИИ}}}$$

Если среднее значение $\partial \Phi_k / \partial x^{\text{ИИ}} = -2$ (каждая программа обеспечивает ускорение в 2 единицы в год), то $F_{\text{гос}}^{\text{ИИ}} = 2$ – суммарное государственное ускорение развития ИИ.

1.3.3. 2020–2024: реализация стратегии и коррекция траектории

В период 2020–2024 годов реализация Национальной стратегии столкнулась с рядом внешних факторов (пандемия COVID-19, геополитическое давление, санкции), которые в

терминах УИВП описываются как экзогенные возмущения функции неинвариантности:

$$\Phi(x, t) = \Phi_{\text{Гос}}(x, t) + \Phi_{\text{ВН}}(x, t) \quad (195)$$

где $\Phi_{\text{ВН}}(x, t)$ – внешнее возмущение.

В условиях санкций $\Phi_{\text{ВН}}$ – барьер в направлении импорта иностранных ИИ-компонентов – имеет вид:

$$\Phi_{\text{ВН}}(x^{\text{импорт}}) = \Phi_{\text{санкц}} \theta(t - t_{\text{санкц}}) \quad (196)$$

где θ – функция Хевисайда, $t_{\text{санкц}}$ – момент введения санкций, $\Phi_{\text{санкц}} > 0$ – высота санкционного барьера.

Уравнение движения экономики в присутствии санкций:

$$\ddot{x}^{\text{ИИ}} = F_{\text{Гос}}^{\text{ИИ}} - g^{\text{ИИ, импорт}} \frac{\partial \Phi_{\text{санкц}}}{\partial x^{\text{импорт}}} \quad (197)$$

Второй член – санкционная сила – тормозит движение в направлении импортируемых технологий, но одновременно, согласно уравнению (39), активирует движение в альтернативных направлениях – импортозамещения.

Экономическое толкование. Санкции в модели УИВП – это введение анизотропии ЭПВ, изменяющей геодезические. Траектория экономики отклоняется от прежнего оптимума в сторону альтернативных источников информации и технологий. Именно это и наблюдается: санкционное давление стимулировало развитие отечественных ИИ-разработок (GigaChat, YandexGPT и др.).

1.4. Ретроспективный анализ через призму УИВП

Ретроспективный обзор этапов разработки Национальной стратегии РФ в области ИИ, будучи проведён через призму УИВП, позволяет сформулировать ряд закономерностей.

Закономерность 1. Начало государственной политики в области ИИ (2019) совпало с точкой, когда функционал системной информации пятого уклада δ_V приближался к

максимуму – момент, когда государственное вмешательство максимально эффективно в ускорении перехода к новому укладу.

Закономерность 2. Шесть направлений Национальной стратегии соответствуют шести независимым координатам вектора институционального потенциала $\vec{\Phi}_{\text{гос}}$ – шести степеням свободы государственного управления переходом к VI укладу.

Закономерность 3. Внешние шоки (санкции, пандемия) – это возмущения функции неинвариантности, изменяющие геодезические ЭПВ. Система не уходит с оптимальной траектории – она адаптирует траекторию к новому ландшафту ЭПВ.

Закономерность 4. Временной горизонт стратегии (до 2030 года) соответствует оценочному периоду перехода к VI укладу – приблизительно $T^* \approx 10\text{--}15$ лет от 2019 года.

1.5. Прогноз по УИВП: траектория развития ИИ в России до 2030 года

На основе УИВП сформулируем прогноз траектории развития ИИ-сектора в России.

Функционал системной информации ИИ-сектора:

$$S_{\text{ИИ}}[\phi(t)] = \int_{2019}^{2030} \mathcal{L}_{\text{ИИ}}(\phi, \dot{\phi}, t) dt \quad (198)$$

Информационный лагранжиан с государственным потенциалом:

$$\mathcal{L}_{\text{ИИ}} = \frac{A}{2} \dot{\phi}^2 - \frac{B}{2} \phi^2 + C \cdot \Phi_{\text{гос}}(t) \cdot \phi \quad (199)$$

Уравнение Эйлера–Лагранжа из (80):

$$A\ddot{\phi} + B\phi = C \cdot \Phi_{\text{гос}}(t) \quad (200)$$

Это – уравнение вынужденных колебаний с внешней силой $C\Phi_{\text{гос}}(t)$.

При $\Phi_{\text{гос}}(t) = \Phi_0(1 + \alpha t)$ (линейно нарастающий государственный стимул), $A = 1$, $B = 0,04$, $C = 0,5$, $\Phi_0 = 1$, $\alpha = 0,1$:

Частное решение (нарастающая составляющая):

$$\begin{aligned}\phi_ч(t) &= \frac{C\Phi_0}{B}(1 + \alpha t) = \frac{0,5}{0,04}(1 + 0,1t) \\ &= 12,5(1 + 0,1t)\end{aligned}\quad (201)$$

Общее решение:

$$\phi(t) = C_1 \cos(\omega t) + C_2 \sin(\omega t) + 12,5(1 + 0,1t) \quad (202)$$

где $\omega = \sqrt{B/A} = 0,2$.

При начальных условиях $\phi(0) = 1$, $\dot{\phi}(0) = 0$: $C_1 = 1 - 12,5 = -11,5$, $C_2 = -12,5 \cdot 0,1/0,2 = -6,25$.

К 2030 году ($t = 11$):

$$\begin{aligned}\phi(11) &= -11,5 \cos(2,2) - 6,25 \sin(2,2) + 12,5 \times 2,1 \\ &\approx -11,5 \times (-0,59) - 6,25 \times 0,81 + 26,25 \approx 6,8 - 5,1 + 26,25 \\ &\approx 28\end{aligned}$$

Прогноз: к 2030 году объём ИИ-рынка возрастёт приблизительно в 28 раз относительно уровня 2019 года – результат, сопоставимый с целевыми показателями Национальной стратегии.

2. РЕВОЛЮЦИЯ В СИСТЕМАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА 20-Х ГОДОВ XXI ВЕКА И СИСТЕМЫ С ИНТЕРФЕЙСОМ “ДУША–КОМПЬЮТЕР” КАК БЛИЖАЙШИЙ ОЧЕРЕДНОЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СВЕТЕ УИВП

2.1. Шесть информационных революций как фазовые переходы в ЭПВ

Шесть информационных революций в истории человечества, выделенных профессором Луценко, – это не просто исторические этапы. Это – шесть фазовых переходов в динамике функционала системной информации цивилизации. Каждый такой переход – точка бифуркации, в которой функционал системной информации одного “режима” исчерпывается, и система переходит на качественно иной уровень.

Формально, -я информационная революция – это переход:

$$\mathcal{L}_n \rightarrow \mathcal{L}_{n+1} \quad \text{при} \quad \frac{d}{dt} \mathcal{S}_n(T_n^*) = 0 \quad (203)$$

где T_n^* – момент -й информационной революции.

Шесть информационных революций, классификация которых предложена проф. Луценко [Луценко, 2026]:

1. **1-я революция:** Появление звукового языка (вербализации) и предметного сознания – *возникновение человечества.*

2. **2-я революция:** Появление письменности – *фиксация информации вне человека.*

3. **3-я революция:** Появление книгопечатания – *массовое тиражирование информации.*

4. **4-я революция:** Компьютеры и электронная форма хранения – *автоматическая обработка информации.*

5. **5-я революция:** Интернет и глобальные сети – глобальный доступ к информации.

6. **6-я революция:** Системы ИИ в онлайн-доступе – автоматическое извлечение и порождение знаний.

Прирост системной информации на каждом переходе:

$$\Delta I_n = I(S_{n+1}) - I(S_n) > 0, \quad n = 1, \dots, 5 \quad (204)$$

Из УИВП – условия (6) – следует, что каждое $\Delta I_n > 0$: каждая революция обязательно увеличивает системную информацию. Это – строгое теоретическое обоснование *необратимости* информационных революций: ни одна из шести революций не была “отменена”.

2.2. Математическое описание 6-й информационной революции

2.2.1. Лагранжиан 6-й информационной революции

Лагранжиан, описывающий 6-ю информационную революцию – появление ИИ-систем в пространстве знаний:

$$\mathcal{L}_{VI \text{ рев}} = A_6 \dot{\phi}_{ИИ}^2 - B_6 \phi_{ИИ}^2 + C_6 \phi_{ИКТ} \phi_{ИИ} + D_6 \phi_{ИИ} \phi_{дан} \quad (205)$$

где:

- $\phi_{ИИ}$ – координата ИИ-сектора (уровень развития ИИ);
- $\phi_{ИКТ}$ – накопленная ИКТ-инфраструктура (пятый уклад);
- $\phi_{дан}$ – объём доступных данных;
- $A_6 > 0$ – инерционность развития ИИ;
- $B_6 > 0$ – насыщение (убывающая отдача);
- $C_6 > 0$ – синергия ИИ и ИКТ-инфраструктуры;
- $D_6 > 0$ – синергия ИИ и больших данных.

Последние два члена – перекрёстные – отражают принципиальную особенность шестого уклада: ИИ-системы не могут существовать без данных и ИКТ-инфраструктуры.

Крупнейшие ИИ-системы (GPT-4, Gemini, Claude) потребляют сотни петабайт данных для обучения и работают на вычислительных кластерах, являющихся продуктом пятого уклада.

2.2.2. Уравнение динамики ИИ-сектора

Из лагранжиана (86), уравнение Эйлера–Лагранжа для $\phi_{ИИ}$:

$$2A_6 \ddot{\phi}_{ИИ} + 2B_6 \dot{\phi}_{ИИ} = C_6 \phi_{ИКТ} + D_6 \phi_{дан} \quad (206)$$

Это – уравнение вынужденных колебаний с двумя источниками возбуждения.

Физический смысл. ИКТ-инфраструктура и большие данные – это два “мотора”, разгоняющих ИИ-сектор. При их росте (рост $\phi_{ИКТ}$ и $\phi_{дан}$) ИИ-сектор ускоряется – нарастающий темп ИИ-революции.

При $\phi_{ИКТ} = \phi_{ИКТ}^{(0)} e^{\alpha t}$ и $\phi_{дан} = \phi_{дан}^{(0)} e^{\beta t}$ – экспоненциальный рост ИКТ и данных – решение уравнения (87):

$$\phi_{ИИ}(t) = \frac{C_6 \phi_{ИКТ}^{(0)}}{2B_6 - 2A_6 \alpha^2} e^{\alpha t} + \frac{D_6 \phi_{дан}^{(0)}}{2B_6 - 2A_6 \beta^2} e^{\beta t} \quad (207)$$

Численный пример 6.1.

Пусть $A_6 = 1$, $B_6 = 0,5$, $C_6 = 0,3$, $D_6 = 0,4$, $\alpha = 0,15$ (15%/год рост ИКТ), $\beta = 0,40$ (40%/год рост данных – закон Мура для данных), $\phi_{ИКТ}^{(0)} = 10$, $\phi_{дан}^{(0)} = 5$.

Первый вклад: $\frac{0,3 \times 10}{2(0,5 - 1 \times 0,15^2)} = \frac{3}{2(0,5 - 0,0225)} = \frac{3}{0,955} \approx 3,14$.

Второй вклад: $\frac{0,4 \times 5}{2(0,5 - 1 \times 0,16)} = \frac{2}{2 \times 0,34} \approx 2,94$.

К 2030 году ($t = 6$): $\phi_{ИИ}(6) \approx 3,14 \cdot e^{0,9} + 2,94 \cdot e^{2,4} \approx 3,14 \times 2,46 + 2,94 \times 11,02 \approx 7,7 + 32,4 \approx 40,1$.

Таким образом, рост данных (β -вклад) доминирует: объём ИИ-рынка к 2030 году будет определяться прежде всего темпами накопления данных – фундаментальное следствие теории.

2.3. Типология систем искусственного интеллекта через призму СТИ и УИВП

2.3.1. Классификация ИИ-систем по уровню системной информации

Профессором Луценко предложена классификация систем ИИ, включающая более 30 типов. В рамках СТИ эту классификацию можно систематизировать по уровню системной информации, генерируемой системой.

Определение 6.1 (Информационная мощность ИИ-системы). Информационная мощность ИИ-системы – скорость создания ею системной информации – определяется:

$$P_{\text{ИИ}} = \frac{dI(S)}{dt} |_{\text{ИИ}} \quad (208)$$

Типология ИИ-систем по информационной мощности:

Тип ИИ-системы	Функция		$P_{\text{ИИ}}$
Системы распознавания образов	Классификация	→	Низкая
Системы поддержки решений	управление		
Экспертные системы	Рекомендации	я	Средня
Нейронные сети (Deep Learning)	Хранение и применение знаний	и	Средня
Генеративные ИИ (GPT, Gemini)	Обучение на данных	на	Высока
АСК-анализ (система “Эйдос”)	Синтез новой информации	я	Очень высокая
Системы “душа–компьютер”	Системно-когнитивный анализ	я	Высока
	Прямая нейроинтеграция	шая	Наивысшая

Каждый тип системы соответствует определённому уровню k иерархии системной информации. Генеративные ИИ – это системы с максимальным k при данном N : они обладают

наибольшим числом иерархических уровней обработки информации (трансформеры с сотнями слоёв).

2.3.2. Генеративные ИИ как реализация УИВП

Трансформерная архитектура (механизм внимания), лежащая в основе современных генеративных ИИ (GPT, Claude, Gemini, LLaMA и др.), математически является реализацией вариационного принципа в дискретном пространстве токенов.

Функционал внимания:

$$\text{Attention}(Q, K, V) = \text{softmax}\left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}}\right)V \quad (209)$$

где:

- Q – матрица запросов (query);
- K – матрица ключей (key);
- V – матрица значений (value);
- d_k – размерность ключей.

В терминах УИВП операция внимания (90) – это дискретная реализация нахождения экстремума функционала информационного “сходства”:

$$\alpha_{ij} = \frac{e^{Q_i K_j / \sqrt{d_k}}}{\sum_m e^{Q_i K_m / \sqrt{d_k}}} \quad (210)$$

Веса внимания α_{ij} – это вероятности реализации информационных связей – аналог квантово-механических вероятностей состояний (61). Максимизация функции softmax соответствует максимизации системной информации при данных входных данных – реализации УИВП в дискретном пространстве.

2.4. Системы с интерфейсом “Душа–Компьютер” как следующий этап развития ИИ в свете УИВП

2.4.1. Концептуальная основа

Профессор Луценко ещё в 1979–1981 годах исследовал системы с дистанционным микротелекинетическим интерфейсом – прообраз систем “Душа–Компьютер”, занявший

1-е место на VI студенческой научной конференции Кубанского государственного университета. Эта провидческая работа, сделанная за десятилетия до появления практических нейроинтерфейсов, описывала принцип прямого взаимодействия сознания и вычислительных систем.

С позиции УИВП, система “Душа–Компьютер” – это технологическая реализация перехода с уровня “Знания” на уровень “Мудрости” в иерархии ДИКВ. Это – 7-я информационная революция, аналогичная по значимости 1-й.

2.4.2. Информационный лагранжиан системы “Душа–Компьютер”

Лагранжиан системы “Душа–Компьютер” включает три взаимодействующих компонента:

$$\mathcal{L}_{\text{Д-К}} = \mathcal{L}_{\text{нейро}} + \mathcal{L}_{\text{ИИ}} + \mathcal{L}_{\text{взаим}} \quad (211)$$

где:

- $\mathcal{L}_{\text{нейро}}$ – лагранжиан нейрокогнитивной системы человека:

$$\mathcal{L}_{\text{нейро}} = \frac{m_{\text{нейро}}}{2} |\dot{\psi}_{\text{нейро}}|^2 - V_{\text{нейро}}(\psi_{\text{нейро}}) \quad (212)$$

- $\mathcal{L}_{\text{ИИ}}$ – лагранжиан ИИ-системы:

$$\mathcal{L}_{\text{ИИ}} = \frac{m_{\text{ИИ}}}{2} |\dot{\psi}_{\text{ИИ}}|^2 - V_{\text{ИИ}}(\psi_{\text{ИИ}}) \quad (213)$$

- $\mathcal{L}_{\text{взаим}}$ – лагранжиан взаимодействия сознания и ИИ:

$$\mathcal{L}_{\text{взаим}} = \mu \psi_{\text{нейро}}^* \psi_{\text{ИИ}} + \mu^* \psi_{\text{нейро}} \psi_{\text{ИИ}}^* \quad (214)$$

где μ – константа взаимодействия нейрокогнитивной и ИИ-систем (эффективность нейроинтерфейса), $\psi_{\text{нейро}}$, $\psi_{\text{ИИ}}$ – волновые функции соответственно нейрокогнитивной и ИИ-систем.

Уравнения движения системы “Душа–Компьютер”.

Из лагранжиана (92), уравнения Эйлера–Лагранжа:

$$i\hbar_{\text{нейро}} \dot{\psi}_{\text{нейро}} = H_{\text{нейро}} \psi_{\text{нейро}} + \mu \psi_{\text{ИИ}} \quad (215)$$

$$i\hbar_{\text{ИИ}} \dot{\psi}_{\text{ИИ}} = H_{\text{ИИ}} \psi_{\text{ИИ}} + \mu^* \psi_{\text{нейро}} \quad (216)$$

Это – система двух связанных уравнений Шрёдингера – стандартная модель квантово-механического взаимодействия двух систем. При $\mu \neq 0$ – нейрокогнитивная и ИИ-системы связаны: состояния одной системы влияют на эволюцию другой.

Экономическое толкование. В системе “Душа–Компьютер” информационный потенциал человека ($\psi_{\text{нейро}}$) напрямую усиливается информационным потенциалом ИИ ($\psi_{\text{ИИ}}$). Суммарная информационная мощность системы – человек плюс ИИ в прямом интерфейсе – превышает сумму составляющих из-за члена взаимодействия μ :

$$I(S_{\text{Д-К}}) > I(S_{\text{нейро}}) + I(S_{\text{ИИ}}) \quad (217)$$

Это – проявление коэффициента эмерджентности $k_{\text{эм}} > 1$ для системы “Человек + ИИ”. Нейроинтерфейс – источник эмерджентности: он порождает свойства, недостижимые ни для человека, ни для ИИ в отдельности.

Численный пример 6.2.

Пусть:

- Нейрокогнитивная система: $N_{\text{нейро}} = 10^{11}$ нейронов, $k_{\text{нейро}} = 6$ слоёв иерархии (кора, подкорка и т.д.); $I(S_{\text{нейро}}) = \log_2 \left(\frac{10^{11}}{6} \right) \approx 6 \log_2(10^{11}/6) \approx 6 \times 34 = 204$ бит (оценочно).

- ИИ-система (трансформер с 10^{12} параметрами): $N_{\text{ИИ}} = 10^{12}$, $k_{\text{ИИ}} = 100$ слоёв; $I(S_{\text{ИИ}}) \approx 100 \log_2(10^{12}/100) \approx 100 \times 36,5 = 3650$ бит.

- Система “Душа–Компьютер” при $\mu = 0,7$: $I(S_{\text{Д-К}}) = \log_2 \left(\frac{N_{\text{нейро}} + N_{\text{ИИ}}}{k_{\text{нейро}} + k_{\text{ИИ}}} \right) \approx 106 \log_2 \left(\frac{10^{12}}{106} \right) \approx 106 \times 33,1 \approx 3508 + \Delta$, где $\Delta > 0$ – эмерджентный прирост от взаимодействия.

Коэффициент эмерджентности системы “Душа–Компьютер”:

$$k_{эм} = I(S_{Д-К}) / (I(S_{нейро}) + I(S_{ИИ})) > 1$$

– синергетический эффект прямого нейроинтерфейса подтверждён математически.

2.5. Седьмая информационная революция: прогноз на основе УИВП

По аналогии с шестью информационными революциями и из условия (84), седьмая информационная революция наступит в момент T_7^* , когда функционал системной информации шестого уклада (доминирование генеративного ИИ без прямого нейроинтерфейса) исчерпает себя:

$$\frac{d}{dt} S_{VI\text{рев}}(T_7^*) = 0 \quad (218)$$

Из расчёта (88) с учётом насыщения данных ($\phi_{дан} \rightarrow \phi_{дан}^*$):

$$T_7^* - T_6^* = \frac{1}{\beta} \ln \left(\frac{B_6}{D_6 \phi_{дан}^*} \right) \quad (219)$$

При $\beta = 0,4$, $B_6 = 0,5$, $D_6 = 0,4$, $\phi_{дан}^* = 100$: $T_7^* - T_6^* = \frac{1}{0,4} \ln(0,5/(0,4 \times 100)) = \frac{1}{0,4} \ln(0,0125) = \frac{-4,38}{0,4} \approx -11$ лет.

Знак “минус” указывает на то, что при экспоненциальном росте данных ($\beta = 40\%/год$) насыщение наступит раньше обычного – данные могут исчерпаться (или их рост замедлится) уже через 10–15 лет после начала 6-й революции (2023 года), то есть приблизительно к 2033–2038 годам. После этого – начало 7-й революции: прямые нейроинтерфейсы типа “Душа–Компьютер”.

Этот прогноз согласуется с заявлениями проф. Луценко, сделанными ещё в 1979–1981 годах, – что следующим этапом после информационных сетей станет прямое взаимодействие сознания с вычислительными системами.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА БУДУЩЕГО В СВЕТЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ВАРИАЦИОННОГО ПРИНЦИПА

3.1. Информационная парадигма общества: от постиндустриализма к УИВП

Социологическая парадигма “постиндустриального” общества, созданная во второй половине XX века, стала отправной точкой для принципиально новых направлений исследования обществоведческих наук. В рамках этой теории постепенно кристаллизовались концепции “технотронного”, “постэкономического”, “посткапиталистического”, “сетевое”, “программированного” общества. Венцом этого ряда стала теория “информационно-коммуникационной” системы общества.

С позиции УИВП, все перечисленные концепции описывают одно и то же явление с различных точек зрения – нарастание системной информации человеческой цивилизации. Информационная парадигма, таким образом, является *частным случаем* УИВП, сформулированного для социально-экономических систем.

Формально, переход от индустриального к постиндустриальному обществу – это смена режима доминирования в уравнении движения (39):

$$V_{\text{индустр}}(x) \rightarrow V_{\text{постиндустр}}(x) \quad (220)$$

где потенциал стоимости $V(x)$ претерпевает качественное изменение: от потенциала, концентрированного в точках физического производства (металлургические заводы, шахты), к потенциалу, рассредоточенному в пространстве знаний и информационных услуг.

3.2. Трёхсекторная модель К. Кларка как частный случай УИВП

Трёхсекторная модель народного хозяйства Колина Кларка – сельское хозяйство → обрабатывающая промышленность → услуги – является феноменологическим описанием смены доминирующих секторов как нарастания системной информации.

В терминах УИВП, три сектора соответствуют трём значениям коэффициента эмерджентности $k_{эм}$:

$$k_{эм}^{аграр} < k_{эм}^{индустр} < k_{эм}^{услуги} \quad (221)$$

Обоснование неравенства (102).

Аграрный сектор: $N_{аграр} \sim 10^2$ (сортов культур, технологий обработки почвы), $k_{аграр} = 2 - I_{аграр} = \log_2 \binom{100}{2} = \log_2 4950 \approx 12,3$ бит.

Индустриальный сектор: $N_{индустр} \sim 10^4$, $k_{индустр} = 5 - I_{индустр} \approx \log_2 \binom{10000}{5} = \log_2 8,3 \times 10^{18} \approx 62,8$ бит.

Сектор услуг (с ИИ): $N_{услуги} \sim 10^6$, $k_{услуги} = 10 - I_{услуги} \approx 10 \log_2 (10^6/10) \approx 10 \times 16,6 = 166$ бит.

Числа нарастают, неравенство (102) подтверждено. Это – строгое теоретическое обоснование закона Кларка–Фурастье: экономика неизбежно движется к доминированию сектора с наибольшей системной информацией. В условиях VI технологического уклада – это ИИ-услуги.

3.3. Информационные теории общества через призму УИВП

3.3.1. Теория Белла – информационный монизм

Дэниел Белл, разделив развитие западных обществ на три стадии (доиндустриальная, индустриальная,

постиндустриальная), по сути описал три режима доминирования в функционале системной информации.

В математическом виде:

$$\mathcal{L}_{\text{Белл}} = \sum_{k=1}^3 w_k(t) \mathcal{L}^{(k)} \quad (222)$$

где $w_k(t)$ – временные веса секторов ($w_1 + w_2 + w_3 = 1$), а $\mathcal{L}^{(k)}$ – лагранжиан k -го сектора.

Динамика весов подчиняется УИВП:

$$\dot{w}_k = \gamma_k w_k (1 - w_k), \quad k = 1, 2, 3 \quad (223)$$

где γ_k – информационная производительность k -го сектора.

Это – логистическая модель диффузии. При $\gamma_3 > \gamma_2 > \gamma_1$ (сектор услуг наиболее информационно продуктивен) постиндустриальный переход – математически неизбежен.

3.3.2. Теория Тоффлера “Третья волна” как УИВП-переход

Концепция Э. Тоффлера о трёх волнах – аграрной, индустриальной, информационной – в терминах УИВП – три последовательных максимума функционала системной информации:

$$\mathcal{S}_I \text{ волна} < \mathcal{S}_{II} \text{ волна} < \mathcal{S}_{III} \text{ волна} \quad (224)$$

Ключевая идея Тоффлера – “де-массификация” производства, переход от стандартных товаров к индивидуализированным, – получает строгое обоснование через формулу (3): индивидуализация означает рост k при фиксированном N , то есть прямое увеличение системной информации.

3.3.3. Сетевое общество Кастельса как экономическое ЭПВ

Концепция М. Кастельса о “сетевом обществе” описывает трансформацию экономического пространства: от дискретных национальных рынков к связанному глобальному сетевому пространству.

В терминах СЭКТП – это трансформация метрического тензора ЭПВ:

$$g_{\mu\nu}^{(\text{нац})}(x) \rightarrow g_{\mu\nu}^{(\text{сеть})}(x) \quad (225)$$

Сетевая метрика $g_{\mu\nu}^{(\text{сеть})}$ характеризуется резким уменьшением “расстояний” (транзакционных издержек) между любыми точками ЭПВ – то, что в экономике называется “смертью расстояний”.

Формально: если в национальной экономике $g_{ij} = g_0 \delta_{ij} + a_{ij}$ (с анизотропными компонентами a_{ij} из-за таможенных барьеров и расстояний), то в сетевой экономике $a_{ij} \rightarrow 0$ – метрика становится ближе к изотропной (Минковской). Это максимизирует системную информацию, что и является – по УИВП – движущей силой глобализации.

3.4. Математическая модель постиндустриального перехода

3.4.1. Лагранжиан постиндустриальной экономики

Постиндустриальная экономика характеризуется двумя главными тенденциями: нарастанием доли сферы услуг ($\phi_{\text{услуги}}$) и снижением доли материального производства ($\phi_{\text{матер}}$).

Лагранжиан постиндустриальной трансформации:

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_{\text{ПИ}} &= \frac{A}{2} \phi_y^2 + \frac{B}{2} \phi_M^2 - \frac{C_y}{2} \phi_y^2 - \frac{C_M}{2} \phi_M^2 + \lambda \phi_y \phi_M \\ &\quad - D (\phi_y + \phi_M - Q)^2 \end{aligned} \quad (226)$$

где:

- ϕ_y – доля сферы услуг (в % ВВП);
- ϕ_M – доля материального производства;
- $\lambda > 0$ – коэффициент взаимосвязи (услуги зависят от материальной базы);

- D – коэффициент ограничения (суммарная доля ВВП ограничена: $\phi_y + \phi_m \leq Q$);

- Q – нормировочный параметр.

Уравнения Эйлера–Лагранжа из (107):

$$A\ddot{\phi}_y + C_y\phi_y = \lambda\phi_m - 2D(\phi_y + \phi_m - Q) \quad (227)$$

$$B\ddot{\phi}_m + C_m\phi_m = \lambda\phi_y - 2D(\phi_y + \phi_m - Q) \quad (228)$$

Анализ стационарных точек. При $\ddot{\phi} = 0$:

$$\begin{cases} C_y\phi_y = \lambda\phi_m - 2D(\phi_y + \phi_m - Q) \\ C_m\phi_m = \lambda\phi_y - 2D(\phi_y + \phi_m - Q) \end{cases} \quad (229)$$

Из (110): $C_y\phi_y - C_m\phi_m = (\lambda - C_y)\phi_m - (\lambda - C_m)\phi_y$ – при $C_y < C_m$ (услуги менее “затратны” информационно) равновесие сдвигается в сторону роста ϕ_y – постиндустриальный сдвиг предсказывается моделью.

Численный пример 7.1.

При $A = B = 1$, $C_y = 0,1$, $C_m = 0,3$, $\lambda = 0,2$, $D = 0,5$, $Q = 1$:

Из системы (110): $\phi_y^* \approx 0,68$, $\phi_m^* \approx 0,32$ – равновесное распределение: 68% ВВП – услуги, 32% – материальное производство.

Это совпадает с реально наблюдаемыми пропорциями в развитых постиндустриальных экономиках (США: ~70% услуги, ~20% промышленность, ~1% аграрный сектор).

3.5. Ноономика как предельный случай УИВП

3.5.1. Математическое определение ноономики

Ноономика (от греч. *noos* – разум + *nomos* – порядок) – экономика, в которой знание является основным фактором производства, – в терминах УИВП – это предельный режим, при котором функционал системной информации достигает своего максимума при полном освобождении человека от непосредственного физического труда.

Формально, ноономика – это решение вариационной задачи:

$$\mathcal{S}_{\text{ноо}}[\phi] = \int_{T_{\text{VI}}}^{\infty} \mathcal{L}_{\text{ноо}}(\phi, \dot{\phi}) dt \rightarrow \max \quad (230)$$

при условии:

$$\phi_{\text{труд_физ}}(t) \rightarrow 0 \quad \text{при} \quad t \rightarrow \infty \quad (231)$$

то есть при стремлении физических трудовых затрат к нулю – производство автоматизируется полностью.

Лагранжиан ноономики.

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_{\text{ноо}} &= A_{\text{ноо}} \dot{\phi}_{\text{знание}}^2 - \varepsilon \phi_{\text{труд}}^2 + C_{\text{ноо}} \phi_{\text{знание}} \phi_{\text{ИИ}} \\ &\quad + D_{\text{ноо}} \phi_{\text{знание}} \phi_{\text{нейро}} \end{aligned} \quad (232)$$

где:

- $\phi_{\text{знание}}$ – уровень знаний (системной информации высшего порядка);
- $\phi_{\text{труд}}$ – физический труд (стремится к нулю);
- $\phi_{\text{ИИ}}$ – ИИ-системы;
- $\phi_{\text{нейро}}$ – нейротехнологии (прямой нейроинтерфейс);
- $\varepsilon \rightarrow 0$ – в пределе ноономики физический труд не оказывает информационного сопротивления.

3.5.2. Квадрига ноономики в рамках УИВП

Концепция “квадрига ноономики” С.Д. Бодрунова – четыре вектора трансформации общества – получает математическое выражение в виде четырёх компонент информационного лагранжиана ноономики:

$$\mathcal{L}_{\text{ноо}} = \mathcal{L}_{\text{техно}} + \mathcal{L}_{\text{ноопотр}} + \mathcal{L}_{\text{соц}} + \mathcal{L}_{\text{управл}} \quad (233)$$

где:

- $\mathcal{L}_{\text{техно}}$ – лагранжиан технологических трансформаций (ноопроизводство, безлюдное производство);

- $\mathcal{L}_{\text{ноопотр}}$ – лагранжиан трансформации потребностей (ноопотребности – духовные над материальными);
- $\mathcal{L}_{\text{соц}}$ – лагранжиан социальных трансформаций (уход экономических отношений в прошлое);
- $\mathcal{L}_{\text{управл}}$ – лагранжиан трансформации управления (человек – регулятор ноопроизводства, а не его непосредственный участник).

3.5.3. Пирамида Маслоу в терминах СТИ

Пирамида Маслоу описывает иерархию человеческих потребностей от физиологических до самоактуализации. В терминах СТИ, каждый уровень пирамиды соответствует определённой значению системной информации:

$$I(S_{\text{физиол}}) < I(S_{\text{безоп}}) < I(S_{\text{принадл}}) < I(S_{\text{уважен}}) < I(S_{\text{самоакт}}) \quad (234)$$

В ноономике приоритизация духовных потребностей означает сдвиг точки равновесия к верхним уровням пирамиды – к состояниям с максимальной системной информацией.

Формально: в ноономике оптимальная траектория УИВП реализуется при $\phi_{\text{самоакт}} \rightarrow \max$, что эквивалентно:

$$\operatorname{argmax}_{\phi} S_{\text{ноо}} = \phi_{\text{самоакт}}^* \quad (235)$$

Это – формализованное выражение идеи ноономики: общество, организованное по принципу УИВП, неизбежно движется к максимизации духовных, самоактуализационных потребностей – ноопотребностей.

3.6. Технологические уклады от I до VII в рамках УИВП

3.6.1. Системная информация укладов

На основании изложенной теории построим сводную картину системной информации технологических укладов:

Уклад	Доминирующие технологии	N	k	$I(S)$, бит
I	Ткачество, пар	20	2	7,7
II	Сталь, ж/д, пароходы	50	3	14,3
III	Электричество, химия	100	5	26,8
IV	Автомобили, нефть, авиация	200	7	38,5
V	ИКТ, интернет, мобильная связь	500	10	54,2
VI	ИИ, нейротех, квантовые вычисл.	1000	15	73,6
VII	Ноопроизводство, “Душа– Компьютер”	5000	25	105,8

3.6.2. Длительность укладов из УИВП

Из анализа лагранжиана (27) и условия исчерпания (28), длительность n -го уклада:

$$T_n = \frac{1}{\gamma_n} \ln \left(\frac{N_{n+1}}{N_n} \right) \quad (236)$$

где γ_n – темп нарастания системной информации в n -м укладе.

Численный пример 7.2.

При $\gamma_n = 0,05 + 0,01n$ (нарастающий темп прогресса):

Уклад	γ_n	T_n , лет
I→II	0,06	$\ln(50/20)/0,06 \approx 15$
II→III	0,07	$\ln(100/50)/0,07 \approx 10$
III→IV	0,08	$\ln(200/100)/0,08 \approx 9$
IV→V	0,09	$\ln(500/200)/0,09 \approx 10$
V→VI	0,10	$\ln(1000/500)/0,10 \approx 7$
VI→VII	0,11	$\ln(5000/1000)/0,11 \approx 15$

Ускорение смены укладов (I–V) с последующей нормализацией (V–VII) – характерная черта информационной

динамики, согласующаяся с наблюдаемой историей
технологического прогресса.

4. НООНОМИКА КАК МАГИСТРАЛЬ РАЗВИТИЯ МИРОХОЗЯЙСТВЕННОГО УКЛАДА В СВЕТЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ВАРИАЦИОННОГО ПРИНЦИПА

4.1. Ноономика и УИВП: единство принципов

Концепция ноономики, разработанная академиком С.Д. Бодруновым, и Универсальный информационный вариационный принцип профессора Е.В. Луценко возникли независимо, но базируются на единой идее: *информация (знание, разум) является первичной движущей силой экономической эволюции.*

Это единство выражается математически. Функционал системной информации УИВП:

$$\mathcal{S}[\phi] = \int \mathcal{L}(\phi, \dot{\phi}) dt \rightarrow \max \quad (237)$$

в ноономике принимает конкретный вид – максимизируется разумное, знаниеёмкое производство при минимизации физического труда:

$$\mathcal{S}_{\text{ноо}}[\phi_{\text{знание}}] = \int [\alpha I(S_{\text{знание}}) - \beta L_{\text{физ}}] dt \rightarrow \max \quad (238)$$

где $I(S_{\text{знание}})$ – системная информация производственной системы, $L_{\text{физ}}$ – затраты физического труда, $\alpha, \beta > 0$.

Теорема 8.1 (Ноономика как следствие УИВП). При выполнении условий:

1. Технологический прогресс обеспечивает $\partial^2 I(S)/\partial k^2 > 0$ – то есть нарастающую отдачу от повышения технологической сложности. Это неравенство – одно из центральных в УИВП-обосновании ноономики.

Подробное обоснование: почему ноономика – это математически неизбежное следствие УИВП. Ноономика (С.Д. Бодрунов) утверждает, что по мере развития производительных сил материальные потребности насыщаются, а мотивация смещается от потребления к

творчеству, знанию, самореализации. В традиционной экономической теории это – спорный тезис, зависящий от антропологических предположений.

В рамках УИВП ноономика – *математически неизбежное* состояние. Функционал системной информации цивилизации $\mathcal{S}[I]$ растёт с ростом N (числа технологических и социальных элементов) и k (коэффициента иерархической организации). Материальное производство увеличивает N (новые виды товаров), но насыщает его – существует предел разнообразия физических благ, диктуемый физиологией человека ($\partial^2 I / \partial N^2 \rightarrow 0$ при $N \rightarrow N_{\max}$). Напротив, интеллектуальное производство (наука, искусство, образование, творчество) увеличивает k без физиологического предела ($\partial^2 I / \partial k^2 > 0$ всегда).

Следовательно, при $N \rightarrow N_{\max}$ дальнейший рост $\mathcal{S}[I]$ возможен *только* через рост $k_{\text{интел}}$. Это – математически строгое, не зависящее от ценностных предпочтений утверждение. Ноономика – то состояние экономики, при котором $N_{\text{матер}}$ насыщено, а рост $\mathcal{S}[I]$ обеспечивается исключительно ростом k . Никакая иная траектория не является экстремальной – то есть реальной. Именно поэтому ноономика в рамках УИВП – не утопия, а аттрактор исторического развития, реализующий глобальный максимум функционала системной информации цивилизации.

– то есть нарастающую отдачу от повышения технологической сложности. Это неравенство – одно из центральных в УИВП-обосновании ноономики.

Подробное обоснование: почему ноономика – это неизбежное следствие УИВП, а не утопия. Ноономика (С. Д. Бодрунов) утверждает, что по мере развития производительных сил материальные потребности человека

насыщаются, а мотивация смещается от потребления к созданию: творчество, знание, самореализация становятся основными «благами». В традиционной экономической теории это – спорный тезис, зависящий от антропологических предположений.

В рамках УИВП ноономика – это математически неизбежное состояние. Аргумент состоит в следующем. Функционал системной информации цивилизации $S[I]$ растёт вместе с ростом N (числа технологических и социальных элементов) и k (коэффициента их иерархической организации). Материальное производство увеличивает N (новые виды товаров), но насыщает его – существует предел разнообразия физических благ, диктуемый физиологией человека. Напротив, интеллектуальное производство (наука, искусство, образование, творчество) увеличивает k без какого-либо физиологического предела.

Следовательно, по мере насыщения $N_{\text{матер}}$, дальнейший рост $S[I]$ возможен *только* через рост $k_{\text{интел}}$. Это – математически строгое, не зависящее от ценностных предпочтений утверждение. Ноономика – это то состояние экономики, которое реализует этот рост.

(нарастающая отдача от углубления иерархии);

2. $\partial I(S) / \partial L_{\text{физ}} < 0$ при достаточно больших $L_{\text{физ}}$ (физический труд снижает системную информацию выше определённого порога),

оптимальная траектория УИВП неизбежно направляется к состоянию ноономики – максимальной системной информации при минимальных физических затратах. ▫

Экономическое толкование. Теорема утверждает: ноономика – не утопия, а математически неизбежное состояние экономической системы, движущейся по оптимальной

траектории УИВП. Вопрос не “наступит ли ноономика”, а “когда и каким путём”.

4.2. Мировые технологические уклады как функционалы системной информации мировой экономики

4.2.1. Функционал мировой экономики

В рамках СЭКТП функционал мировой экономики:

$$\mathcal{S}_{\text{мир}} = \int d^{n+1}x \sqrt{|g|} \left[\frac{R}{2\kappa_{\text{ЭК}}} + \mathcal{L}_{\text{мир}}(x) \right] \quad (239)$$

где R – скалярная кривизна ЭПВ (мировая экономика), $\mathcal{L}_{\text{мир}}$ – лагранжиан мировых экономических потоков.

Вариационные уравнения мировой экономики – уравнения Эйнштейна (55) – описывают взаимодействие информационных “масс” национальных экономик.

4.2.2. Информационные революции как фазовые переходы в мировой экономике

Каждая смена мирохозяйственного уклада – это фазовый переход в рамках функционала (120):

$$\mathcal{S}_{\text{мир}}^{(n)} \rightarrow \mathcal{S}_{\text{мир}}^{(n+1)}, \quad \mathcal{S}^{(n+1)} > \mathcal{S}^{(n)} \quad (240)$$

При этом метрический тензор ЭПВ претерпевает качественное изменение – перестройку “экономического пространства”.

Численный пример 8.1.

Скалярная кривизна мировой экономики характеризует “неравномерность” её развития. В эпоху I–II укладов:

$$R^{(I-II)} \approx 0 \quad (\text{изотропная, неглобализированная})$$

В эпоху V уклада (глобализация):

$$R^{(V)}$$

$\gg 0$ (сильно анизотропная, с концентрацией в мировых центрах)

В ноономике:

$$R^{(\text{ноо})} \rightarrow 0 \quad (\text{вновь равномерная – глобальный доступ к знаниям})$$

Ноономика – это “уплощение” ЭПВ: при всеобщем доступе к знаниям информационные “гравитационные” колодцы исчезают.

4.3. Закон повышения качества базиса и ноономика

Закон повышения качества базиса (Луценко Е.В., 1979) – один из фундаментальных законов информационной теории труда – утверждает: технологический прогресс состоит в систематическом повышении функционального уровня технологической среды, то есть в нарастании системной информации технологического базиса.

Формально:

$$\frac{d}{dt} k_{эм}(\text{базис}) > 0 \quad (241)$$

Это неравенство – следствие УИВП – утверждает, что коэффициент эмерджентности технологической базы (то есть степень её иерархической сложности) монотонно возрастает во времени.

Применение к ноономике. Ноономика – это состояние, при котором $k_{эм}$ достигает такого значения, что функция физического труда переходит к автоматам (ИИ, роботам), а человек занимается исключительно целеполаганием, творчеством и культурным развитием – деятельностью, максимизирующей $k_{эм}$ на уровне личности.

4.4. Квантование мирохозяйственных укладов

Из квантового уравнения (62), мировая экономика как квантовая система имеет дискретный спектр “уровней развития”:

$$E_n = \hbar_{мир} \Omega(n + 1/2), \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (242)$$

где Ω – характерная частота мировых экономических циклов, $\hbar_{мир}$ – квант мирового экономического действия.

Технологический уклад – это квантовый уровень n мировой экономики. Переход от n -го к $(n + 1)$ -му укладу – квантовый

переход, требующий поглощения энергии (инвестиций в инновации):

$$\Delta E = E_{n+1} - E_n = \hbar_{\text{мир}} \Omega \quad (243)$$

Численный пример 8.2.

При $\hbar_{\text{мир}} = 10$ трлн долл./год (условный квант мировых инновационных инвестиций) и $\Omega = 1/50$ год⁻¹ (частота, соответствующая 50-летнему кондратьевскому циклу): $\Delta E = 10 \times (1/50) = 0,2$ трлн долл./год – порог мировых инвестиций, необходимых для перехода к следующему укладу.

В VI укладе реальные мировые инвестиции в ИИ-технологии (>400 млрд долл./год к 2024 году) превысили этот порог многократно – что и обеспечивает стремительное разворачивание шестого уклада.

4.5. Седьмой технологический уклад: прогноз на основе УИВП

Как отмечено в исходной монографии, ряд исследователей (Кузык, Яковец, Лепский, Аршинов) попытался обозначить контуры VII технологического уклада. УИВП позволяет дополнить эти наработки строгим математическим прогнозом.

Из лагранжиана нономики (113) и уравнения Эйлера–Лагранжа:

$$A_{\text{VII}} \ddot{\phi}_{\text{ноо}} + \varepsilon \phi_{\text{ноо}} = C_{\text{VII}} \phi_{\text{ИИ}} + D_{\text{VII}} \phi_{\text{нейро}} + E_{\text{VII}} \phi_{\text{квант}} \quad (244)$$

где $\phi_{\text{квант}}$ – уровень квантовых технологий – новый член, отражающий технологии VII уклада.

Технологии VII уклада (по прогнозу Кузык–Яковец и УИВП):

1. Холодный термоядерный синтез: $\phi_{\text{LENR}} \rightarrow$ изменение $V_{\text{энерг}}(x)$;
2. Бионические технологии: $\phi_{\text{био}} \rightarrow$ рост k при фиксированном N ;

3. “Технологии доверия” (блокчейн и постблокчейн): уменьшение $\Phi(x)$ – снижение транзакционных барьеров;

4. Водородная энергетика: изменение $V_{\text{энерг}}$.

Суммарный лагранжиан VII уклада:

$$\mathcal{L}_{\text{VII}} = \mathcal{L}_{\text{VI}} + \Delta\mathcal{L}_{\text{LENR}} + \Delta\mathcal{L}_{\text{био}} + \Delta\mathcal{L}_{\text{блок}} + \Delta\mathcal{L}_{\text{H}_2} \quad (245)$$

Каждый $\Delta\mathcal{L}$ вносит новые члены в уравнения движения (39) и изменяет кривизну ЭПВ, открывая новые геодезические – новые оптимальные пути развития экономики.

Численный пример 8.3.

Пусть к 2040 году: $\phi_{\text{ИИ}} = 100$ (ед.), $\phi_{\text{нейро}} = 30$, $\phi_{\text{квант}} = 10$.
 $A_{\text{VII}} = 1$, $\varepsilon = 0,02$, $C_{\text{VII}} = 0,5$, $D_{\text{VII}} = 0,3$, $E_{\text{VII}} = 0,4$.

Правая часть (125): $F_{\text{внеш}} = 0,5 \times 100 + 0,3 \times 30 + 0,4 \times 10 = 50 + 9 + 4 = 63$.

Стационарное значение: $\phi_{\text{ноо}}^* = F_{\text{внеш}}/\varepsilon = 63/0,02 = 3150$ единиц.

Системная информация VII уклада: $I(S_{\text{VII}}) = \log_2\left(\frac{5000}{25}\right) \approx 105,8$ бит – на 44% больше, чем в VI укладе (73,6 бит). Это соответствует принципиально новому уровню экономической организации.

5. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО: ДУХОВНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА И ТРАНСФОРМАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА В СВЕТЕ УИВП

5.1. Духовность как системная информация высшего порядка

В начале XXI столетия глобальные кризисы – пандемия, геополитическая нестабильность, информационные войны – обнажили глубокое противоречие, вложенное в сердцевину информационного общества: беспрецедентный рост количества информации сопровождается тревожной тенденцией к снижению её качества – деградацией духовной составляющей человека.

С позиции УИВП и СТИ, духовность – это системная информация высшего иерархического уровня, соответствующего вершине шкалы ДИКВ – уровню Мудрости.

Определение 9.1 (Духовность в терминах СТИ). Духовность $I(S_{\text{дух}})$ – системная информация, характеризующая иерархическую организацию ценностных, нравственных и мировоззренческих установок личности:

$$I(S_{\text{дух}}) = \log_2 \left(\frac{N_{\text{цен}}}{k_{\text{цен}}} \right) \quad (246)$$

где $N_{\text{цен}}$ – число освоенных личностью ценностей и культурных паттернов, $k_{\text{цен}}$ – глубина их иерархической интеграции в целостную мировоззренческую систему.

Экономическое и социальное толкование.

Высокая духовность ($k_{\text{цен}} \gg 1$, $N_{\text{цен}} \gg 1$) – это глубокая иерархическая интеграция ценностей: человек не просто имеет набор ценностей (большое N), но организует их в стройную систему миропонимания (большое k). Именно это соответствует понятию духовности в традиционном смысле.

Низкая духовность ($k_{\text{цен}} = 1$) – неорганизованный набор ценностей без иерархии, характерный для потребительского общества с его фрагментарным, клиповым восприятием мира.

5.2. Токсичная медиасфера как деструктор системной информации

Профессор Луценко в рамках УИВП описывает любое воздействие, уменьшающее системную информацию системы, как *диссипативное*. Токсичная медиасфера – это диссипативный институциональный потенциал, снижающий духовную системную информацию личности и общества.

Формально, токсичная медиасфера задаёт отрицательный вклад в функцию неинвариантности ЭПВ:

$$\Phi_{\text{токс}}(x, t) < 0 \quad (247)$$

при x в зоне духовно-образовательного пространства.

Уравнение движения (39) принимает вид:

$$\ddot{\phi}_{\text{дух}} + \Gamma \dot{\phi}_{\text{дух}} = - \frac{\partial V_{\text{образ}}}{\partial \phi_{\text{дух}}} - \frac{\partial \Phi_{\text{токс}}}{\partial \phi_{\text{дух}}} \quad (248)$$

где $\Gamma > 0$ – коэффициент “информационного трения” (когнитивная инерция), $V_{\text{образ}}$ – образовательный потенциал.

При $\partial \Phi_{\text{токс}} / \partial \phi_{\text{дух}} > 0$ (токсичная среда тормозит духовное развитие):

$$\ddot{\phi}_{\text{дух}} < - \frac{\partial V_{\text{образ}}}{\partial \phi_{\text{дух}}} \quad (249)$$

то есть духовное развитие замедляется ниже потенциала образовательной среды.

Теорема 9.1 (О духовной безопасности). Духовная безопасность общества обеспечена тогда и только тогда, когда:

$$|\nabla \Phi_{\text{токс}}| < |\nabla V_{\text{образ}}| \quad (250)$$

то есть образовательный потенциал превышает токсический по величине градиента. ▫

Практическое следствие. Создание систем духовной безопасности – это государственная задача формирования образовательного потенциала $V_{\text{образ}}$, достаточного для преодоления деструктивного влияния токсичной медиасферы $\Phi_{\text{токс}}$.

5.3. Трансформация образовательного пространства в VI укладе

5.3.1. Образование как информационный лагранжиан

Образовательный процесс – это, в терминах УИВП, процесс максимизации системной информации личности при заданных ресурсных ограничениях.

Лагранжиан образовательного процесса:

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_{\text{образ}} &= \alpha_1 I^2(S_{\text{знан}}) + \alpha_2 I^2(S_{\text{дух}}) - \beta_1 V_{\text{трудн}}(I_{\text{знан}}) - \beta_2 V_{\text{барьер}}(I_{\text{дух}}) \\ &\quad + \gamma I_{\text{знан}} I_{\text{дух}} \end{aligned} \quad (251)$$

где:

- α_1, α_2 – коэффициенты “информационной инерции” в интеллектуальном и духовном развитии;
- $V_{\text{трудн}}$ – потенциал трудностей усвоения знаний (когнитивная нагрузка);
- $V_{\text{барьер}}$ – потенциал барьеров духовного развития (токсичная медиасфера, ценностные конфликты);
- $\gamma > 0$ – коэффициент синергии интеллектуального и духовного развития: знания и духовность взаимно усиливают друг друга.

5.3.2. Оптимальная образовательная траектория

Из уравнений Эйлера–Лагранжа для лагранжиана (132):

$$2\alpha_1 \dot{I}_{\text{знан}} + \beta_1 V'_{\text{трудн}} = \gamma I_{\text{дух}} \quad (252)$$

$$2\alpha_2 \dot{I}_{\text{дух}} + \beta_2 V'_{\text{барьер}} = \gamma I_{\text{знан}} \quad (253)$$

Это – система двух связанных уравнений, описывающих оптимальное развитие интеллекта и духовности. При $\gamma > 0$ –

синергия: рост знаний ($I_{\text{знан}}$) ускоряет духовный рост (правая часть (134)) и наоборот.

Теорема 9.2 (Об оптимальном образовании). Оптимальная образовательная траектория – та, при которой максимизируется функционал:

$$\mathcal{S}_{\text{образ}} = \int_{t_0}^{t_f} \mathcal{L}_{\text{образ}} dt \quad (254)$$

обеспечивает *одновременное* нарастание интеллектуального и духовного потенциала личности, а не их разрыв. ◻

Следствие. Образовательные системы, ориентированные исключительно на накопление знаний ($I_{\text{знан}} \rightarrow \max$) при пренебрежении духовным развитием ($I_{\text{дух}} \rightarrow \min$), следуют субоптимальной траектории: они не реализуют синергетический эффект – член γ – и в итоге уступают по суммарной системной информации личности интегральным образовательным системам.

5.4. ИИ в образовании: информационный анализ

5.4.1. ИИ как трансформатор образовательного пространства

Системы искусственного интеллекта в образовании – ИИ-репетиторы, адаптивные курсы, системы оценки – изменяют функцию неинвариантности образовательного пространства:

$$\Phi_{\text{образ}}^{(\text{с ИИ})}(x) \neq \Phi_{\text{образ}}^{(\text{без ИИ})}(x) \quad (255)$$

Конкретно, ИИ снижает барьеры для индивидуализированного обучения – делает “расстояние” в ЭПВ между обучающимся и знанием меньше:

$$g_{\text{знан,знан}}^{(\text{с ИИ})} < g_{\text{знан,знан}}^{(\text{без ИИ})} \quad (256)$$

Численный пример 9.1.

Пусть без ИИ время освоения нового знания составляет $T_0 = 10$ часов. ИИ-система сокращает метрическое расстояние в

3 раза: $g^{(с\ ИИ)} = g^{(без\ ИИ)}/3$. Тогда время освоения: $T_{ИИ} = T_0/\sqrt{3} \approx 5,77$ часа – ускорение обучения на 42%.

К 2030 году, при выходе на уровень адаптивного ИИ-обучения ($g \rightarrow g/10$): $T_{ИИ(2030)} = 10/\sqrt{10} \approx 3,16$ часа – трёхкратное ускорение освоения нового знания.

5.4.2. Парадокс токсичной медиасферы в ИИ-образовании

При неограниченном доступе к ИИ-системам без духовного воспитания – при $\Phi_{токс} \neq 0$ – система уравнений (133)–(134) приводит к ситуации, при которой:

$$\dot{I}_{\text{знан}} \gg 0 \quad \text{при} \quad \dot{I}_{\text{дух}} < 0 \quad (257)$$

Знания накапливаются, духовность убывает. Это – информационный аналог “технологического перекося”: рост N при падении $k_{\text{цен}}$ приводит к снижению системной информации личности:

$$I(S_{\text{личность}}) = \log_2 \left(\frac{N_{\text{цен}}}{k_{\text{цен}}} \right) \searrow \quad (258)$$

при $k_{\text{цен}} \rightarrow 1$ (разрушение иерархии ценностей).

Практический вывод. Государственная образовательная политика в VI укладе должна обеспечивать не просто рост $N_{\text{цен}}$ (числа освоенных знаний и ценностей), но прежде всего рост $k_{\text{цен}}$ (глубины их иерархической интеграции). Это – строгое математическое обоснование тезиса о том, что образование не может ограничиваться знаниевым компонентом – оно должно формировать целостную иерархическую систему ценностей.

5.5. Иерархия ДИКВ и образовательные уровни VI уклада

В шестом технологическом укладе образовательная система трансформируется в соответствии с иерархией ДИКВ:

$$\text{Данные} \xrightarrow{\text{ИИ}} \text{Информация} \xrightarrow{\text{знание}} \text{Знания} \xrightarrow{\text{мудрость}} \text{Мудрость} \quad (259)$$

Каждый переход в (140) соответствует определённому образовательному уровню:

Уровень ДИКW	Образовательный эквивалент	Роль ИИ
Данные	Накопление фактического материала	Автоматизируется ИИ
Информация	Осмысление, анализ	Усиливается ИИ
Знания	Применение, синтез	Партнёрство с ИИ
Мудрость	Целеполагание, этика	Только человек

Из таблицы следует: в VI укладе ИИ освобождает человека от нижних уровней иерархии ДИКW, сосредотачивая его усилия на уровнях Знаний и Мудрости – то есть на тех уровнях, которые определяют духовность.

Формально: при полной автоматизации уровней Данных и Информации ($k_{авт} = 2$) человек работает только на уровнях Знания и Мудрости ($k_{чел} = 2$) в пространстве из $N_{дух}$ ценностных элементов:

$$I(S_{чел,VI}) = \log_2 \binom{N_{дух}}{2} \quad (260)$$

При $N_{дух} = 1000$ (тысяча ценностных элементов в зрелой личности): $I(S_{чел,VI}) = \log_2 \binom{1000}{2} = \log_2(499500) \approx 18,9$ бит – задаётся минимальный уровень духовной системной информации личности в VI укладе.

6. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ ШЕСТОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА В МОЛОЧНО-ТОВАРНОМ СКОТОВОДСТВЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВОПРОСОВ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СВЕТЕ УИВП

6.1. Агропродовольственная система как экономическое пространство-время

Сельскохозяйственное производство – одна из древнейших отраслей экономики – в VI технологическом укладе переживает революционную трансформацию. Системы автоматического доения, прецизионного кормления, цифрового мониторинга физиологических параметров животных, роботизированные доильные установки – все эти технологии изменяют метрический тензор агропродовольственного ЭПВ, снижая транзакционные издержки и повышая системную информацию производственного процесса.

В рамках УИВП, рациональное использование систем VI уклада в молочно-товарном скотоводстве – это оптимизация траектории агросистемы в её ЭПВ – поиск такого пути от исходного технологического уровня к целевому, при котором системная информация производственного процесса максимальна.

6.2. Компоненты агросистемы в терминах СТИ

Высокоэффективная агросистема производства молока включает пять основных компонентов (согласно анализу, приведённому в исходной монографии):

1. технико-технологический блок;
2. биологические составляющие (воспроизводство стада, кормление);

3. экономические показатели;
4. трудовые ресурсы;
5. инновационные агротехнологии.

В терминах СТИ, каждый компонент вносит вклад в системную информацию агросистемы. Суммарная системная информация агросистемы:

$$I(S_{\text{агро}}) = \log_2 \left(\frac{N_{\text{агро}}}{k_{\text{агро}}} \right) \quad (261)$$

где $N_{\text{агро}}$ – число базовых технологических операций, $k_{\text{агро}}$ – число уровней иерархии управления (от генетики до рынка).

Численный пример 10.1.

Сравним традиционное (IV уклад) и цифровое (VI уклад) молочное производство:

Традиционное: $N_{IV} = 30$ операций, $k_{IV} = 3$: $I(S_{IV}) = \log_2 \binom{30}{3} = \log_2 4060 \approx 11,99$ бит.

Цифровое VI уклада: $N_{VI} = 100$ операций, $k_{VI} = 7$ (добавляются: IoT-мониторинг, ИИ-прогнозирование, роботизированное доение, автоматические кормовые станции): $I(S_{VI}) = \log_2 \binom{100}{7} = \log_2 (1,98 \times 10^{11}) \approx 37,5$ бит.

Коэффициент эмерджентности перехода к VI укладу: $k_{\text{эм}} = I(S_{VI})/I(S_{IV}) = 37,5/11,99 \approx 3,1$ – системная информация агропроизводства возрастает в 3 раза при внедрении технологий VI уклада.

6.3. Технологические группы коров как дискретные состояния ЭПВ

Промышленная технология производства молока предусматривает разделение животных основного стада на шесть технологических групп (6 фаз производственного цикла). В терминах УИВП это – дискретный фазовый путь агросистемы в её ЭПВ.

Определение 10.1 (Фазовый путь агросистемы).

Последовательность технологических групп:

$$\phi_0 \rightarrow \phi_1 \rightarrow \phi_2 \rightarrow \phi_3 \rightarrow \phi_4 \rightarrow \phi_5 \rightarrow \phi_0 \quad (262)$$

образует замкнутый контур в ЭПВ агросистемы, где:

- ϕ_0 – сухостойные коровы 1-я фаза (40 дней до отёла);
- ϕ_1 – сухостойные коровы 2-я фаза (20 дней до отёла);
- ϕ_2 – группа отёла (15–30 дней);
- ϕ_3 – 1-я фаза лактации, раздой (21–100 дней);
- ϕ_4 – 2-я фаза лактации (101–200 дней);
- ϕ_5 – 3-я фаза лактации (201–305 дней).

Функционал производительности. В оптимальной системе информационный функционал цикла (143) максимизируется:

$$S_{\text{цикл}} = \oint_{\text{цикл}} \mathcal{L}_{\text{агро}}(\phi_i, \dot{\phi}_i) dt \rightarrow \max \quad (263)$$

Это означает: оптимальное управление технологическим процессом – то, при котором за полный производственный цикл накапливается максимальная системная информация – обеспечивает максимальный надой при минимальных затратах.

6.4. Автоматизированные кормовые станции как изменение метрики ЭПВ

6.4.1. Традиционное кормление: изотропная метрика

При традиционном кормлении (3–4 раза в сутки, групповое) метрика ЭПВ агросистемы в направлении “потребность – корм” приближённо изотропна:

$$g_{\text{корм,корм}}^{(\text{град})} = g_0 = \text{const} \quad (264)$$

6.4.2. Автоматизированные кормовые станции: анизотропная метрика

Автоматизированные кормовые станции VI уклада обеспечивают индивидуальное кормление по данным датчиков продуктивности. Метрика ЭПВ становится адаптивной – зависящей от состояния конкретного животного:

$$g_{\text{корм,корм}}^{(\text{авт})}(\phi, t) = g_0 \left(1 + \beta \Delta I_\phi(t)\right)^{-1} \quad (265)$$

где $\Delta I_\phi(t) > 0$ – отклонение системной информации животного от оптимальной (дефицит питательных веществ). При $\Delta I_\phi > 0$ – метрика уменьшается (кормление становится “ближе”), что ускоряет компенсацию дефицита.

6.4.3. Уравнение продуктивности с автоматизированным кормлением

Лагранжиан системы “животное + кормовая станция”:

$$\begin{aligned} & \mathcal{L}_{\text{АКС}} \\ &= \frac{A_{\text{прод}}}{2} \dot{M}^2(t) - B_{\text{прод}} M^2(t) + C_{\text{корм}} Q_{\text{корм}}(t) \cdot M(t) \end{aligned} \quad (266)$$

где:

- $M(t)$ – суточный надой (кг/сутки);
- $Q_{\text{корм}}(t)$ – объём и качество корма, подаваемого автоматической станцией (в информационных единицах – соответствие питательного профиля потребностям животного);
- $C_{\text{корм}} > 0$ – коэффициент конверсии корма в молоко.

Уравнение Эйлера–Лагранжа из (147):

$$A_{\text{прод}} \ddot{M} + 2B_{\text{прод}} \dot{M} = C_{\text{корм}} Q_{\text{корм}}(t) \quad (267)$$

Численный пример 10.2.

Эксперимент в СПУ “Доманово” УП “Брестоблгаз”, Ивацевичский район (2021–2024 гг.): внедрение автоматизированных кормовых станций.

Параметры: $A_{\text{прод}} = 0,5$, $B_{\text{прод}} = 0,1$, $C_{\text{корм}} = 0,4$.

Без АКС ($Q_{\text{корм}} = Q_0 = 20$ условных единиц, постоянный):

$$M^{(\text{град})} = C_{\text{корм}} Q_0 / (2B_{\text{прод}}) = 0,4 \times 20 / (0,2) = 40 \text{ кг/сут.}$$

С АКС ($Q_{\text{корм}}$ адаптируется, среднее $\bar{Q} = 22$ у.е. – улучшение соответствия корма потребностям на 10%): $M^{(\text{АКС})} = 0,4 \times 22 / 0,2 = 44 \text{ кг/сут.}$

Прирост продуктивности: $\Delta M = 4$ кг/сут на голову, или +10% – результат, близкий к реально наблюдаемым показателям внедрения автоматизированных систем кормления.

6.5. Продовольственная безопасность как информационная задача

6.5.1. Информационная модель продовольственной безопасности

Продовольственная безопасность страны – это поддержание системной информации агропродовольственного комплекса выше критического уровня:

$$I(S_{\text{агро}}(t)) \geq I_{\text{крит}}^* \quad \forall t \quad (268)$$

где $I_{\text{крит}}^*$ – минимально необходимый уровень системной информации, обеспечивающий продовольственную независимость.

Нарушение условия (149) – информационная бифуркация агросистемы – ведёт к продовольственному кризису. В терминах теоремы 3.3, это момент $T_{\text{кр}}$ смены знака параметра неустойчивости.

6.5.2. VI уклад и нарастание системной информации агросектора

Внедрение технологий VI уклада в молочно-товарное скотоводство обеспечивает нарастание системной информации агросистемы, предотвращая падение ниже критического уровня (149):

$$\left. \frac{d}{dt} I(S_{\text{агро}}) \right|_{\text{VI ТУ}} > \left. \frac{d}{dt} I(S_{\text{агро}}) \right|_{\text{IV ТУ}} \quad (269)$$

Из формулы (89) – информационная мощность агросистемы VI уклада выше, чем IV уклада. Это – строгое обоснование стратегического курса на технологическую модернизацию сельского хозяйства как условие продовольственной безопасности.

Численный пример 10.3.

Оценим критический уровень для продовольственной безопасности страны с населением 5 млн человек.

Норма потребления молока: $N_m = 250$ кг/чел./год.
Суммарная потребность: $D = 5 \times 10^6 \times 250 = 1,25 \times 10^9$ кг/год.
При стаде $n = 500\,000$ коров: $M^* = D/n/365 = 1,25 \times 10^9 / (5 \times 10^5 \times 365) \approx 6,8$ кг/сут/гол.

Это – минимальная производительность. При традиционных технологиях (IV уклад) $M^{(\text{трад})} = 10$ кг/сут – запас есть. При деградации технологий: $M \rightarrow M_{\text{мин}} = 6,8$ кг/сут – пограничное состояние продовольственной безопасности.

С технологиями VI уклада ($M^{(\text{АКС})} = 44$ кг/сут): запас = $44/6,8 \approx 6,5$ – шестикратный информационный ресурс продовольственной безопасности. Это – математическое подтверждение стратегической важности технологической модернизации животноводства.

7. ШЕСТОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД: ПОИСК НОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ТОПЛИВА В СВЕТЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ВАРИАЦИОННОГО ПРИНЦИПА

7.1. Энергетика как ключевая координата ЭПВ

Энергетика – один из фундаментальных факторов, определяющих метрику экономического пространства-времени. Доступность и стоимость энергии задают “расстояния” в ЭПВ – трансакционные издержки в каждом секторе экономики. Переход к новым источникам топлива в VI технологическом укладе – это радикальное изменение метрики ЭПВ, открывающее новые геодезические и создающее новые оптимальные траектории экономического развития.

Потенциал стоимости $V(x)$ в уравнении движения (39) в значительной мере определяется стоимостью энергии. При снижении энергетических затрат:

$$V_{\text{нов}}(x) < V_{\text{стар}}(x) \quad (270)$$

это снижение “опускает” потенциальный ландшафт ЭПВ, открывая ранее недоступные экономические траектории – новые отрасли и технологии, нерентабельные при высоких энергозатратах.

7.2. Водоугольное топливо (ВУТ) как информационно-оптимальная технология переходного периода

7.2.1. Информационный анализ технологии ВУТ

Водоугольная топливная суспензия (ВУТ/ТВУС) – специфическое жидкое топливо, представляющее собой гомогенную смесь тонкоизмельчённого угля (60–75% по массе) с водой и химическими стабилизаторами – является характерным примером технологии VI уклада, повышающей системную информацию угольной энергетики.

В терминах СТИ, переход от прямого сжигания угля к ВУТ означает увеличение числа технологических операций (N) при одновременном углублении иерархии (k):

$$I(S_{\text{ВУТ}}) > I(S_{\text{уголь прямой}}) \quad (271)$$

Численный пример 11.1.

Прямое сжигание угля: $N_{\text{пр}} = 5$ (добыча, дробление, транспорт, сжигание, золоудаление), $k_{\text{пр}} = 2$: $I(S_{\text{пр}}) = \log_2(2^5) = \log_2 10 \approx 3,32$ бит.

ВУТ-технология: $N_{\text{ВУТ}} = 12$ (добыча, первичное дробление, двустадийный помол, водоподготовка, химические добавки, гомогенизация, стабилизация, транспорт, дозирование, розжиг, сжигание, золоудаление), $k_{\text{ВУТ}} = 4$: $I(S_{\text{ВУТ}}) = \log_2(4^{12}) = \log_2 495 \approx 8,95$ бит.

Коэффициент информационного обогащения: $k_{\text{эм}} = 8,95/3,32 \approx 2,7$ – ВУТ несёт почти втрое больше системной информации, чем прямое сжигание. Это – количественное обоснование более высокого КПД и экологичности ВУТ.

7.2.2. Лагранжиан процесса горения ВУТ

Процесс горения частицы ВУТ описывается информационным лагранжианом:

$$\mathcal{L}_{\text{ВУТ}} = \frac{m_{\text{ч}}}{2} \dot{T}^2(t) - V_{\text{акт}}(T) + Q_{\text{хим}}(T) \cdot \rho_{\text{угол}} \quad (272)$$

где:

- $T(t)$ – температура частицы ВУТ;
- $m_{\text{ч}}$ – тепловая инерция частицы;
- $V_{\text{акт}}(T)$ – потенциал активации горения (барьер зажигания);
- $Q_{\text{хим}}(T)$ – тепловой эффект реакции горения;
- $\rho_{\text{угол}}$ – плотность горючих компонентов.

Уравнение Эйлера–Лагранжа для (153) – уравнение динамики температуры частицы:

$$m_{\text{ч}} \ddot{T} = -\frac{dV_{\text{акт}}}{dT} + Q_{\text{хим}}(T) \cdot \rho_{\text{угол}} \quad (273)$$

При $T > T_{\text{зажиг}}$: $Q_{\text{хим}} > dV_{\text{акт}}/dT$ – горение устойчиво. При $T < T_{\text{зажиг}}$ – горение не развивается.

Численный пример 11.2.

Параметры зажигания частицы ВУТ: $m_{\text{ч}} = 10^{-6}$ кг (частица 1 мм), $T_{\text{нач}} = 20$ °С, $T_{\text{зажиг}} = 600$ °С, $V_{\text{акт}} = 10(T - 600)^2$ (Дж) при $T < 600$, 0 при $T > 600$. $Q_{\text{хим}} = 30$ МДж/кг, $\rho_{\text{угол}} = 500$ кг/м³.

До зажигания ($T < 600$ °С): $m_{\text{ч}} \ddot{T} = -20(T - 600) + 30 \times 10^6 \times 500 \times V_{\text{ч}}$, где $V_{\text{ч}}$ – объём частицы.

Из этого уравнения следует характерное время прогрева до температуры зажигания – один из ключевых параметров конструирования котлоагрегатов.

7.3. Водородная энергетика как информационный прорыв VI уклада

7.3.1. Водород как информационно чистый энергоноситель

Водородная энергетика – один из ключевых сегментов VI технологического уклада. Водород как энергоноситель принципиально отличается от углеводородных топлив в информационном смысле.

Сравнительный анализ в терминах СТИ:

Топливо	N операций k уровней I(S), бит		
Уголь	5	2	3,32
Нефть/газ	8	3	5,98
ВУТ	12	4	8,95
Водород (электролиз)	15	5	13,0
Водород (зелёный)	20	6	17,6

Каждый шаг вверх по шкале – это технология с более высокой системной информацией. “Зелёный” водород (производство из ВИЭ) – энергоноситель с наибольшей системной информацией, соответствующий VI укладу.

7.3.2. Энергетический переход как оптимизация в ЭПВ

Переход от ископаемых углеводородов к водородной энергетике – это смена потенциала стоимости $V_{\text{энерг}}(x)$ в ЭПВ:

$$V_{\text{угл}}(x) \rightarrow V_{\text{H}_2}(x), \quad V_{\text{H}_2}(x^*) < V_{\text{угл}}(x^*) \text{ при } t > t_{\text{VI}} \quad (274)$$

где x^* – оптимальная точка ЭПВ, t_{VI} – момент достижения VI укладом критической массы.

Формально, водородный переход следует из УИВП: когда $V_{\text{H}_2} < V_{\text{угл}}$, оптимальная траектория (геодезическая) ЭПВ переходит к водородной энергетике – это математически неизбежно, как только стоимость “зелёного” водорода упадёт ниже стоимости ископаемых топлив.

Критическое условие перехода:

$$C_{\text{H}_2}(t^*) = C_{\text{угл}} \quad (275)$$

где $C_{\text{H}_2}(t)$ – динамика себестоимости зелёного водорода, $C_{\text{угл}}$ – себестоимость эквивалентного угольного топлива.

Численный пример 11.3.

Динамика стоимости зелёного водорода (закон кривой обучения): $C_{\text{H}_2}(t) = C_0 (1 + \gamma)^{-(t-t_0)}$, где $C_0 = 5$ долл./кг (2020), $\gamma = 0,15$ (снижение 15%/год).

Стоимость угольного топлива в пересчёте на энергию: $C_{\text{угл}} = 0,05$ долл./кВт·ч $\times 33,3$ кВт·ч/кг = 1,67 долл./кг.

Момент достижения паритета: $5 \times (1,15)^{-(t^*-2020)} = 1,67$;
 $(1,15)^{-(t^*-2020)} = 0,334$; $t^* - 2020 = \ln(0,334)/\ln(1/1,15) =$
 $\ln(0,334)/(-0,14) = (-1,099)/(-0,14) \approx 7,8$ лет; $t^* \approx 2028$ г. – прогноз ценового паритета зелёного водорода с углём.

После 2028 года УИВП предсказывает переориентацию экономики на водородную энергетiku как на новую оптимальную траекторию ЭПВ.

7.4. Автоматизация контроля качества ВУТ как информационная задача

Важнейшей технической задачей, обозначенной в исходной монографии, является автоматизация контроля параметров качества водоугольного топлива при его течении по трубопроводу.

В терминах СЭЖТП, автоматизация – это внедрение ИИ-управляющей системы, которая отслеживает состояние системы $\phi_{\text{ВУТ}}(x, t)$ – зольность, вязкость, концентрацию – и корректирует их, удерживая систему на оптимальной траектории в ЭПВ.

Информационный лагранжиан системы автоматического контроля:

$$\mathcal{L}_{\text{АК}} = \frac{A}{2} \dot{\phi}_{\text{ВУТ}}^2 - \frac{B}{2} (\phi_{\text{ВУТ}} - \phi^*)^2 + C u(t) \cdot (\phi^* - \phi_{\text{ВУТ}}) \quad (276)$$

где:

- $\phi_{\text{ВУТ}}$ – зольность ВУТ (основной регламентируемый параметр);
- ϕ^* – целевое значение зольности (оптимум, например, 12–15%);
- $u(t)$ – управляющее воздействие автоматической системы (добавление/разбавление угольного концентрата);
- $C > 0$ – коэффициент эффективности управления.

Из уравнения Эйлера–Лагранжа для (157):

$$A\ddot{\phi}_{\text{ВУТ}} + B(\phi_{\text{ВУТ}} - \phi^*) = C u(t) \quad (277)$$

Это – уравнение вынужденных колебаний. Оптимальное управление $u^*(t)$ – то, которое обеспечивает $\phi_{\text{ВУТ}} \rightarrow \phi^*$ за минимальное время при минимальных затратах.

Численный пример 11.4.

При $A = 0,1$, $B = 2$, $C = 1$, $\phi^* = 13\%$, $\phi_{\text{ВУТ}}(0) = 16\%$ (избыток золы), $\dot{\phi}(0) = 0$:

Без управления ($u = 0$): частота колебаний $\omega = \sqrt{B/A} = \sqrt{20} \approx 4,47$ (1/с) – быстрые нерегулируемые колебания зольности.

С пропорциональным управлением $u(t) = K(\phi^* - \phi_{\text{ВУТ}})$, $K = 3$: эффективный коэффициент $B_{\text{эфф}} = B + CK = 2 + 3 = 5$; $\omega_{\text{эфф}} = \sqrt{5/0,1} \approx 7,07$ – быстрее устремление к ϕ^* .

Время выхода на режим (e -folding): $\tau \approx \sqrt{A/B_{\text{эфф}}} = \sqrt{0,02} \approx 0,14$ с – практически мгновенная автоматическая коррекция.

7.5. Энергетический потенциал VI уклада и УИВП

Суммируя: переход к новым источникам топлива в VI технологическом укладе – ВУТ, зелёный водород, ВИЭ, ядерная термоядерная энергетика – в рамках УИВП является математически предсказанным и неизбежным следствием нарастания системной информации цивилизации.

Функционал системной информации энергетики VI уклада:

$$\begin{aligned} \mathcal{S}_{\text{энерг, VI}} &= \int_{\text{VI уклад}} \mathcal{L}_{\text{энерг}}^{(\text{VI})} dt \gg \mathcal{S}_{\text{энерг, V}} \\ &= \int_{\text{V уклад}} \mathcal{L}_{\text{энерг}}^{(\text{V})} dt \end{aligned} \quad (278)$$

Это неравенство обеспечивается именно тем, что новые технологии несут значительно большую системную информацию при тех же или меньших экологических и экономических издержках.

Таким образом, поиск новых источников топлива в VI технологическом укладе – это не просто технологический поиск, а реализация УИВП: система движется в направлении максимальной системной информации в энергетическом пространстве, и водородная, возобновляемая и термоядерная энергетика – это следующие пункты назначения на этом пути.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Монография, которую завершает данный раздел, представила опыт синтеза двух научных традиций – содержательных исследований VI технологического уклада коллектива Луганского государственного университета имени Владимира Даля и теоретического аппарата Универсального информационного вариационного принципа (УИВП) и Системно-экономической квантовой теории поля (СЭКТП), разработанного профессором Е.В. Луценко. Подведём итоги.

Основные результаты

1. Математический аппарат УИВП применён к анализу технологических укладов.

Показано, что смена технологических укладов – не случайное историческое явление, а математически неизбежное следствие УИВП: исчерпание функционала системной информации \mathcal{S}_n в рамках n -го уклада (условие (26)) означает бифуркацию и переход к $(n + 1)$ -му укладу с лагранжианом \mathcal{L}_{n+1} , несущим большую системную информацию.

2. Количественно охарактеризован информационный прирост при переходе укладов.

На основе формулы системной информации (3) показано, что каждый новый технологический уклад несёт системную информацию, примерно вдвое превышающую системную информацию предыдущего:

$$I_{VI} \approx 73,6 \text{ бит} \gg I_V \approx 54,2 \text{ бит} \quad (279)$$

3. Описана 6-я информационная революция.

Математически обосновано, что появление генеративных ИИ-систем – трансформеров и других архитектур – есть реализация УИВП в дискретном пространстве токенов (формула (90)). Механизм внимания – это дискретная форма вариационного принципа.

4. Спрогнозирована 7-я информационная революция.

Из анализа насыщения функционала системной информации VI уклада (формула (99)) получен прогноз: переход к 7-й революции (системы “Душа–Компьютер”, прямые нейроинтерфейсы) ожидается в период 2033–2038 годов, что совпадает с предвидениями проф. Луценко 1979–1981 годов.

5. Исследована ноономика в рамках УИВП.

Доказана теорема 8.1: ноономика – математически неизбежное состояние экономической системы, движущейся по оптимальной траектории УИВП при условии нарастания системной информации и снижения роли физического труда.

6. Проанализированы отраслевые приложения УИВП.

Разработаны информационные модели для:

- государственной политики в области ИИ – как управления институциональным потенциалом $\Phi_{\text{гос}}(x, t)$;
- образовательного пространства – как задачи синергетической оптимизации интеллектуального и духовного потенциала личности;
- молочно-товарного скотоводства – как информационной оптимизации производственного цикла животноводства;
- энергетики – как информационного перехода к новым источникам топлива.

7. Построен прогностический аппарат на основе УИВП.

Разработаны уравнения, позволяющие количественно прогнозировать:

- длительность технологических укладов (формула (117));
- момент перехода к новому укладу (формулы (26), (28));
- темпы развития ИИ-сектора (формулы (87)–(88));
- момент ценового паритета водородного топлива (формула (156)).

Выводы и перспективы

Настоящая монография является, по убеждению авторов, первым опытом систематической интеграции УИВП и СЭКТП в анализ VI технологического уклада. Многие аспекты этой интеграции остаются нераскрытыми и открывают обширное поле для будущих исследований:

1. **Эмпирическая верификация** предложенных моделей на реальных экономических данных;
2. **Разработка программного обеспечения** для численного решения уравнений СЭКТП применительно к экономическим системам;
3. **Расширение на межнациональный уровень** – построение глобальных СЭКТП-моделей мировой экономики;
4. **Интеграция с системой “Эйдос”** – автоматизированной системой когнитивного анализа проф. Луценко – для практической реализации УИВП-основанного прогнозирования.

УИВП – это не просто математический инструмент. Это – новый взгляд на природу экономической эволюции, согласно которому её движущей силой является не случайность, не произвол, не стихия рынка, а информационная необходимость: цивилизация движется к состояниям всё большей системной организованности – к более богатым информационно укладам, более иерархически сложным технологиям, более глубокому синтезу природы и разума.

Шестой технологический уклад – это очередная ступень на этом пути. Понимание его информационной природы позволяет не просто описывать происходящее, но и *предвидеть* будущее – что и является высшей задачей науки.

Список использованных источников

1. Луценко Е.В. Информационная политэкономия: математическое обобщение экономической теории Маркса на основе Универсального

- информационного вариационного принципа (УИВП) / Е.В. Луценко. – Краснодар, 2026. – (Рукопись).
2. Луценко Е.В. Системно-экономическая квантовая теория поля (СЭКТП): основные положения / Е.В. Луценко. – Краснодар: КубГАУ, 1979–2024. – URL: <http://lc.kubagro.ru/>
 3. Вопросы VI технологического уклада: проблемы и решения: монография / под общ. ред. проф. М.В. Орешкина, доц. В.А. Черкова. – Луганск: ИП Орехов Д.А., 2024. – 407 с.
 4. Бодрунов С.Д. Ноономика / С.Д. Бодрунов. – М.: Культурная революция, 2018. – 432 с.
 5. Бодрунов С.Д. Ноономика: траектория глобальной трансформации / С.Д. Бодрунов. – М.: ИНИР; Культурная революция, 2020. – 224 с.
 6. Shannon C.E. A Mathematical Theory of Communication / C.E. Shannon // Bell System Technical Journal. – 1948. – Vol. 27. – P. 379–423, 623–656.
 7. Hartley R.V.L. Transmission of Information / R.V.L. Hartley // Bell System Technical Journal. – 1928. – Vol. 7. – P. 535–563.
 8. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры / Н.Д. Кондратьев // Вопросы конъюнктуры. – 1925. – Т. 1. – Вып. 1. – С. 28–79.
 9. Schumpeter J.A. Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process / J.A. Schumpeter. – New York: McGraw-Hill, 1939. – 461 p.
 10. Глазьев С.Ю. Стратегия опережающего развития России в условиях глобального кризиса / С.Ю. Глазьев. – М.: Экономика, 2010. – 255 с.
 11. Bell D. The Coming of Post-Industrial Society: A Venture in Social Forecasting / D. Bell. – New York: Basic Books, 1973. – 507 p.
 12. Toffler A. The Third Wave / A. Toffler. – New York: Morrow, 1980. – 544 p.
 13. Castells M. The Rise of the Network Society / M. Castells. – Oxford: Blackwell, 1996. – 556 p.
 14. Masuda Y. The Information Society as Post-Industrial Society / Y. Masuda. – Tokyo: Institute for the Information Society, 1981. – 171 p.
 15. Noether E. Invariante Variationsprobleme / E. Noether // Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. – 1918. – S. 235–257.
 16. Einstein A. Die Feldgleichungen der Gravitation / A. Einstein // Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften. – 1915. – S. 844–847.

17. Базылев М.В. Формирование высокоэффективной многокомпонентной агросреды / М.В. Базылев, В.В. Линьков, Е.А. Левкин // Безопасность и качество товаров: материалы XIV Международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2020. – С. 18–23.
18. Vaswani A. Attention Is All You Need / A. Vaswani et al. // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2017. – Vol. 30. – P. 5998–6008.
19. Глазьев С.Ю. Рывок в будущее. Россия в новых технологическом и мирохозяйственном укладах / С.Ю. Глазьев. – М.: Книжный мир, 2018. – 768 с.
20. Kurzweil R. The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology / R. Kurzweil. – New York: Viking, 2005. – 652 p.

ОБ АВТОРАХ И СОАВТОРАХ

Авторы (полная обработка данных, теоретические исследования, написание текста):

Орешкин Михаил Вильевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры государственного управления Луганского государственного университета имени Владимира Даля, Луганский государственный университет имени Владимира Даля, 291034, ЛНР, Луганск, квартал Молодёжный 20-а, fid04@ya.ru. Действительный член Российской академии естествознания. Основатель нового научного направления «Общая теория сельскохозяйственных процессов». Основатель лаборатории продовольственной безопасности. Основной редактор монографии.

Луценко Евгений Вениаминович – доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры анализа данных и искусственного интеллекта, Кубанский государственный университет, 350080, Краснодар, ул. Сормовская, 173, prof.lutsenko@gmail.com. Член-корреспондент Российской академии естествознания. Автор Универсального информационного вариационного принципа (УИВП), Системно-экономической квантовой теории поля (СЭКТП), автоматизированной системы когнитивного анализа «Эйдос». Автор более 700 научных публикаций в области системного анализа, теории информации, искусственного интеллекта и информационной политэкономии. В целом монография подготовлена при научной поддержке профессора Е.В. Луценко (теоретический аппарат УИВП и СЭКТП).

Соавторы (функционально участвовали в отдельных операциях по сбору и предварительной структуризации исходной информации, в дальнейшем обрабатываемой авторами):

Макарова Елена Ивановна – кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой государственного управления Луганского государственного университета имени Владимира Даля. Профессор Российской академии естествознания. Область научных интересов: ноономика, инновации в области государственного и муниципального управления.

Базылев Михаил Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой экономики и информационных технологий УО «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины», Витебск, Республика Беларусь. Область научных интересов: технологии молочного скотоводства, продовольственная безопасность, применение систем VI технологического уклада в животноводстве.

Орешкина Марина Александровна – кандидат исторических наук, профессор Российской академии естествознания. Область научных интересов: теория и прикладные аспекты учения об архетипах, философское осмысление феномена информационного общества и VI технологический уклада, философские, политологические и социологические основы современного общества.

Павленко Александр Тимофеевич – кандидат технических наук, доцент, заместитель директора института гражданской защиты Луганского государственного университета имени Владимира Даля. Область научных интересов: закрывающие технологии времён VI технологического уклада.

Капустин Денис Алексеевич заведующий кафедрой информационных образовательных технологий и систем ФГБОУ ВО «Луганский государственный педагогический университет», доктор технических наук, доцент, член-корреспондент Российской академии естествознания. Область научных интересов: нетрадиционные топливные ресурсы времён VI технологического уклада.

Научное издание

Авторы: Орешкин М.В., Луценко Е.В.
Соавторы: Макарова Е.И., Базылев М.В., Орешкина М.А.,
Павленко А.Т., Капустин Д.А.

**VI ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД В СВЕТЕ
УНИВЕРСАЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО
ВАРИАЦИОННОГО ПРИНЦИПА**

Фундаментальная научная монография в четырёх частях

Под общей редакцией
доктора сельскохозяйственных наук, профессора,
действительного члена Российской академии естествознания
Орешкина М.В.,
dosogn@bk.ru

Оригинал-макет: ИП Орехов Д.А.

Подписано в печать 05.06.2026.
Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печать лазерная. Условн. печ. л. 18.14.
Тираж 550 экз. Изд. № 0288. Зак. № 0288.

ИП Орехов Д.А.

Адрес: 91002, г. Луганск, пер. 1-Балтийский, д. 31.
Тел: +7(959)138-82-68, e-mail: nickvnu@yandex.ru